

M E S S U N G E N Z U R B E Z I E H U N G
K L I M A F A K T O R E N - J A H R R I N G W A C H S T U M
V O N N A D E L B A U M A R T E N V E R S C H I E D E N E R
W A L D G R E N Z N A H E R S T A N D O R T E

Hans-Niklaus Müller, Lic. sc. nat.

Geografisches Institut Universität Zürich,
z.Zt. Institut für Alpengeografie und Institut für Hochgebirgs-
forschung Obergurgl der Universität Innsbruck,
Innrain 52, 6020 Innsbruck

ZUSAMMENFASSUNG

Während der Vegetationsperiode werden an vier Beobachtungsstationen eines Talquer- und eines -längsprofils im subalpinen Bereich der Simplon-Südseite (Wallis, Schweiz) dendrologische und klimatologische Messungen durchgeführt. Die Standorte von Lärche (*Larix decidua* Miller), Fichte (*Picea excelsa* Lam. Link) und Bergföhre (*Pinus montana* Miller, ssp. *arborea* Tubeuf) unterscheiden sich durch Exposition, Höhenlage und Waldgrenzentfernung. Die bisherigen dendrologischen Messungen zeigen, dass der Wachstumsverlauf weiträumig vergleichbar ist. Er weist einerseits Uebereinstimmung innerhalb einer Baumart am selben und darüber hinaus an verschiedenen Standorten auf. Andererseits ist die Uebereinstimmung auch zwischen den Baumarten offensichtlich. *Damit wird direkt nachgewiesen, dass Dendrochronologie unter verschiedenen Baumarten möglich ist.* Es muss aber festgehalten werden, dass Einzelbäume nicht als repräsentativ für eine Baumart und einen Standort gelten können. Als weiteres Ergebnis kommt zum Ausdruck, dass die Bedingungen des Standortes sehr viel bedeutender sind als arttypische endogene oder individuelle Faktoren. Sie können im überprägenden Einfluss der Witterung erkannt werden. Die im Bestandesgefüge erhobenen klimatischen Messungen zeigen direkte Zusammenhänge in der Beeinflussung des Jahrringzuwachses

durch die Witterung auf. Die umfangreichen Auswertungen mittels statistischer Verfahren wovon pro Baumart und Standort 1200 Korrelationen dargestellt werden versuchen, das komplexe Witterungsgefüge möglichst weitgehend zu erfassen. Dabei wird ersichtlich, dass der dominierende Faktor die Temperatur ist. Je nach Entfernung des Standortes von der Waldgrenze treten verzögernde Beeinflussungen von bis zu einer Woche auf. Bedeutend ist offenbar der 5°C-Wert, durch dessen Unterschreiten sich das Temperaturminimum wachstumshemmend auswirkt.

Mit diesen Untersuchungen wird die bekannte Hypothese, wonach in Hochlagen die Temperatur als limitierende Wertgrösse auftritt, messend bestätigt. Alle andern Faktoren treten in den Hintergrund. Sowohl der Niederschlag wie auch die Feuchtigkeit spielen eine untergeordnete Rolle. Der Abfluss kann nicht als brauchbare Vergleichsgrösse zum Jahrringwachstum herangezogen werden.

SUMMARY

THE CORRELATION BETWEEN CLIMATIC FACTORS AND RADIAL GROWTH IN CONIFEROUS TREES LOCATED AT VARIOUS HABITATS NEAR TIMBERLINE

During the vegetation period dendrological and climatological measurements were taken at 4 observation points on a vertical and a longitudinal section through the valley in the southern subalpine region of the Simplon (Wallis, Switzerland). The habitats for larch (*Larix deidua*), spruce (*Picea excelsa*) and mountain pine (*Pinus montana*) differ in aspect, altitude and distance from the timberline.

The dendrological measurements show that growth patterns are similar over large regions, both between individuals of one species at the same site as well as for trees at different sites. This also applies to comparisons between species. A further result is that individual trees cannot be seen as being representative for one species at one habitat. A part from that, site factors are much greater importance than endgenious or individual factors, typical for a species, as this is recognisable by the dominating influence of climate.

Climatological measurements taken in the stand show that there are direct interdependencies in the way tree ring growth is influenced by weather. By means of statistical methods evaluations

were made taking into account 1200 correlations per tree species and habitat. The dominating factor is temperature and depending on the distance of the site from the timberline there are retarding effects of up to a week. The 5°C value seems important because temperatures below this value have growth-retarding effects.

The well-known hypothesis, according to which in more elevated regions temperature represents a limiting factor, can be proved by measurements.

All the other factors, especially precipitation and humidity become less significant. Though runoff destined by same factors cannot be considered as a useful value which is comparable to the growth of annual rings.

RESUME

CORRELATIONS ENTRE LA CROISSANCE DES CERNES DE CONIFERES ET DES FACTEURS CLIMATIQUES A DIFFERENTES HABITATS DANS LA ZONE DE LA LIMITE DES ARBRES

Pendant la période végétale des mesures climatologiques et dendrologiques ont été effectuées à quatre stations d'observation dans la zone subalpine du Simplon (Valais, Suisse). Les habitats de mélèzes (*Larix decidua* Miller) d'épicéas (*Picea excelsa* Lam. Link) et de pins (*Pinus montana* Miller, ssp. *arborea* Tubeuf) se distinguent dans l'exposition, l'altitude et la distance de la limite d'arbres.

Voilà les résultats les plus importants des recherches effectuées jusqu'à présent:

Le développement de la croissance peut être comparé et montre des concordances non seulement dans la même espèce d'arbres au même et aux différents habitats, mais aussi entre les différents espèces d'arbres.

Par cela la preuve directe est fournie que la dendrochronologie entre différentes espèces de conifères est possible.

Mais, un seul arbre ne peut toutefois pas représenter une espèce d'arbre ou un habitat entier.

Les conditions de l'habitat concernant la croissance des cernes sont beaucoup plus importantes que les éléments endogènes ou individuels typiques d'une espèce. Ils peuvent être reconnus dans l'influence dominante du climat.

Les mesures directes montrent des connexions de la croissance des cernes avec les influences atmosphériques. La température est le facteur dominant dans la structure complexe du climat. Dépendant de la distance de la limite d'arbres, on remarque des retardements de l'influence jusqu'à une semaine. Par son abaissement sous la valeur de 5° C, le minimum de température effectue une influence négative, gênant la croissance.

L'hypothèse bien connu que la température aux lieux élevés soit la valeur limitant la croissance, peut être confirmé par les mesurages.

Tous les autres facteurs, particulièrement la précipitation et l'humidité, passent au second plan. L'écoulement ne peut être confirmé comme valeur utilisable à la croissance des cernes, bien qu'il soit influencé par de pareils facteurs.

1. Einführung

*"Les phénomènes biologiques
échappent au strict déterminisme
statistique.*

(P.L'Hébertier 1972, S. 191)

Obwohl die Fragestellung nach der Beziehung "Jahrring Klima" bereits sehr alt und die Literatur nahezu unübersehbar geworden ist, können viele bisherige Ergebnisse nicht durchwegs befriedigen. Dabei fällt einerseits besonders auf, dass auf geringem Datenmaterial basiert, häufig Beobachtungsdaten zum Teil weit entfernter Stationen benützt und meist nur relativ lange Beobachtungsintervalle betrachtet werden. Andererseits versuchen vorallem neuere Arbeiten mit rechnerischen Kombinationen das Naturgeschehen in mathematischen Modellen auszudrücken, wobei oft einzelne Monatsmittelwerte bestimmter Klimagrößen ausschliessliche Bedeutung erlangen.

