

# KLIMATISCHE ANALYSE DER JAHRRINGBREITESCHWANKUNGEN AN DER ALPINEN WALDGRENZE

BURKHARD FRENZEL und INGEBORG MAISCH

Botanisches Institut der Universität Hohenheim

D-7000 Stuttgart 70

## ZUSAMMENFASSUNG

Für den Zeitraum von 1946 bis 1972 wurden dendroklimatologische Untersuchungen über das Dickenwachstum von *Pinus Cembra* an der alpinen Waldgrenze (2100 m Höhe) am Glungezzer, ost-südöstlich Innsbrucks, durchgeführt. Hierbei ergaben sich die folgenden Resultate:

- 1) Der prägende Einfluß des Klimas war im Untersuchungszeitraum unterschiedlich stark.
- 2) Nur wenige Klimafaktoren waren nahezu stets gleichartig mit dem Dickenwachstum korreliert. Es bestehen jedoch keine linearen Beziehungen.
- 3) Innerhalb des Untersuchungszeitraumes wechselte die Kombination für das Wachstum wichtiger Faktoren mehrfach, in lockerer Abhängigkeit von kleineren Klimaschwankungen.
- 4) Positive oder negative Korrelationen bedeuten nicht stets Kausalitäten.
- 5) Zeiten der Gletscherschwankungen fallen nicht stets mit Zeiten gleichartiger Jahrringschwankungen zusammen.

Schlüsselwörter: Jahrringbreiteschwankungen, Gletscherschwankungen, Klima an der alpinen Waldgrenze, Klimarekonstruktion.

## SUMMARY

The climatological setting of the annual increment of treerings of *Pinus Cembra* has been analyzed at the alpine timber-line (2100 m a.s.l.) on Mt. Glungezzer (Tirol, near Innsbruck, Austria) for the period from 1946 to 1972. The following results have been obtained:

- 1) The annual increment is not always governed by climate alone but during several years most of all by endogenous factors.
- 2) Only some factors of climate exert always the same influence on radial growth in *Pinus Cembra*, and even in these cases a linear proportionality does not exist.

- 3) During the time studied the combination of important climatological factors has changed repeatedly, this weakly depending on changing climate.
- 4) A positive or negative correlation between certain factors of climate and the changing width of treerings does not necessarily mean a dependence.
- 5) Advances of glaciers and phases of reduced growth of treerings not always have coincided, this pointing to sometimes divergent climatical causes.

Key words: changes in the width of treerings, glacier advances, reconstruction of climate, climate at the alpine timber-line.

## EINLEITUNG

Die Kenntnis der Beziehungen zwischen physiologischen Fähigkeiten und ökologisch-klimatischen Möglichkeiten der Bäume an der alpinen Waldgrenze stellen hinsichtlich des Dickenwachstums ihrer Stämme ein für Praxis und Wissenschaft gleichermaßen interessantes und wichtiges Problem dar. In Europa haben sich mit diesen Fragen besonders LaMarche und Fritts (1971), sowie Schweingruber, Bräker und Bär (1979) und Schweingruber, Bräker und Schär (1978 und 1977), aber auch Turmanina (1972) und Švec (1972) beschäftigt. Es zeigte sich in der Regel, daß den Sommer-temperaturen für das Dickenwachstum der Stämme und für die Ausdifferenzierung der Zellwände der Nadelholzarten an der alpinen Waldgrenze eine entscheidende Bedeutung zukommt. Hierbei wurden sowohl monatliche Mitteltemperaturen, als auch Temperatursummen berücksichtigt. Sollten derartige Beziehungen stets vorherrschen, dann ließe sich aus den Jahrringbreiteschwankungen oder aus den Änderungen der Spätholzdichte (Schweingruber, Bräker und Bär, 1979) möglicherweise das Wärmeklima der Vergangenheit rekonstruieren, falls lang in die Vergangenheit zurückreichende Jahrringkurven zur Verfügung stehen. Die Dendroklimatologie könnte somit für die Paläoklimatologie von hoher Bedeutung werden.

Sommertemperaturen sagen aber relativ wenig über die ehemals wichtigen Muster der atmosphärischen Circulation aus. Daher hatten schon Schweingruber, Bräker und Bär (1979) versucht, aus den Dichteschwankungen des Spätholzes von Bäumen verschiedener Standorte und aus den Änderungen der Sensitivität, also der jährlichen Amplitude der Dichteschwankungen gegenüber dem Mittelwert, Aussagen über die ehemaligen Circulationsmuster zu machen. Andererseits zeigen die von Turmanina (1972) an *Pinus hamata* des Elbrusgebietes (Großer Kaukasus) gemachten Beobachtungen über die Zusammenhänge zwischen Jahrringbreiteschwankungen und der Mitteltemperatur des Jahres sowie der Vegetationsperiode, der Länge der Vegetationsperiode, den Niederschlagssummen der Vegetationsperiode und des Jahres und schließlich den Sonnenfleckenzahlen, daß innerhalb weniger Jahre kein klarer Zusammenhang dieser Parameter mit den Jahrringbreiteschwankungen besteht. Dies und die Tatsache, daß der Baum an der Waldgrenze nur höchst einfach mit seinen Jahrringbreiteschwankungen auf eine sicher sehr große Zahl günstiger und ungünstiger Umweltfaktoren antworten kann, mahnt zur Vorsicht, wenn so quantitative Paläoklimatologie betrieben werden soll. Man wird die Skepsis auch auf Schwankungen in der Dichte des Spätholzes übertragen, handele es sich nun um die wahre Dichte der Zellwände oder nur um die Masse des Zellwandmaterials pro Flächeneinheit (Schweingruber, Bräker und Schär, 1977).