Ausgehend von der Erkenntnis, dass die Ausbildung von Früh- und Spätholz durch Umweltfaktoren beeinflusst ist und der daraus möglichen Hypothese, dass in den Jahrringen Informationen über das Klima gespeichert sind, ergibt sich die zunehmende Bedeutung der Frage nach kurzfristigen Reaktionen im Dickenwachstum der Bäume nicht nur in der ertragskundlichen sondern auch in der Klimaforschung. Standortchronologien wie jene von Lärche und Zirbe in Obergurgl (V. GIERTZ-SIEBENLIST 1977) oder Lärche am Simplon (H-N. MUELLER in Arbeit) können dann auf die damaligen klimatischen Verhältnisse ausgedeutet werden, wenn bekannt ist, unter welchen direkten Einflüssen heutige Jahrringe gebildet werden. Dazu sind phänometrische, phänologische und klimatologische Untersuchungen nötig, die direkt im Bestandesgefüge und am räumlich begrenzten Standort erfolgen (H-N. MUELLER 1974). Neben standortgegebenen Voraussetzungen müssen möglichst viele Klimaelemente in ihrem Zusammenwirken erfasst werden, um ihren komplexen Einfluss auf das Wachstum der Jahrringe studieren zu können. Durch die Betrachtung kurzer Perioden der Vegetationsrhythmik bleiben wertvolle Einzelinformationen erhalten, die durch monatliche oder jährliche Mittel- und Summenbildungen verloren gehen. Die hier dargelegten Ergebnisse beziehen sich auf eine Vegetationsperiode und finden sich umfassender in H-N. MUELLER 1980 ausgeführt.

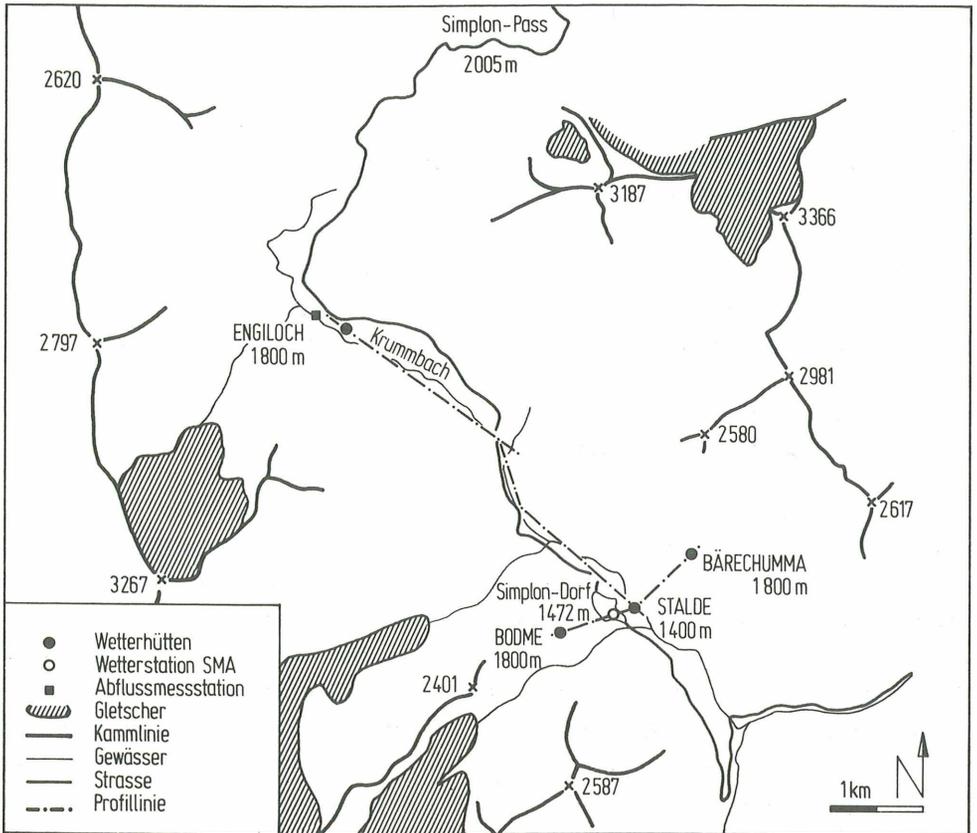


Abb. 1: Untersuchungsgebiet Krumbachtal Simplon Südseite (Wallis, Schweiz)

Research area Krumbach-Valley in the South of the Simplon-Pass (Valais, Switzerland)

Région étudiée Val de Krumbach au sud du Col du Simplon (Valais, Suisse)

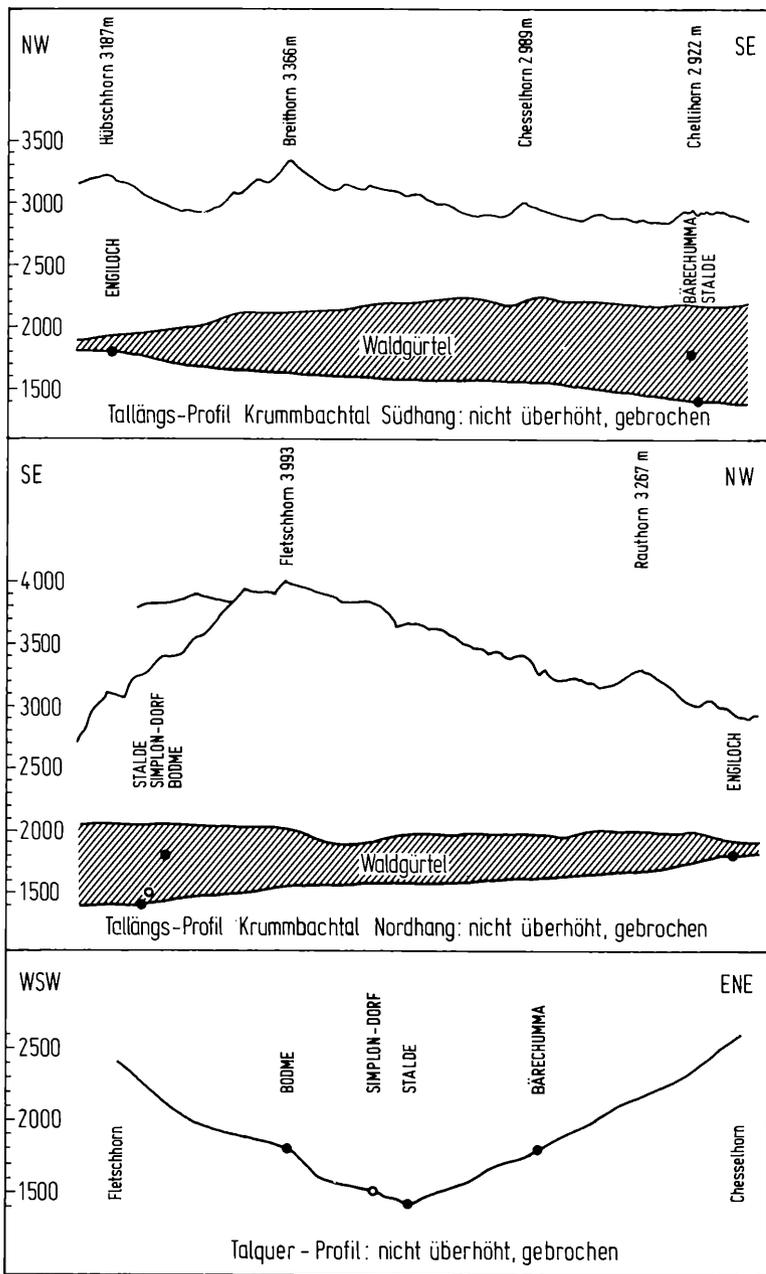


Abb. 2: Profile Krumbachtal Simplon Süd
 Profiles of the Krumbach Valley
 Profiles du Val de Krumbach

2. Anlage der Untersuchung

"Man darf nicht vergessen, dass nie ein einzelner Standortfaktor allein auf die Pflanze einwirkt, sondern stets die Kombination aller Faktoren eines Standortes entscheidend ist"

(W. Nägeli 1969, S. 4)

Das Untersuchungsgebiet umfasst das WNW-ESE - verlaufende Krumbachtal der Simplon - Südseite (Wallis, Schweiz), was eine Exponierung seiner Talhänge als S bzw. N - Hang zur Folge hat (Abb. 1). Das Waldbild wird von der Lärche (*Larix decidua* Miller) geprägt (70 % nach I. MARIETAN 1956), die meist in reinen Beständen, vereinzelt auch in Mischbeständen mit Fichte (*Picea excelsa* Lam. Link) und Bergföhre (*Pinus montana* Miller, ssp. *arborea* Tubeuf) auftritt. Die aktuelle Waldgrenze bewegt sich am S Hang auf 2200 m, am N Hang auf 2000 m und in der Passtalung auf 1900 m.

In diesem Tal legte ich in einem Quer- und Längsprofil Beobachtungsstationen an (Abb. 2), die an den Hängen auf 1800 m und im Tal auf 1400 m und 1800 m liegen. Dies führt zu entsprechend unterschiedlichen Entfernungen zur aktuellen Waldgrenze (Tab. 1).

Tab. 1: Beobachtungsstationen
Measuring stations
Stations d'observations

Station	Exposition	Höhe üM	Entfernung zur Waldgrenze	Bäume (Dendrometer)
Bärechumma	Süd-Hang	1800 m	400 m	Lärche, Fichte
Stalde	Tal	1400 m	500 m im Tal 600 m zu N-Hang 800 m zu S-Hang	Lärche
Bodme	Nord-Hang	1800 m	200 m	Lärche
Engiloch	Tal	1800 m	100 m	Lärche, Bergföhre

An jeder Messstation stehen inmitten kleiner Waldlichtungen eine Wetterhütte (1,5 m über Grund mit Thermohygrograph, Pluviograph, Stations-, Minimum-, Maximumthermometer) und ein Windmesser. Die effektive Sonnenscheindauer wird mittels eines Sonnenscheinauto-graphen in Simplon - Dorf und der Gebietsabfluss an der Station Engiloch erhoben.

Die Baumringzuwachs-Messungen erfolgen mit einem Dendrometer, der aus einer handelsüblichen Messuhr (Mikrometer: Messbereich 10 mm, Skaleneinteilung 0,01 mm) besteht, die fest auf ein Stativ montiert ist (ähnlich dem Gerät von R.F. DAUBENMIRE 1945). Der wöchentliche Radialzuwachs wird an fünf Bäumen jeder in unmittelbarer Nähe der Wetterstationen wachsenden Art gemessen.

3. Jahrringwachstum

*it would be difficult to specify
in what ways variations in climate
affect the width of rings without
knowing where and when a tree grows,
how growth can vary during each season
and throughout the life of a tree. "*

(H.C. Fritts 1976, S. 55)

3.1. Wachstumsverlauf

Das Radialwachstum der einzelnen Bäume in der Vegetationsperiode 1976 zusammengefasst nach Baumarten und Standorten und als Summationsdiagramme dargestellt (Abb. 3) zeigt an allen gemessenen Exemplaren einen vergleichbaren Verlauf. Dabei hebt sich eine anfänglich starke Zuwachsphase von einer nachfolgenden Periode mit nurmehr geringem Wachstum deutlich ab. Die Verläufe der Wachstumskurven sind überwiegend gleichgerichtet, wobei sich allerdings die Grössen der wöchentlichen Zuwachsbeträge zum Teil nicht unbeträchtlich unterscheiden. Die Uebereinstimmungen sind einerseits besonders gross innerhalb einer Baumart, andererseits zwischen den Baumarten an einem Standort.

Daraus geht hervor, dass Dendrochronologie zwischen verschiedenen Nadelbaumarten möglich ist.

Die relativ grossen Wachstumsunterschiede legen aber klar, dass ein Baum allein für eine Baumart und einen Standort nicht als repräsentativ gelten kann.

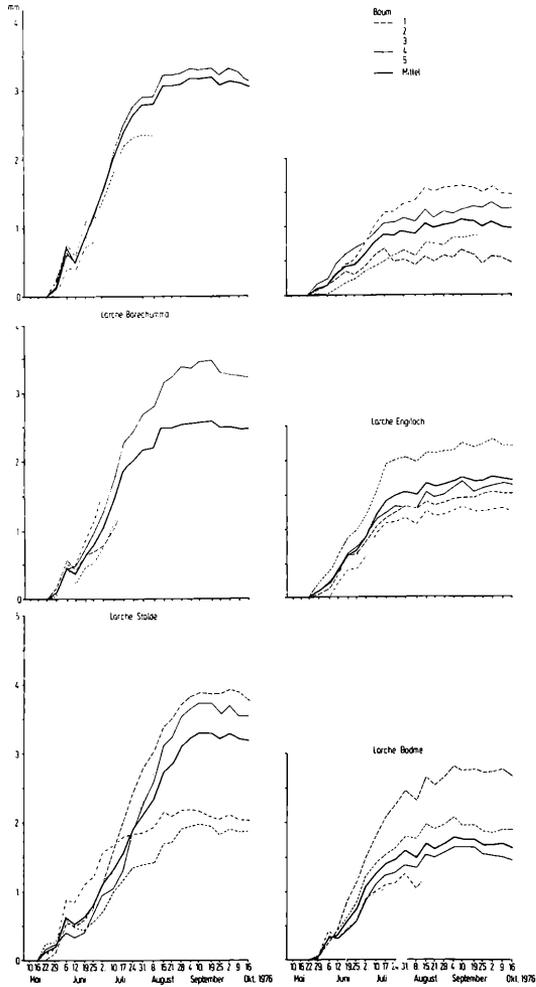


Abb. 3: Wachstumsverlauf der gemessenen Bäume verschiedener Arten und Standorte in der Vegetationsperiode 1976 (Summationsdiagramme)

Growth-curve of the measured trees of various species and habitats during the vegetation period of 1976 (cumulative diagram)

Courbe de croissance des arbres de différentes espèces et de différentes habitats mesurés dans la période végétale de 1976 (diagrammes de sommes)

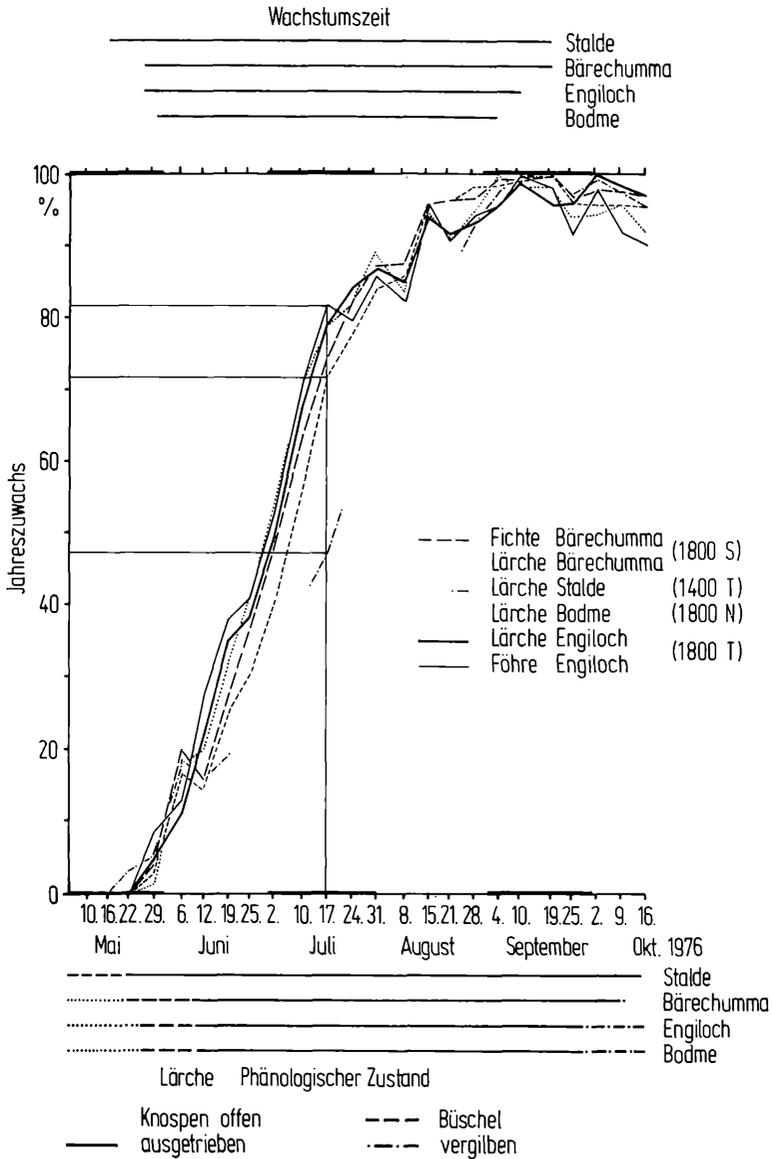


Abb. 4: Prozentuale Zuwachskurven (der Mittel je Baumart und Standort), Wachstumszeit und Phänologischer Zustand
 Growth-curve: mean percentual values of species and habitats,
 growth-period and phenological appearance
 Courbe de croissance: pour cent des valeurs moyennes des espèces et des habitats