Die dargestellte Problematik bildete den Ausgangspunkt der folgenden Untersuchungen, die 1972 und 1973 im Rahmen einer Staatsexamensarbeit der einen von uns (I.M.) unter der Leitung des anderen durchgeführt worden sind. Probenbeschaffung, Kurveninterpretation und Abfassung des Textes in der vorliegenden Form wurden gemeinsam durchgeführt. Es ging darum, zu ermitteln, welche Klimafaktoren einen tatsächlichen oder nur einen scheinbaren Einfluß auf die Jahrringbreite von *Pinus Cembra* an der alpinen Waldgrenze ausüben, ob diese Einflüsse im Laufe der Zeit konstant bleiben und ob man in der paläoklimatischen Analyse weiter voranschreiten könne, als nur bis zur annähernden Ermittlung der Sommertemperaturen.

## MATERIAL UND METHODEN

Herr Hofrat Professor Dr. W. Tranquillini hatte dankenswerterweise den Kontakt zu der örtlichen Forstverwaltung hergestellt, mit deren Genehmigung und z.T. tätiger Mithilfe wir im Sommer 1972 Stammscheiben von 42 Exemplaren der *Pinus Cembra* bei etwa 2100 m Höhe am Glungezzer, ost-südöstlich von Innsbruck, haben entnehmen dürfen, zusammen mit Bohrkernen noch lebender Arven aus ungefähr derselben Höhe (Baumgrenzstandorte). Das Untersuchungsgebiet befindet sich auf einem leicht zertalten Nordhang auf Kristallin. Es handelt sich um die oberste Zone des an *Rhododendron ferrugineum* und *Juniperus sibirica* reichen zentralalpinen *Pinus Cembra*-Waldes.

Die Stammscheiben und Bohrkern wurden in Hohenheim präpariert, ausgemessen, und die Meßdaten wurden in den Großrechner der Universität eingegeben, zusammen mit den täglichen Temperatur-, Feuchte-, Niederschlags- und Bewölkungswerten der Meßstation des nahegelegenen Patscherkofels, aus ungefähr derselben Höhe und Exposition. Anschließend wurden sowohl die einzelnen Jahrringkurven, als auch die Mittelkurve und schließlich die Kurven der untersuchten Klimaparameter, auf die entsprechenden Jahreswerte umgerechnet, geplottet und miteinander verglichen, so daß die Mittelkurve der Jahrringbreiteschwankungen mit jedem der einzelnen der 52 untersuchten Klimaparameter auf dem Leuchttisch jahresweise in Hinblick auf die Gleichläufigkeit untersucht werden konnte.

Da es sich, wie erwähnt, darum gehandelt hatte, jahresweise den Einfluß jedes einzelnen Faktors auf das Jahrringwachstum festzustellen, wurden weder lange Zeiträume übergreifende Jahresmittel gebildet, noch wurden Korrelationsfaktoren errechnet. Das Wesentliche war der optische Vergleich der einzelnen Kurven auf dem Leuchttisch.

In die Betrachtungen gingen allerdings weder die Bodentemperaturen, noch wesentliche Angaben zur Photoperiodik ein. Es wurde aber Wert darauf gelegt, heurige und vorjährige Beobachtungen getrennt voneinander zu verwerten.

Infolge zahlreicher Jahrringausfälle und z.T. extrem enger Jahresringe konnten von den insgesamt durch Scheiben belegten Stämmen nur 25 ausgewertet werden. Die Kerne der 7 zusätzlich abgebohrten Bäume wurden aber zu einer Mittelkurve vereinigt.

Wenn es sich auch insgesamt um einen Nordhang gehandelt hatte, so wurden doch vier Einzelstandorte näher bearbeitet. Es waren dies eine exponierte Geländerrippe (Standort I), zwei Bereiche in Schneeschuttlage (Standorte II und III) und die Baumgrenze (Standort IV, etwa 200 m über den anderen Standorten).

## ERGEBNISSE

### Das Verhalten der einzelnen Bäume untereinander

In der Mittelkurve der Jahrringbreiteschwankungen (Abb.1) sind keine Angaben darüber enthalten, wie viele der untersuchten Bäume sich gleichläufig verhalten hatten. Aus diesem Grunde sind in Abb.2 die miteinander verglichenen Einzelkurven hinsichtlich ihrer Gleichläufigkeit zueinander dargestellt, einschließlich des Gleichläufigkeitsprozentsatzes. Zwei Erkenntnisse drängen sich auf:

- 1) In nur wenigen Jahren (5 von 27) herrscht hundertprozentige Gleichläufigkeit. Im übrigen schwankt der Gleichläufigkeitsprozentsatz zwischen 52,4 % und 100,0 %. Selbst an der Waldgrenze ist also der witterungsbedingte Außeneinfluß nicht so stark, daß sich alle Bäume eines engen Gebietes stets gleich verhielten.
- 2) Bezüglich ihrer Gleichläufigkeit lassen sich drei Phasen unterscheiden:  
1946 bis 1954 mit sehr starker Gleichläufigkeit, 1955 bis 1964 mit auffallend geringer Gleichläufigkeit und 1965 bis 1972 mit abermals hoher Gleichläufigkeit.

Der Untersuchungszeitraum ist demnach hinsichtlich der Reaktion der Bäume auf die klimatischen Außenfaktoren ungleichwertig: Der ersten und dritten Phase, in denen das Wetter und Klima einen bestimmenden Einfluß ausgeübt zu haben scheinen, steht die mittlere gegenüber, die durch größere Autonomie der untersuchten Bäume gekennzeichnet ist. Es muß erwartet werden, daß sich dieser Sachverhalt auch in den Beziehungen zwischen einzelnen Klimaparametern und der Jahrringmittelkurve ausprägt. Andererseits wird man folgern dürfen, daß der Versuch, quantitative Paläoklimatologie zu treiben, lediglich auf die Zeiten starker Witterungs- oder Klimaeinflüsse auf das Jahrringwachstum gegründet sein darf, nicht aber auch auf die Zeiten hoher Autonomie der einzelnen Bäume. Eine derartige Analyse müßte, so meinen wir, allen dendroklimatologischen Rekonstruktionsversuchen des Vorzeitklimas vorgeschaltet werden. Das ist aber in keinem der uns zugänglichen Fälle geschehen.

### Wetter- und Klimaeinflüsse auf das Dickenwachstum der Bäume

Ein Vergleich zwischen dem Verlauf der Jahrringmittelkurve und dem Gang einzelner, in ihrer Bedeutung sicher sehr verschiedenwertiger Klimafaktoren zielt auf die Ermittlung von Korrelationen ab. Man sollte sich aber stets darüber klar sein, daß auch starke Korrelationen keine Kausalität zu bedeuten brauchen. Gerade im Falle der Witterungserscheinungen kann es leicht möglich sein, daß ein gut mit Wachstumsvorgängen korrelierter Faktor infolge des entscheidenden Circulationsmusters der Atmosphäre nur der Vorbote oder die Nachhut eines ganz anderen, nun tatsächlich entscheidenden Faktors ist, der zu einem anderen Zeitpunkt seine Bedeutung entfaltet. Schmidt (1977) hat hierfür ein gutes Beispiel gegeben, als er ermittelte, daß die Temperaturen der 12 bis 15 Jahre zurückliegenden Zeiten deutlich positiv mit dem Dickenwachstum während eines herausgegriffenen Jahres korreliert sind. Auch im vorliegenden Beispiel treten derartige Beziehungen auf. Es wird hierauf hingewiesen werden, doch mögen noch viele andere Scheinkausalitäten unerkannt geblieben sein. Wir meinen überhaupt, daß der Schritt von der ökologischen und physiologischen Messung zu der dendroklimatologischen Analyse in der ganz über-

wiegenden Mehrzahl der Fälle, so auch in diesem Aufsatz, noch nicht gemacht worden ist. Das muß deswegen besonders hervorgehoben werden, weil sich die Resultate der während des Symposiums vorgetragenen baumökologischen Untersuchungen nicht immer leicht auf die der dendroklimatologischen Arbeiten übertragen lassen. Andererseits macht diese Unsicherheit mit aller Deutlichkeit klar, weshalb dendroklimatologische Rekonstruktionen der Vorzeitklimata vielfach so unbefriedigend geblieben sind. Gebiete mit extremen Umweltfaktoren machen hiervon vielleicht eine gewisse Ausnahme, wenn es auch dort kritische Stimmen gibt (Krebs, 1973).

Zum Verständnis der folgenden Tabellen sei darauf hingewiesen, daß es bei der vorliegenden Arbeit darauf angekommen ist, die Konstanz der Beziehungen zwischen einzelnen Klimaparametern und dem Dickenwachstum der Arven an der alpinen Waldgrenze kennenzulernen, nicht aber die Intensität dieser Wechselwirkungen, ausgedrückt in °C oder mm Niederschlag oder dergleichen. Daher wird in den Tabellen 1 und 2 nur vermerkt, ob positive, negative oder keine Korrelationen bestehen. Außerdem sind in den Tabellen 1 und 2 die Grenzen zwischen den eingangs ermittelten Zeiten unterschiedlich starker Abhängigkeiten der Einzelkurven der Jahrringbreiteschwankungen von Wetter- oder Klimafaktoren durch vertikale Striche angegeben. Schließlich muß daran erinnert werden, daß die geprüften Wetter- oder Klimafaktoren in der Regel nicht unabhängig voneinander schwanken. Die in den unterschiedlichen Korrelationen eines Faktors auffallenden Beziehungen zum Dickenwachstum der geprüften Bäume können somit in Wirklichkeit auf ganz andere Vorgänge zurückgehen.

Aus den Tabellen 1 und 2 wird deutlich, daß die Bindungen zwischen einzelnen Klimafaktoren und dem Dickenwachstum der Arven am Glungegger stark schwanken. Es gibt nur außerordentlich wenige Faktoren, die stets gleichartig mit dem Ausmaß der Jahrringbreite verbunden sind. Dies gilt auch dann, wenn lediglich die beiden Phasen starker klimatischer Einflüsse auf das Dickenwachstum berücksichtigt werden, also die Abschnitte 1946 bis 1954 und 1965 bis 1972. Die gleichartigsten Beziehungen weisen noch hinsichtlich der Klimaeinflüsse des laufenden Jahres die in Tabelle 1 in den Gruppen A, B (C in stark eingeschränktem Maße) und schließlich in F vereinten Faktoren auf. Über die Einflüsse der in der Gruppe H zusammengefaßten Faktoren können überhaupt keine verallgemeinernden Aussagen gemacht werden; die übrigen Gruppen vermitteln zwischen diesen beiden Extremen.

Hinsichtlich der Vorjahreseinflüsse ergibt sich ein entsprechend ungünstiges Bild (Tabelle 2). Hier scheint es, als komme nur den in den Gruppen A bis C vereinten Klimafaktoren eine gewisse, regelhafte Bedeutung zu. Es fällt allerdings hier, wie auch schon z.T. in Tabelle 1, auf, daß die Änderungen in den Beziehungen eines Klimafaktors zu den Jahrringbreiteschwankungen häufig nicht mit den Grenzen der eingangs charakterisierten Phasen stärkeren oder schwächeren Klimaeinflusses zusammenfallen. Das ist verständlich, denn innerhalb des Untersuchungszeitraumes hatte sich das Klima nicht so entscheidend geändert, daß ein Faktor alle anderen hätte dominieren können, vielmehr wurde offenbar der ungünstige Einfluß eines Faktors leicht durch Veränderungen eines oder mehrerer anderer aufgehoben oder gar in das Gegenteil umgekehrt. Dies führt zu der weiteren, wichtigen Erkenntnis, nämlich, daß sich selbst in Zeiten relativ starken klimatischen Einflusses die scheinbar wichtigen Faktorenkombinationen ändern können. Man erkennt dies gut in Tabelle 1 an den Beispielen der Gruppen D, E und G, im Falle der Tabelle 2 aber an den Gruppen A, B und D. Rebus sic stantibus könnte man geneigt sein, auf diese unsicheren Faktorenkombinationen zu verzichten und sich bei Klimarekonstruktionen der Vergangenheit hinsichtlich der Klimaeinflüsse des laufenden Jahres