Wird das Wachstum zu einem bestimmten Zeitpunkt in Prozenten des Gesamtjahreszuwachses ermittelt, treten vor allem standortbedingte Einflüsse hervor (Abb. 4). In diesen prozentualen Zuwachskurven, die die Mittel je Baumart und Standort ausdrücken, heben sich die waldgrenznäheren Stationen von der entferntesten deutlich ab. Während der Zuwachsbetrag beispielsweise bis Mitte Juli an den waldgrenznahen Standorten 70 - 80 % des Jahreswachstums ausmacht, liegt er an der waldgrenzfernen Station noch unter der Hälfte. Ein bestimmter Prozentanteil des Jahreszuwachses wird von den waldgrenznahen Baumarten innerhalb einer Woche erreicht und verzögert sich mit zunehmender Entfernung von der Waldgrenze. Damit in Zusammenhang steht die Dauer der Wachstumszeit an den einzelnen Standorten und - bei der Betrachtung der phänologischen Zustandsstufen der Lärche - die Andauer des Sommerkleides. Mit insgesamt drei Wochen Differenz zeigt sich eine zunehmend längere Wachstumszeit vom Nordhang (Bodme) über die gleich hoch gelegenen Tal- (Engiloch) und Südhanglage (Bärechumma) zur tiefer liegenden unteren Tallage (Stalde):

Tab. 2: Anteil am Jahreszuwachs zu verschiedenen Zeiten der Vegetationsperiode 1976 an den untersuchten Standorten
 Part of radial increment at various times of the vegetation period 1976 at the observed habitats
 Part de la croissance annuelle aux temps différents de la période végétale de 1976 des habitats observés

Jahreszuwachs %	Wachstumszeit (Wochen)				
	Bodme	Engiloch	Bärechumma	Stalde	△
50	5 ½	6	6 ½	9 ½	4
75	7	7 ½	8 ½	12 ½	5 ½
90	11	11 ½	11 ½	14 ½	3 ½
100	15	16	17	18	3

Der Wachstumsverlauf verschiedener Baumarten an verschiedenen Standorten zeigt, dass die äusseren Einflüsse an einem Standort jene individueller Art überdecken. Die Bedingungen des Standortes sind offenbar sehr viel bedeutender als arttypische endogene Faktoren.

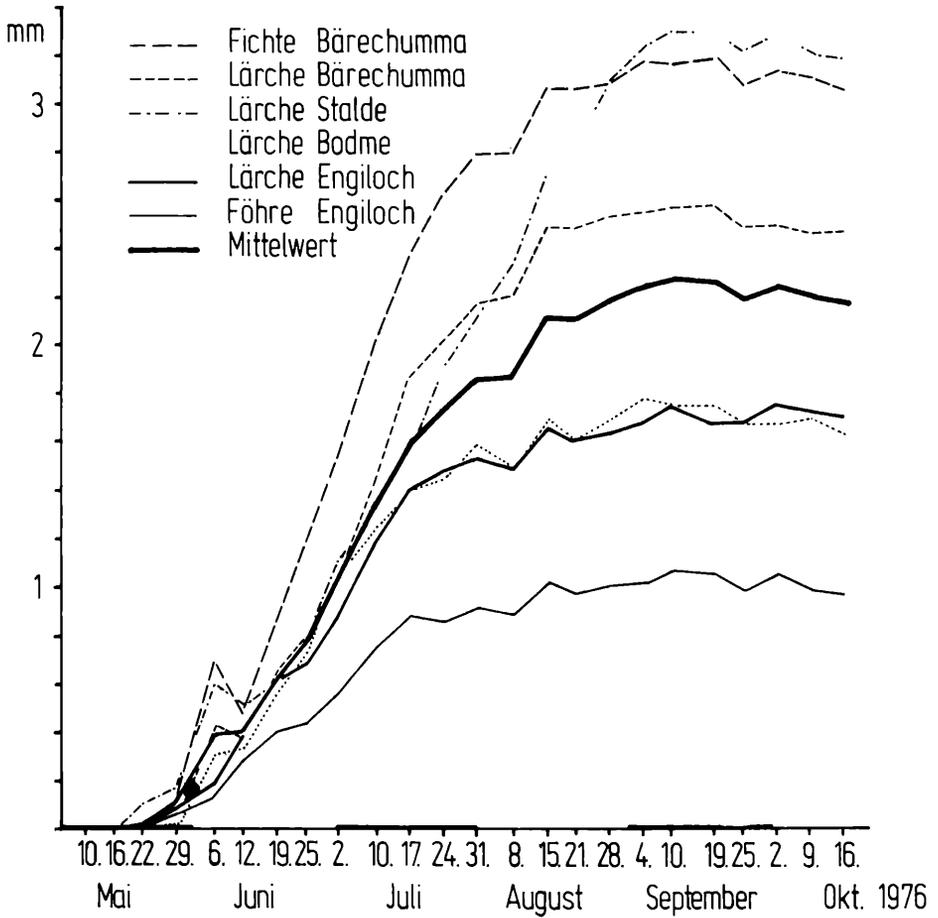


Abb. 5: Wachstumsleistung je Baumart und Standort (Summationskurven)
 Growth of both species and habitats (cumulative diagram)
 Croissance proportionnellement aux espèces et aux habitats
 (courbe des sommes)

3.2. Wachstumsleistung

Durch die zum Mittel je Baumart und Standort zusammengefassten Zuwachskurven werden individuelle Einflüsse (Alter, Bestand, weitere nicht fassbare Grössen) eliminiert (Abb. 5). Neben der bereits in Abb. 3 erkannten Gleichartigkeit des Wachstumsverlaufs scheinen hiedurch standort- und artspezifische Unterschiede besonders inbezug auf die Wuchsleistung auf. In den Zuwachsgrössen treten gegenüber den Standorteinflüssen die artgegebenen Voraussetzungen klar hervor. Dies zeigt sich am Südhang zwischen Lärche und Fichte und an der oberen Tallage zwischen Lärche und Bergföhre, indem deutlich wird, dass die Fichten die breitesten und die Bergföhren die schmalsten Jahrringe bilden. Im Vergleich der Lärchen aller Standorte ist besonders der nahezu deckungsgleiche Verlauf der Summationskurven von Lärche Bodme und Lärche Engiloch auffallend, was für beide Standorte offenbar Ausdruck gleicher Wachstumsbedingungen bedeutet. Davon heben sich die Südhang- und die untere Tallage beträchtlich ab. Die mittlere Wuchsleistung steht in deutlichem Zusammenhang mit der Entfernung des Standortes zur Waldgrenze (Tab. 3).

Tab. 3: Mittlere Wuchsleistung der Lärchen 1976 an den untersuchten Standorten

Mean growth of larch at the observed habitats, 1976

Moyen de la croissance des mélèzes en 1976 aux habitats observés

Station	Exposition	Höhe üM	mittlere Wuchsleistung
Bodme	Nordhang	1800 m	24,3 % unter Lärchenmittel
Engiloch	Tallage	1800 m	25,6 % unter Lärchenmittel
Bärechumma	Südhang	1800 m	9,7 % über Lärchenmittel
Stalde	Tallage	1400 m	40,3 % über Lärchenmittel

Die artbedingten endogenen Einflüsse zeigen sich durch die Steigung der Zuwachskurven in der Wachstumsleistung gegenüber den standortbedingten exogenen Einflüssen, welche in der Gleichläufigkeit der Zuwachskurven zum Ausdruck kommen.