lediglich auf die in Tabelle 1 A, vielleicht auch noch auf die in Tabelle 1 B und F aufgeführten Faktoren zu stützen. Dies reicht sicher aus, um annähernd die Veränderungen des Paläoklimas zu ermitteln. Einer genauen, quantitativen Rekonstruktion stehen aber ganz erhebliche Widerstände entgegen; sie ist so nicht zu erreichen. In diesem Zusammenhang sei darauf verwiesen, daß die für die Rekonstruktion des Klimas vergangener Zeiten benötigte Genauigkeit groß ist, falls wirklich in eine klimatologische Kausalanalyse eingetreten werden soll. Abweichungen von z.B.  $\pm 1^{\circ}\text{C}$  in der Jahresmitteltemperatur vergangener Klimaepochen erscheinen zwar numerisch gering, besagen aber klimatologisch außerordentlich viel!

## DISKUSSION

Auf den vorangegangenen Zeilen ist versucht worden, die zeitlichen Änderungen in den Bindungen des Dickenwachstums an bestimmte Klimafaktoren zu erkennen. Es lohnt sich, die unterschiedliche Intensität dieser Bindungen kennenzulernen (Tabellen 3 und 4). Hinsichtlich der Einflüsse des laufenden Jahres ergeben sich die folgenden Resultate:

Bei den Nummern 1 bis 20 überwiegen in abnehmender Intensität die positiven Einflüsse, bei den Nummern 30 bis 42 hingegen die negativen. Die Einflüsse der Klimafaktoren 21 bis 29 lassen überhaupt keine Regelhaftigkeit erkennen.

Die klaren Auswirkungen der Klimafaktoren Nr. 1, 2 und 42 deuten an, daß es an dem untersuchten Standort und bei der gewählten Holzart anscheinend besonders darauf ankommt, daß die Zahl kalter Nächte während der "kurzen Vegetationsperiode", des Julis und des Augusts möglichst gering bleibt. Die Höhe der Tagestemperaturen dieser Zeiten scheint demgegenüber nicht so wichtig zu sein. Dies zeigt der doch insgesamt weniger regelmäßig bleibende Einfluß der Klimafaktoren Nr. 3, 5, 7, 11, 12, 15 und 38, bzw. auch die negative Komponente der erwähnten Klimafaktoren hinsichtlich des Dickenwachstums der Stammachsen. Man möchte im zuletzt genannten Fall an die Anspannung des Wasserhaushaltes während der Sommermonate denken, die an der alpinen Waldgrenze auch dieses Gebietes bedeutungsvoll werden kann.

Der recht bedeutende negative Einfluß der Zahl der Tage von mehr als  $0^{\circ}\text{C}$  Mitteltemperatur des Junis erstaunt. In anderen Fällen (Schweingruber, Bräker und Bär, 1979) scheinen die hohen Temperaturen des Junis bedeutungslos zu sein. Zwei Gründe können für die negativen Einflüsse hoher Junitemperaturen geltend gemacht werden: Entweder prägt sich hierin lediglich die Auswirkung eines bestimmten Musters der atmosphärischen Circulation aus, die Tatsache also, daß die hohen Junitemperaturen an sich nicht schädlich sind, wohl aber Klimaerscheinungen anderer Zeiten, die durch dasselbe Circulationsmuster verursacht werden, wie die hohen Junitemperaturen; oder aber die hohen Junitemperaturen sind lediglich Ausdruck einer bestimmten Faktorenkombination, die insgesamt für das Dickenwachstum häufig negativ zu beurteilen ist. Die überwiegend positiven bzw. negativen Auswirkungen der Klimafaktoren Nr. 6 (gedämpfte Atmung bei Nacht?), 9, 31 und 36 mögen ebenfalls vor allem mit dem verursachenden Muster der atmosphärischen Circulation zusammenhängen, da direkte Einflüsse der aus Tabelle 3 hervortretenden Art dieser Klimaparameter schwer zu verstehen sind.

Ähnlich ungenau sind die klimatischen Einflüsse des Vorjahres (Tabelle 4).

Die negativen Aspekte der Faktoren Nr. 1, 5 und 8 lassen sich wahrscheinlich am ehesten durch Verweichlichung, die positiven der Nr. 2 und 4 stattdessen aber durch Abhärtung erklären. Die negative Seite der beiden zuletzt genannten Faktoren kann aber befriedigend durch eine schon hohe Zehrung der Assimilate infolge eines frühen Winters begründet werden. Die negativen Einflüsse der Faktoren Nr. 3 und 9 mögen auf eine behinderte Reservestoffspeicherung feuchter und damit stark wolkiger Herbstmonate zurückgehen. Die negativen Auswirkungen der Faktoren Nr. 7, 10 und 11 haben aber wahrscheinlich kaum noch etwas mit ungenügender Reservestoffspeicherung zu tun, sondern eher mit einem insgesamt frühen Winter, bzw. mit einem Muster der atmosphärischen Circulation, das schon zu anderen Zeiten des Jahres und über ganz andere Wege schädlich gewesen ist.

Faßt man die allgemeinen Konsequenzen zusammen, dann ergibt sich das Folgende:

- 1) Nur sehr wenige Faktoren sind in der Regel gleichartig mit dem Dickenwachstum der Arven an der alpinen Waldgrenze des Untersuchungsgebietes korreliert; aber selbst in diesen günstigen Fällen besteht offenbar keine lineare Proportionalität.
- 2) Für die Dicke des Jahrringes werden nicht so sehr die Sommertemperaturen oder die sommerlichen Wärmesummen entscheidend, als vielmehr die mittleren Minimumtemperaturen der frostfreien Zeit, sowie die Zahl der Tage mit Mitteltemperaturen von mehr als 0 °C im August. Dies unterscheidet sich deutlich von dem Einfluß verschiedener Klimaparameter auf den Wachstumsvorgang selbst (vgl. Beitrag Loris).
- 3) Alle Teile des Jahres haben ihre Bedeutung. Am wichtigsten werden die Monate Juni bis August, mit kontinuierlich zum August hin ansteigender Bedeutung. Die Einflüsse des Septembers sind denen des Februars und März gleich, aber insgesamt deutlich geringer als die der genannten Sommermonate. Noch geringer wird der positive oder negative Einfluß einiger Klimaparameter der Monate April und Mai, und der Oktober unterscheidet sich nur unwesentlich durch einen etwas höheren Einfluß von den Monaten November bis Januar, deren klimatische Auswirkungen am geringsten werden. Hinsichtlich der vorjährigen Einflüsse gilt, daß der September am bedeutungsvollsten ist, gefolgt vom November und Oktober. Über den Einfluß der Sommermonate liegen uns, im Gegensatz zu den Beobachtungen Schweingrubers, Bräkers und Bärs (1979), aber auch Schweingrubers, Bräkers und Schärs (1977) keine Erfahrungen vor.
- 4) Die meisten Klimafaktoren können nur zeitweise mit dem Dickenwachstum der Bäume in einer bestimmten Richtung korreliert werden. Ihre Kombination mit anderen Parametern als förderliche, schädliche oder indifferente wechselt. Dies bedeutet, daß im vorliegenden Fall aus dem Jahrringverhalten auf bestimmte Klimaparameter der Vorzeit nicht direkt geschlossen werden darf.
- 5) Im Ablauf der Jahre stehen Zeiten mit prägenden klimatischem Einfluß anderen gegenüber, in denen die Bäume stärker durch endogene Prozesse in ihren Wachstumsleistungen geprägt werden.

Die sich aus diesen Schlußfolgerungen ergebenden paläoklimatologischen Aspekte mahnen zur Vorsicht. Hierauf ist bereits mehrfach aufmerksam gemacht worden. Sie lassen vor allem erkennen, daß wir noch weit von einer quantitativ arbeitenden Paläoklimatologie entfernt sind. Dies geht auch aus Abb. 1 hervor, in der, zusammen mit der von uns erarbeiteten Jahrringmittelkurve, die Zeiten alpiner Gletscherschwankungen eingetragen worden sind. Man erkennt, daß über mehrere Jahre erfolgreiche Tiefpunkte der Jahrringmittelkurve keineswegs immer mit Zeiten der Gletschervorstöße zusammenfallen. Die für diese beiden miteinander verglichenen Vorgänge entscheidenden Faktorengruppen hatten sich demnach offenbar zeitweise

geändert. Wahrscheinlich gilt dasselbe auch für die Beziehungen zu alpinen Solifluktionsphasen (Gamper, 1980). Dies kann zwar nicht anders erwartet werden, da der Massenhaushalt eines Gletschers oder die Prozesse der Solifluktion sicherlich von anderen klimatischen Faktorenkombinationen abhängen mögen, als das Dickenwachstum der Bäume an der alpinen Waldgrenze. Dennoch werden hieraus die Gefahren zu schneller Verallgemeinerungen deutlich. Andererseits bieten sich auf diesem Wege vermutlich gute Möglichkeiten an, um aus der vergleichenden Beobachtung sehr verschiedenartiger Erscheinungen der belebten und der unbelebten Natur nach vorangegangener sorgfältiger und vielseitiger Faktorenanalyse im Ablauf der Zeit die entscheidenden Klimaeinflüsse der Vergangenheit zu ermitteln. Hierbei sollten auch Standorte sehr unterschiedlicher Qualität miteinander verglichen werden. Schweingruber, Bräker und Bär (1979) haben dies bereits praktiziert. Dieses Ziel liegt auch den Untersuchungen von Turmanina (1972) an Hochlagenkiefern des Elbrusgebirges (Großer Kaukasus), von Švec (1972) an der sibirischen Lärche des Polar-Urals, von Krasnobaeva (1972) am südwestlichen Verbreitungsgebiet der *Abies sibirica*, von Kabec (1972) und von Kajrajtis (1978) an Beständen von *Quercus robur* in der UdSSR, von Kajrjukstis und Juodval'kis (1972) und von Čerskene (1972, 1978) an Fichtenbeständen Litauens, sowie von Bitvinskas (1978), Karpavičius (1978), Liseev (1972) und von Pakal'nis (1978) an *Pinus silvestris* Litauens zugrunde. Die Bedeutung derartig umfassender Untersuchungen wird dann klar, wenn man sich vor Augen hält, daß z.B. die Jahrringbreiteschwankungen der Arve an der alpinen Waldgrenze bei Innsbruck nahezu ideal den Schwankungen in der Zahl der Eichenmastjahre der Grafschaft Ysenburg und Büdingen in Hessen folgt (Abb.3; Nieß, 1974). Derartige Beziehungen waren auch der Anlaß dafür, daß wir dank der Hilfe von Herrn Hofrat Prof.Dr. W.Tranquillini und mit ihm zusammen das Dickenwachstum von *Picea Abies*, *Pinus Cembra* und *Larix decidua* an der alpinen Waldgrenze des Patscherkofels bei Innsbruck seit Jahren verfolgen und durch ökophysiologische Untersuchungen dieser beiden Arbeitsgruppen untermauern (vgl. Beitrag von Herrn Loris). Wir sind für diese Möglichkeiten und für die Zusammenarbeit sehr dankbar, denn nur sie werden zu einem tieferen Verständnis der klimatischen Veränderungen in der Vergangenheit und zu vorsichtigen Prognosen führen können.