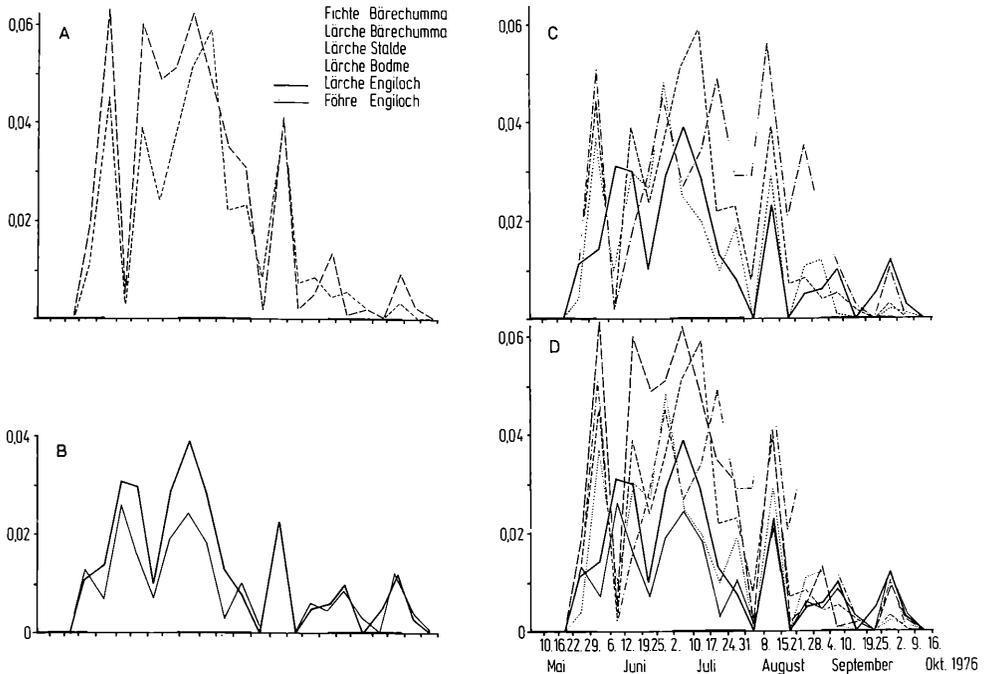


Abb. 6: Vergleich der mittleren Wachstumsintensität je Baumart und Standort:

- A, B gleicher Standort, verschiedene Baumarten
- C verschiedene Standorte, gleiche Baumart
- D alle Standorte und Baumarten

Comparison of the mean intensity of growth of both species and habitats:

- A, B same habitats, various species
- C various habitats, same species
- D all habitats and species observed

Comparaison de l'intensité de la croissance des différentes espèces d'arbres et des différents habitats:

- A, B même habitat, différentes espèces d'arbres
- C différents habitats, même espèce d'arbre
- D tous les habitats et toutes les espèces d'arbres

3.3. Wachstumsintensität

Der durchschnittliche tägliche Zuwachs pro Messperiode ausgedrückt durch Ratenkurven als Mittel je Baumart und Standort (Abb. 6) lässt Wachstums- und Stillstandsphasen, resp. die Wachstumsintensität, erkennen.

Wiederum können die bereits in Abb. 3 und 5 erkannten Merkmale der Gleichläufigkeit und der unterschiedlichen Zuwachsgrösse in den Wachstumskurven zweier Baumarten an einem Standort auseinander gehalten werden (A: Lärche und Fichte Bärechumma, B: Lärche und Bergföhre Engiloch).

Demgegenüber treten nicht unwesentliche Unterschiede im Vergleich einer Baumart an allen Standorten (C: Lärche) oder gar aller Baumarten an allen Standorten (D) hervor. Die Uebereinstimmung zwischen den Baumarten eines Standortes ist deutlich grösser als innerhalb einer Baumart an verschiedenen Standorten.

Die Untersuchung des Wuchsverhaltens der einzelnen Bäume verschiedener Arten und Standorte legt den Schluss nahe, dass die arttypischen und individuellen Reaktionen offenbar überlagert werden von einem äusseren Einfluss, der mit zunehmender Entfernung des Standortes von der Waldgrenze abnimmt und im Klima zu suchen ist.

4. Witterungseinfluss

"Die Wachstums- und Verhaltensphasen werden ja nicht durch einzelne Klimaelemente bestimmt, sondern sind vielmehr ein Ausdruck komplexer Witterungsabläufe."

(F. Fliri 1978, S. 125)

4.1. Einführung

Grundlage für den Vergleich mit den gleichzeitig erhobenen Klimawerten ist für jede Baumart und jeden Standort der mittlere tägliche Zuwachs in den einzelnen Messperioden (Abb. 6). Diese di-

rekte Korrelation gemessener klimatischer und dendrologischer Grössen am eng umschriebenen Standort ermöglicht den Versuch, Hypothesen über kausale Zusammenhänge zu überprüfen. Die Analyse erstreckt sich über den ganzen Verlauf der Vegetationszeit und verzichtet bewusst auf gezielt ausgewählte Abschnitte, die hohe Korrelationen ermöglichten, oder deren detaillierte Betrachtung (z.B. getrennt nach Perioden mit geringem oder keinem Zuwachs oder Perioden mit hohem Zuwachs, oder zwischen Früh- und Spätsommerperioden) erst sinnvoll wird nach Vorliegen weiterer Untersuchungen (z.B. Mikroschnitte). Durch die Ermittlung verschiedenartiger, sich zum Teil gegenseitig beeinflussender Klimafaktoren, soll das Klimagefüge soweit als möglich erfasst werden. Nicht nur die Tagesmittel, sondern auch die gemessenen Einzelwerte werden betrachtet. Im Computer Ausdruck (Abb. 7 und 8) werden insgesamt 25 Klimawerte wiedergegeben. Die übereinander angeordnete Darstellung erlaubt es, einen Klimawert in seinem Mittel, Minimum und Maximum und seinem Einfluss zwischen 0 bis 7 Tagen Verzögerung zu vergleichen.

Durch den Einbezug der Verzögerung kann der Einfluss der Witterung auf den Zuwachs nicht nur zwischen zwei Baummessungen untersucht, sondern auch jener der Vorperiode erfasst werden.

Das Wettergeschehen einer Messperiode und sein unmittelbarer Einfluss auf das Jahrringwachstum geht aus Zeile 0 hervor. Die einzelnen Werte (der Tag der letzten Ablesung wird nicht einbezogen) drücken somit den unverzögerten Einfluss der Witterung aus und erscheinen als direkte Korrelation.

Fortschreitend von 1 bis 7 Tage Verzögerung wird in der Art eines gleitenden Mittels jeweils der Vortag der letzten Messung nicht berücksichtigt, dafür aber der entsprechende der Vorperiode hinzugenommen. Somit ergibt sich bei einer Verzögerung von 7 Tagen also in Zeile 7 - der Witterungseinfluss der Vorperiode auf das aktuelle Wachstum, entsprechend einer Reaktionszeit von einer Woche. Es zeigte sich, dass weitergehende Verzögerungen eine wesentliche Verschlechterung der Korrelationen bringt.

Nach zahlreichen Versuchen, Jahres- und Tagesschwankungen zu berücksichtigen, werden hier vorerst die Ergebnisse einer einfachen linearen und einer multiplen linearen Korrelation dargelegt. Die einfache Korrelation vergleicht den Baumring mit dem Klimawert, während die multiple Korrelation den Baumring sowohl mit dem Klimawert als auch mit dem quadrierten Klimawert vergleicht.

In der Computer Darstellung ist jedes Quadrat als Einheit = 1,0 ausgelegt. Eine Korrelation von $r = 0,5$ füllt also ein Quadrat zur Hälfte aus. Während die positive Korrelation von links her schwarz aufgetragen ist, beginnt eine negative rot von rechts. Die multiple Korrelation überlagert die einfache und wird als Differenz (grün) hervorgehoben. Ein Block bringt 200 einfache und ebensoviele multiple Korrelationen zum Ausdruck. Insgesamt finden sich somit auf der Darstellung pro Baumart und Standort 1200 Korrelationen.