## LITERATUR

- Bitvinskas, T.T., Herausg., 1978: *Uslovija sredy i radial'nyj prirost derev'ev*. Inst. Bot. Akad. Nauk Litovskoj SSR, Kaunas, 96 S., russ.
- Bitvinskas, T.T., 1978: Die Dynamik und Rhythmik des Zuwachses der Wälder der Litauischen SSR, in Abhängigkeit von Wachstumsbedingungen und klimatischen Faktoren. In: Bitvinskas, T.T., Herausg., S. 10-12, russ.
- Čerskene, I.I., 1972: Korrelation der Jahrringbreiten der Fichte mit Klimafaktoren in West-Litauen. *Dendroklimatologija i radiouglerod. Bot. Inst. Akad. Nauk Litovskoj SSR, Kaunas*, S. 49-54, russ.
- Čerskene, I.I., 1978: Die Dynamik des radialen Jahreszuwachses der Fichtenbestände Litauens. In: Bitvinskas, T.T., Herausg. 1978, S. 19-21, russ.
- Gamper, M., 1980: Heutige Solifluktionsbeträge von Erdströmen und klimamorphologische Interpretation fossiler Böden. *Regio Basiliensis*, Bd. 21, S. 42-57.



- Kabec, R.A., 1972: Die Dynamik des jährlichen Zuwachses von *Quercus robur* an der Ostgrenze ihres Areals. *Dendroklimatochronologija i radiouglerod*. Inst. Bot. Akad. Nauk Litovskoj SSR, Kaunas, S. 111-114, russ.
- Kajrajtis, I., 1978: Eichenbestände. In: Bitvinskas, T.T., Herausg., 1978, S. 22-36, russ.
- Kajrjukstis, L.A. und Juodval'kis, A.I., 1972: Besonderheiten der jahreszeitlichen Jahrringbildung, im Zusammenhang mit Klimafaktoren. *Dendroklimatochronologija i radiouglerod*. Inst. Bot. Akad. Nauk Litovskoj SSR, Kaunas, S. 27-31, russ.
- Karpavičius, I., 1978: Die gemeine Kiefer (*Pinus silvestris* L.) in der Litauischen SSR. In: Bitvinskas, T.T., Herausg., S. 12-18, russ.
- Krasnobaeva, K.V., 1972: Die Dynamik des Dickenzuwachses der sibirischen Tanne in verschiedenen Waldtypen an ihrer südwestlichen Verbreitungsgrenze und ihre Abhängigkeit von Klimafaktoren. *Dendroklimatochronologija i radiouglerod*. Inst. Bot. Akad. Nauk Litovskoj SSR, Kaunas, S. 55-61, russ.
- Krebs, P.V., 1973: Dendrochronology of Bristlecone Pine (*Pinus aristata* Engelm.) in Colorado. *Arctic and Alpine Res.*, vol. 5, p. 149-150.
- LaMarche, V.C. and Fritts, H.C., 1971: Tree Rings, Glacial Advances, and Climate in the Alps. *Zs. f. Gletscherkde. u. Glazialgeol.*, Bd. 7, S. 125-131.
- Liseev, A.S., 1972: Der Einfluß der Klimafaktoren auf die Zuwachsdynamik der Kiefer unter verschiedenen Wuchsbedingungen des Buzuluk-Kiefernwaldes. *Dendroklimatochronologija i radiouglerod*, Kaunas, S. 42-48, russ.
- Nieß, W., 1974: Die Forst- und Jagdgeschichte der Grafschaft Ysenburg und Büdingen vom ausgehenden Mittelalter bis zur Neuzeit. *Mitt. d. Forstgesch.* Inst. d. Univ. Freiburg im Breisgau, Büdingen, 360 S.
- Pakal'nis, R., 1978: Dendrochronologische Erforschung der Seespiegelschwankungen. In: Bitvinskas, T.T., Herausg., S. 37-38, russ.
- Schmidt, B., 1977: Dendroklimatologische Untersuchungen an Eichen nordwestdeutscher Standorte. Diss. Fachber. Biologie Univ. Hamburg, 128 S.
- Schweingruber, F.H., Bräker, O.U. and Bär, E., 1979: Dendroclimatic studies on conifers from Central Europe and Great Britain. *Boreas*, vol 8, p. 427-452.
- Schweingruber, F.H., Bräker, O.U., Schär, E., 1977: Radiodensitometrische Untersuchungen an Nadelhölzern aus der subalpinen Stufe der Alpen. Vortragsmanusk. Dendrochronologenkongr. Greenwich, Juli 1977, 16 S.
- Schweingruber, F.H., Bräker, O.U., Schär, E., 1978: Dendroclimatic studies in Great Britain and in the Alps. *Evol. des atmosph. planét. et climat. de la terre*. Centre Nat. d'Etudes Spat. (France), Toulouse, p. 369-372.
- Švec, P.I., 1972: Dickenzuwachs des Stammes der sibirischen Lärche in der Gebirgswaldzone am linken Ufer der Sob' im Polarural. *Dendroklimatochronologija i radiouglerod*. Inst. Bot. Akad. Nauk Litovskoj SSR, Kaunas, S. 115-119, russ.
- Turmanina, V.I., 1972: Besonderheiten im Zuwachs der Bäume des Elbrusgebietes. *Dendroklimatochronologija i radiouglerod*. Inst. Bot. Akad. Nauk Litovskoj SSR, Kaunas, S. 37-41, russ.