Legende zu Abb. 7 und 8:

Die Bezeichnung der Klimawerte setzt sich zusammen aus der Messstation und dem dort ermittelten Klimaparameter:

BA	Bärechumma	LT	Lufttemperatur
ST	Stalde	PSSD	Potentielle Sonnenscheindauer
SID	Simplon Dorf	ESSD	Effektive Sonnenscheindauer
KR	Krumbach Engiloch	RSSD	Relative Sonnenscheindauer
FIM	Fichte Mittel	B	Bewölkung
LAM	Lärche Mittel	AB	Abfluss
1	Ablesung 07.30	N	Niederschlag
2	Ablesung 13.30	LF	Relative Luftfeuchtigkeit
3	Ablesung 19.30	LFA	Absolute Luftfeuchtigkeit
MI	Minimum	DDR	Dampfdruck
MA	Maximum	SDR	Sättigungsdruck
MT	Mittel	SDE	Sättigungsdefizit
		WG	Windgeschwindigkeit

BAFIM KORRELATION R²
 BAUMRINGZUWACHS - KLIMAFAKTOREN
 19 PERIODEN

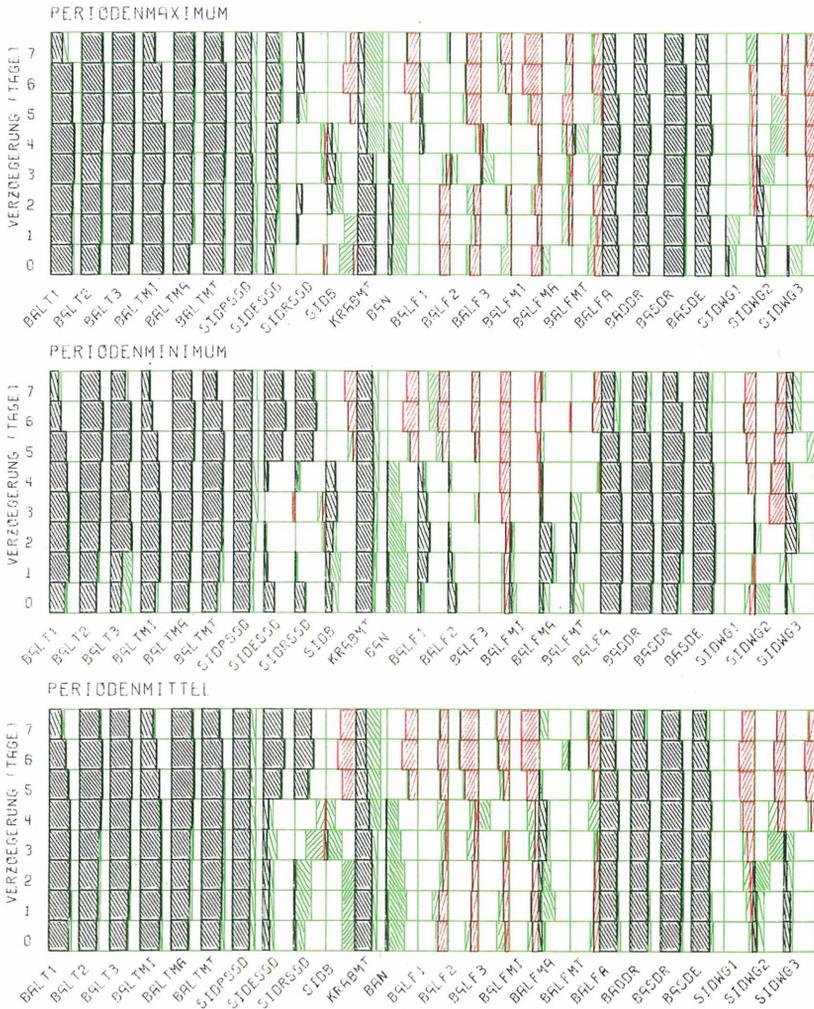


Abb. 7: Korrelationen Baumringzuwachs - Klimafaktoren:
 Bärechumma Fichte (19 Perioden)
 Correlations among radial increment and climatic factors:
 Bärechumma, Spruce (19 periods)
 Corrélatons de la croissance des cerne et des facteurs
 climatiques:
 Bärechumma, Epicéas (19 périodes)

STLAM KORRELATION R²

BAUMRINGZUWACHS - KLIMAFAKTOREN
19 PERIODEN

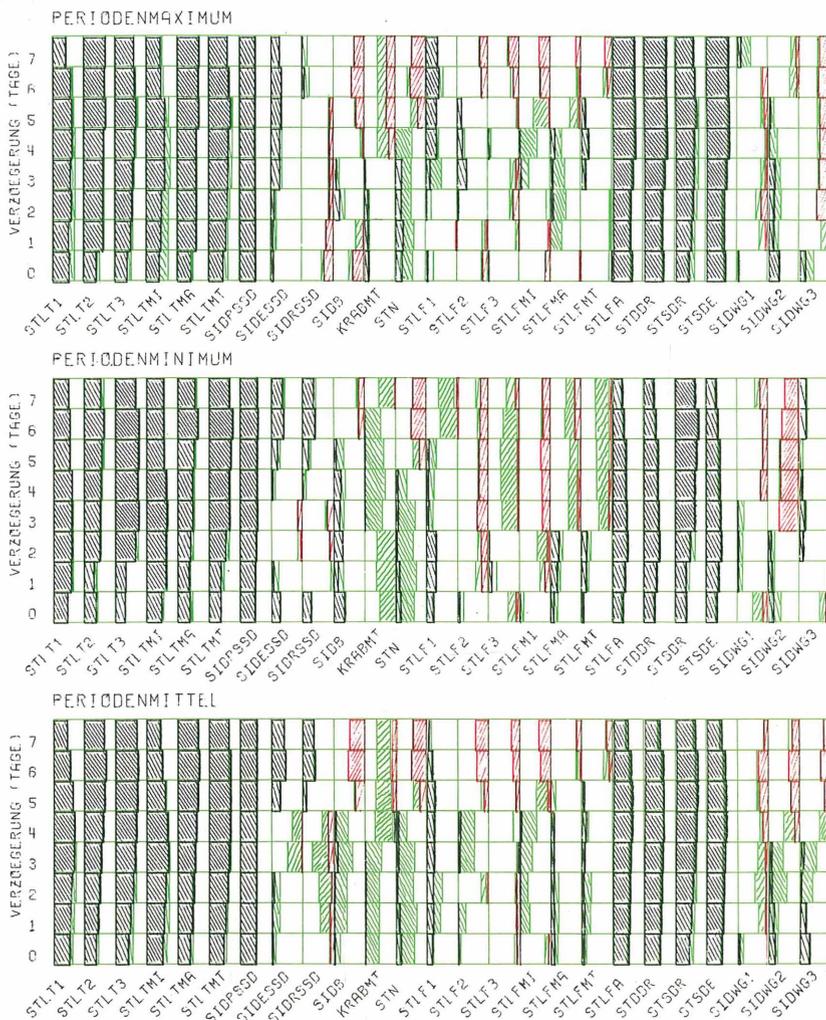


Abb. 8: Korrelationen Baumringzuwachs - Klimafaktoren:
Stalder Lärche (19 Perioden)
Correlations among radial increment and climatic factors:
Stalder Larch (19 periods)
Corrélations de la croissance des cernes et des facteurs climatiques:
Stalder Mélèzes (19 périodes)

4.2. Korrelationen Jahrringwachstum - Klimafaktoren

Greifen wir als Beispiel die Südhang Station *Bärechumma* (1800 m) heraus, wo sich für die *Fichten* folgende Beziehungen erkennen lassen (Abb 7):

Für die unverzögerte Beeinflussung, die bis vier Tage Verzögerung praktisch gleich bleibt, zeichnen die Temperatur und die damit zusammenhängenden Wasserdampfwerte (Absolute Feuchte, Dampfdruck, Sättigungsdruck, Sättigungsdefizit) verantwortlich. Bei verzögerter Wirkung zwischen fünf bis sieben Tagen treten dazu eine erhöhte Korrelation der Sonnenscheindauer, verbunden mit negativen Korrelationen der Bewölkung, des Niederschlags, der relativen Feuchtigkeitswerte (ohne Maximum) und der Windgeschwindigkeit. Dadurch ergibt sich im Zusammenwirken verschiedener Klimaparameter eine Optimierung, mit den höchsten Werten nach fünf bis sechs Tagen verzögerter Wirkung:

- o hohe Temperaturwerte (v.a. T_{\max}, T_2, T_3)
- o hohe Sonnenscheindauer
- o wenig Bewölkung
- o bescheidener Niederschlag
- o geringe relative Luftfeuchtigkeit
- o wenig Wind

Die *Lärchen* zeigen die gleichen Reaktionen auf die Einflüsse der Witterung. Interessanterweise korreliert aber der Niederschlag mit Ausnahme des unverzögerten Wertes - im Gegensatz zur Fichte negativ. Neben dem eng begrenzten Standort treten offenbar arttypische Unterschiede in Erscheinung. Die Fichte als Flachwurzler ist vermehrt auf Niederschlagswasser angewiesen als die Lärche, die als Tiefwurzler weiter in den Untergrund vordringen kann.