Hohenheim, 30.3.1981

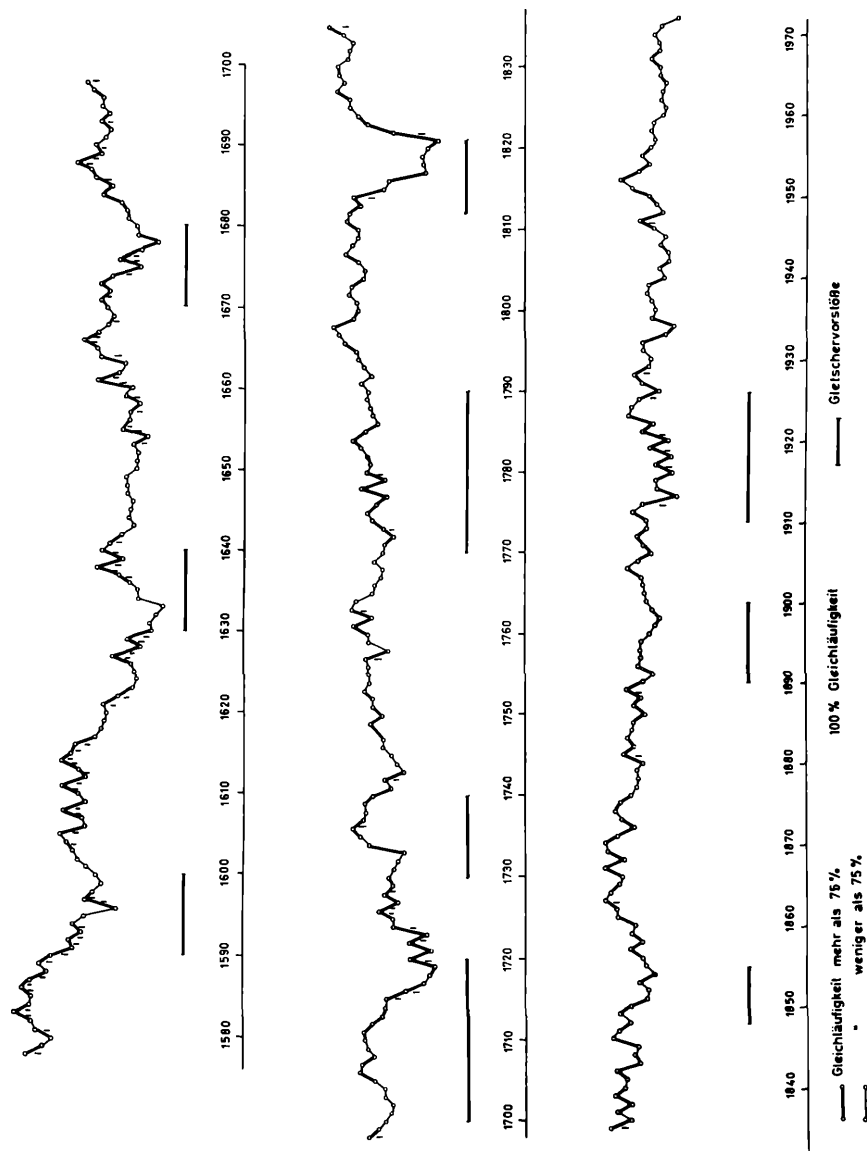


Abb. 1 Jahrringmittelkurve der Arven vom Glungeezer, Tirol, und Zeiten der Gletschervorstöße in den Ostalpen.

Verhalten der Einzelkurven zur Mittelkurve (1946 - 1972)

● gleichläufig      ○ gegenläufig

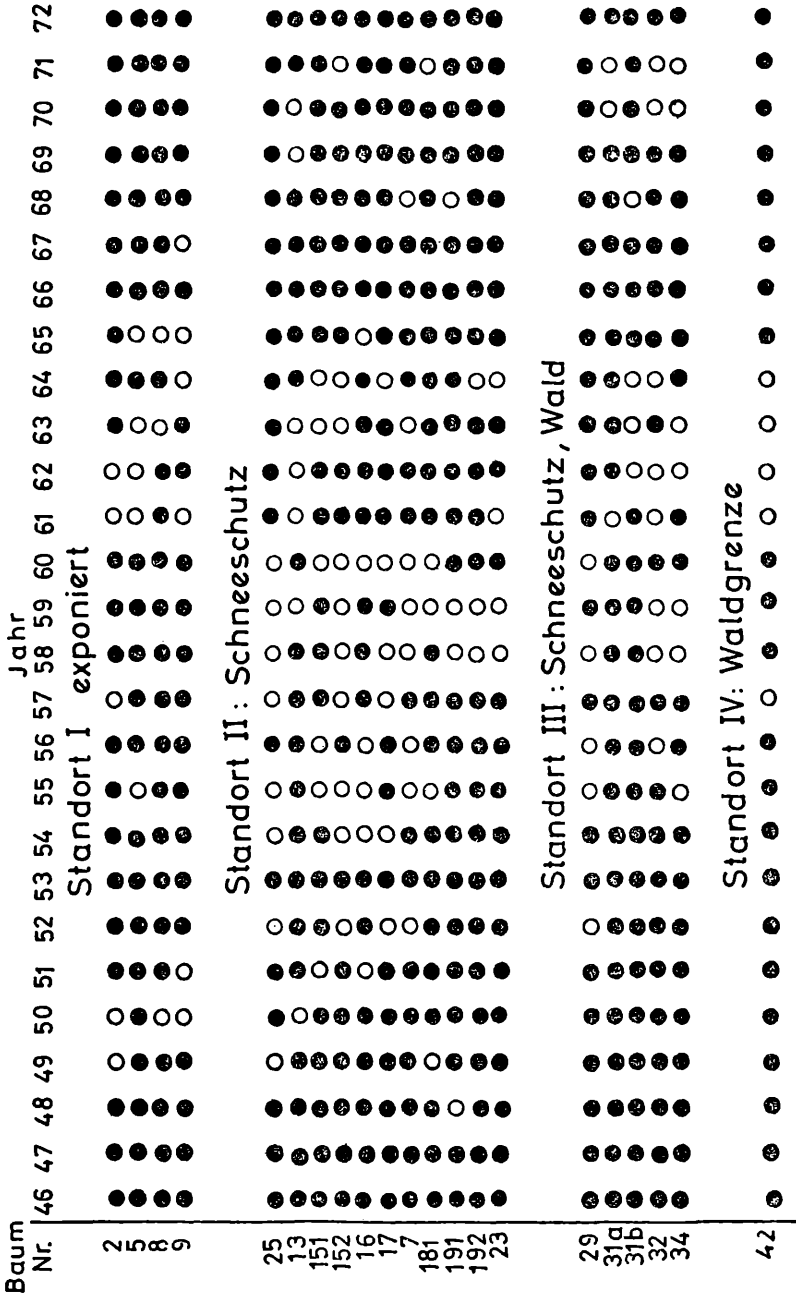


Abb. 2 Verhalten der Einzelkurven zur Jahrringmittelkurve.