Zur Korrelation mit dem Jahrringwachstum wird gerne da er von verschiedenen Klimafaktoren beeinflusst ist der Gebietsabfluss herangezogen (z.B. V.C. LAMARCHE, H.C. FRITTS 1976, F. ROETHLISBERGER 1976, F.H. SCHWEINGRUBER, E. SCHAER 1976), wie auch versucht wird, Zusammenhänge zu Gletscherschwankungen oder gar der Sonnenfleckenaktivität aufzuzeigen (z.B. K. BREHME 1951, J.A. MATTHEWS 1976, J.R. BRAY,

G.J. STRUIK 1963). Ohne auf die Problematik der Vergleichbarkeit von verschiedenen Grössen dieser meist nicht homogenen Wertekurven einzugehen, muss darauf hingewiesen werden, dass es sich um grundverschiedene Phänomene handelt, die zwar teilweise von gleichen Faktoren beeinflusst, aber von verschiedenen dominiert werden. Seltsam muten deshalb diese Bemühungen an, wenn willkürliche Grössen verglichen werden, und besonders gravierend ist es, wenn mit diesen Beziehungen ohne Kausalzusammenhang kühne klimatologische Interpretationen gewagt werden, wie etwa bei F. ROETHLISBERGER 1976 aufgrund zweier fossiler Einzelhölzer.

An der unteren Tallage -*Stalde, Lärche*- lässt sich zeigen, dass die Vergleichbarkeit des Gebietsabflusses gesamthaft betrachtet ungenügend ist (Abb. 8). In einfacher Korrelation ist er vernachlässigbar klein und die anfänglich positive, nachher negative Korrelation (einfach und multipel) ist offensichtlich abhängig vom Niederschlag. Mit dem Holzzuwachs ist der Gebietsabfluss somit nicht vergleichbar.

Ebenfalls an dieser Station ist eine Schlechtwetter - Optimierung der Klimaparameter erkennbar, die durch die multiple Korrelation bei 2 - 4 Tagen verzögerter Wirkung (Maximum meist nach 3 Tagen) ersichtlich wird:

- o erhöhter Einfluss der Minimaltemperaturen (T_{\min} , T_1)
- o geringer / fehlender Sonnenschein
- o dichtere Bewölkung
- o vermehrter Niederschlag und erhöhter Abfluss
- o höhere relative Luftfeuchtigkeit (v.a. F_{\min} , F_2)
- o vermehrter Wind

Diese Konstellation dürfte das in Regenperioden feststellbare reversible Quellen des Holzes ausdrücken und mit echtem Zuwachs nichts gemein haben.

Als wichtigste Ergebnisse der Klimakorrelationen an allen Stationen lassen sich folgende Zusammenhänge erkennen:

- 1.) Der wesentlich beeinflussende und dominierende Klimafaktor ist die *Temperatur*. An den waldgrenzferneren Standorten kann eine Differenzierung in eine anfänglich etwas höhere Bedeutung der Minima, dann der Mittel und schliesslich der Maxima erkannt werden.

Im Schnitt dürfte mit der Angabe der Mittel die Temperatur - Beeinflussung über die gesamte Vegetationszeit gut erfasst sein; es sei denn, man würde versuchen, mit Temperatursummen zu operieren.

Damit wird die alte Hypothese messend bestätigt, wonach in Hochlagen die Temperatur zum Minimumfaktor wird.

- 2.) In mehr oder weniger starkem Zusammenhang mit der Temperatur stehend, spielen die *Sättigungsgrößen* (Absolute Feuchte, Dampfdruck, Sättigungsdefizit und besonders Sättigungsdruck) eine nicht unwesentliche Rolle. Das zur Transpiration direkt proportionale Sättigungsdefizit erhält aber nicht eine dominierende Bedeutung.
- 3.) Insgesamt zeigt sich eine Optimierung verschiedener Klimaparameter bei einer *verzögerten Wirkung von fünf bis sechs Tagen*. Diese Verzögerungszeit wird vor allem an den waldgrenzfernen Standorten festgestellt, während sie - als offenbar gebietsklimatisch bedeutend an den waldgrenznahen Stationen nur mehr als sekundäres Maximum erkannt werden kann.
- 4.) Die der *Waldgrenze* näher gelegenen Stationen lassen bei einer Optimierung verschiedener Klimaparameter eine unverzögerte Beeinflussung der Witterung auf das Holzwachstum erkennen. Dadurch zeigt sich, dass eine rasche Umsetzung und eine schnellere Reaktion der Bäume notwendig ist und offensichtlich ein Zusammenhang zur kürzeren Vegetationszeit besteht.

4.3. Temperaturverlauf und Jahrringwachstum

Die festgestellten Übereinstimmungen weiträumiger Natur im Wachstum verschiedener Nadelbaumarten an unterschiedlichen Standorten sind wie die erfolgten Untersuchungen ergeben klimatisch gesteuert und vom Temperaturfaktor dominiert. Im Hinblick auf eine qualitative Aussage zum direkten Reaktionsverhalten "Baumring - Klima" seien erste Hinweise gewagt (Abb. 9). Für Wachstum und Stagnation scheint sowohl das Temperaturmittel wie auch das Temperaturminimum verantwortlich zu sein. Von besonderer Bedeutung ist dabei in der Hauptwachstumsphase offenbar ein *Schwellenwert von 5°C*. Wird dieser Wert vom Temperaturminimum unterschritten, kann eine Wachstumshemmung festgestellt werden. Diese verstärkt sich bei mehrmaligem Ereignen bis zu

einer Wachstumsstagnation und tritt je nach Grösse der Temperaturminima auch ein, wenn das Temperaturmittel gegenüber der Vorperiode zunimmt.

Im Vergleich der Temperaturen (T_{Mit} , T_{Min} -Mittel, T_{Min} , resp. Anzahl Tage $T_{\text{Min}} < 5^{\circ}\text{C}$) mit der Wachstumsintensität kommt der starke Zusammenhang augenfällig zum Ausdruck. Der Wachstumsverlauf lässt sich durch diese Faktoren weitgehend erklären (bei Bärechumma Lärche und Fichte zu über 80%).

Vielleicht eröffnet sich hier eine interessante Parallele zu G.A. GENSLER 1946, der den 5°C - Wert der Tagesmitteltemperatur zur thermischen Umschreibung der Vegetationszeit untersuchte.

In der Stärke des jeweiligen Einflusses (und der überlagernden Wirkung) eines einzelnen Faktors sind Unterschiede zu erkennen. Diese Grössen sind nicht sinnvoll trennbar, denn wie der Baum einem System sich gegenseitig beeinflussender Faktoren ausgesetzt ist, sind diese Grössen untereinander verflochten. Aus ihrem Zusammenwirken resultiert die Reaktion des Baumes.

Es bleibt zu betonen, dass nicht diese Faktoren allein für das Pflanzenwachstum und insbesondere den Baumringzuwachs verantwortlich, aber offenbar als die dominierenden Grössen zu betrachten sind.

5. Ausblick

"Wenn das spezifische Wachstumsverhalten und die Beeinflussbarkeit der Kambialtätigkeit der betreffenden Art genau bekannt sind, stellt der Jahringaufbau geradezu ein Archiv für wachstumsbestimmende Ereignisse vergangener Jahre dar."

(W. Larcher 1976, S. 290)

In den Analysen zur Berechnung der Korrelationen in der Beziehung Jahrringwachstum Klima kommt deutlich zum Ausdruck, dass dieses Gefüge sehr komplex und im Zusammenwirken der verschiedenen Klimafaktoren recht kompliziert ist. Die Ergebnisse, die mittels einer einfachen und einer multiplen linearen Korrelation errechnet wurden, dürften - bei Vorliegen weiterer Messjahre bestimmt verfeinert werden. Ihrem wirklichen Wert können sie beispielsweise besser angenähert werden, wenn nicht jeder Klimafaktor gleichartig in die Berechnung als Erklärende eingeht.

Diese klimatologischen und phänometrischen Messungen sollten zusam-

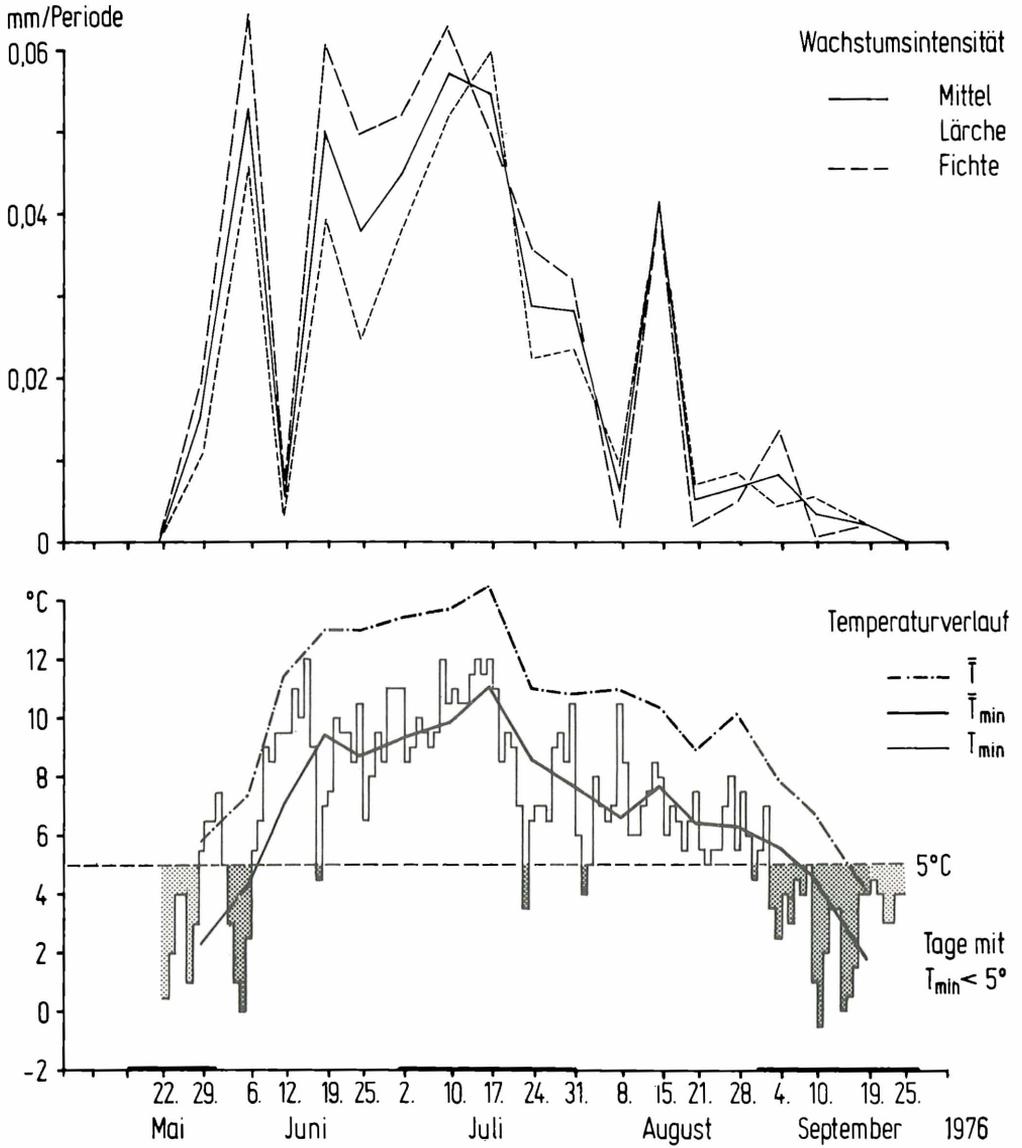


Abb. 9: Baumringzuwachs in Abhängigkeit vom Temperaturverlauf (Station Bärechumma 1976)

Interdependence among temperature and radial increment (station Bärechumma 1976)

Croissance des cernes en dépendence du cours de la température (Station Bärechumma 1976)

men mit phänologischen Beobachtungen und unter Einbezug langjähriger Klimareihen und Dendrochronologien zu einer Art "Klimaschlüssel" führen, der es erlaubt, Jahrringsequenzen verbauten und fossilen Holzes bezüglich ihrer Klimainformationen zu analysieren.

Literatur

- Bray S.R., Struik G.S., 1963: Forest growth and glacial chronology in Eastern British Columbia, and their relation to recent climatic trends. - Canadian Journal of Botany, 41/7, S. 1245-1271, Ottawa
- Brehme K., 1951: Jahrringchronologische und -klimatologische Untersuchungen an Hochgebirgslärchen des Berchtesgadener Landes. Zs.f. Weltforstwirsch. 14 (3/4), S. 65-80, Berlin-Grünewald
- Daubenmire R.F., 1945: An improved type of precision dendrometer. - Ecology 26/1, S. 97-98, Brooklyn
- Fliri F., 1978: Aufgaben und Methoden, Möglichkeiten und Grenzen einer synoptischen Klimatologie der Alpen. Beiträge z. Quartär- und Landschaftsforschung (FS. J. Fink), S. 125-142, Wien
- Fritts H.C., 1976: Tree rings and climate. 567 S., London, New York
- Gensler G.A., 1946: Der Begriff der Vegetationszeit. - 142 S., Samedan, St. Moritz
- Giertz-Siebenlist V., 1977: Der gegenwärtige Stand einer Jahrringchronologie aus dem obersten Oetztal. Dendrochronologie und postglaziale Klimaschwankungen in Europa (Hg. B. Frenzel), S. 25-27, Wiesbaden
- Lamarche V.C., Fritts H.C., 1971: Tree rings, glacial advance, and climate in the alps. Zs.f.Gletscherkunde u. Glazialgeol. VII/1-2, Innsbruck

- Larcher W., 1976: Oekologie der Pflanzen. - 2.A., UTB 232, Stuttgart
- L'Hévrier P., 1972: Réflexions sur le Hasard. Bull.Hist.et Scient.
de l'Auvergne 85/632, S. 191-200, Clermont-Ferrant
- Mariétan I., 1956: Le mélèze en Valais. Bull.Murithienne 73,
S. 86-91, Sion
- Matthews S.A., 1976: "Little Ice Age" palaeotemperatures from high
altitude tree growth in S. Norway. Nature
264/5583, S. 243-245
- Müller H-N., 1974: Dendro-(Xylo-)Chronologie-Climatologie: Une possi-
bilité de chronologie postglaciaire? Recherches
fondamentales dans la région du glacier du Ross-
boden, Simplon (Valais). Congr.Int.Glac.Soc.
Courmayeur
- Müller H-N., 1980: Beziehungen zwischen Jahrringwachstum von Nadel-
baumarten und Klimafaktoren an verschiedenen Stand-
orten im Gebiet des Simplonpasses (Wallis, Schweiz).
Angew.Pfl.soz. 25, Wien
- Nägeli W., 1969: Waldgrenze und Kampfzone in den Alpen. Hespera
Mitt. 1, 19.Jg., Luzern
- Röthlisberger F., 1975: Gletscher- und Klimaschwankungen im Raum
Zermatt, Ferpècle und Arolla. - Diss.Univ.Zürich,
Die Alpen 52/3-4, Bern
- Schweingruber F.H., Schär E., 1976: Röntgenuntersuchungen an Jahr-
ringen. NZZ Nr. 180, 4.8.1976, S. 34, Zürich

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mitteilungen der forstlichen Bundes-Versuchsanstalt Wien](#)

Jahr/Year: 1981

Band/Volume: [142_2_1981](#)

Autor(en)/Author(s): Müller Hans-Niklaus

Artikel/Article: [Messungen zur Beziehung Klimafaktoren-Jahresringwachstum von Nadelbaumarten verschiedener waldgrenznaher Standorte 327-355](#)