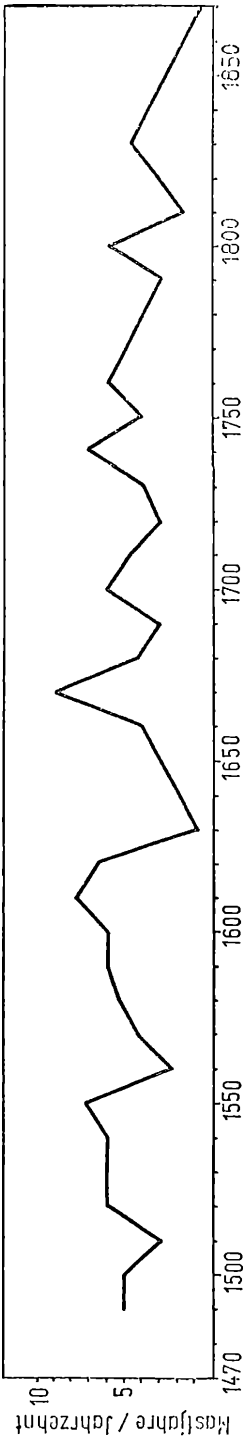


Abb. 3 Zahl der Eichenmastjahre pro Jahrzehnt in der Grafschaft Ysenburg-Büdingen (Nieß, 1974)

## A) Im wesentlichen stets gleichartige Einflüsse

| Klimafaktor                                                          | 1946 | 47 | 48 | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 60 | 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 | 69 | 70 | 71 | 72 |
|----------------------------------------------------------------------|------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Mittlere Minimumtemperaturen des Julis                               | +    | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  |
| Mittlere Minimumtemperaturen der "kurzen" Vegetationsperiode         | +    | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  |
| Zahl der Tage mit Tagesmittel von $\geq 0^{\circ}\text{C}$ im August | +    | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  |
| Zahl der Tage mit Tagesmittel von $\leq 0^{\circ}\text{C}$ im August | •    | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  |

## B) Anfangs bevorzugt positiv, dann stärker negativ, schließlich wieder in der Regel positiv korreliert

|                                                                            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|----------------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Zahl der Tage mit Maximaltemperaturen zwischen 15 und $20^{\circ}\text{C}$ | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| im Juli                                                                    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Summe der Minimumtemperaturen des Junis                                    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ? | ? | • | + | + | ? |   |   |   |   | ? |
| Wärmemenge des Augusts                                                     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | • | • | + | ? | ? | ? |   |   |   |   | + |
| Tagesmittel der relativen Feuchte des Februars                             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | • | • | + | ? | ? | ? | + | + | + | + | + |

## C) Anfangs bevorzugt positiv oder stark wechselnd, dann negativ, schließlich wieder bevorzugt positiv korreliert

|                                                                 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-----------------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Zahl der Tage mit Tagesmittel von $> 0^{\circ}\text{C}$ im Juni | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | ? |
| Zahl der Tage mit Tagesmittel von $< 0^{\circ}\text{C}$ im Mai  | + | • | + | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | ? |

## D) Anfangs bevorzugt positiv, anschließend stark wechselnd korreliert

|                                                                                      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|--------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Wärmemenge Juni bis August                                                           | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • |
| Wärmemenge des Julis                                                                 | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • |
| Summe der Minimumtemperaturen des Julis                                              | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | ? | • | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? |
| Zahl der Tage mit Tagesmittel von $> 0^{\circ}\text{C}$ im Juli                      | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | ? | • | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | • |
| Zahl der Tage mit Maximaltemperaturen zwischen 15 und $20^{\circ}\text{C}$ im August | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | ? | + | • | • | • | • | • | • | • | • |
| Bewölkung im September                                                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | + |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ? |
| Jahresmittel der relativen Feuchte                                                   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ? |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ? |

## E) Anfangs schwach positiv, dann in der Regel negativ korreliert

|                                                                      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|----------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Zahl der Tage mit Tagesmittel von $> 0^{\circ}\text{C}$ im September | ? | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | • |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ? |
| Wärmemenge des Junis                                                 | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | • | • |   |   |   |   |   |   |   |   | • |
| Niederschlagsmenge des Augusts                                       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | + | • | + | • | • | • | • | • | • | • | ? |

Tabelle 1 A Positive (+), negative (•) oder fehlende Korrelation zwischen den diesjährigen Veränderungen des geprüften Klimafaktors und der Jahrmittelkurve. "Kurze" Vegetationsperiode: Zeitraum zwischen dem endgültigen Anstieg und dem ersten Absinken der über je 15 Tage geglätteten Kurve der täglichen Minimumtemperaturen über bzw. unter  $0^{\circ}\text{C}$ .

| Klimafaktor                                                                                                                                                                        | 1946 | 47 | 48 | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 60 | 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 | 69 | 70 | 71 | 72 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| F) Anfangs bevorzugt negativ, dann stärker positiv, schließlich wieder vor allem negativ korreliert                                                                                |      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Bewölkung im Oktober                                                                                                                                                               | •    | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  |
| Zahl der Tage mit Tagesmittel von $\leq 0^{\circ}\text{C}$ im Juni                                                                                                                 | •    | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  |
| Wärmemenge des Monats                                                                                                                                                              | •    | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  |
| Bewölkung im August                                                                                                                                                                | •    | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  |
| G) Anfangs bevorzugt negativ, dann stark wechselnd bis positiv korreliert                                                                                                          |      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Zahl der Tage mit Tagesmittel von $\leq 0^{\circ}\text{C}$ des Julis                                                                                                               | •    | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  |
| Mittlere relative Feuchte des Junis, 14 <sup>00</sup> Uhr Werte                                                                                                                    | •    | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  |
| Mittlere relative Feuchte des Aprils, 14 <sup>00</sup> Uhr Werte                                                                                                                   | •    | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  |
| Zahl der Tage mit Tagesmittel von $\leq 0^{\circ}\text{C}$ im April                                                                                                                | •    | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  |
| Zahl der Tage mit Tagesmittel von $\geq 0^{\circ}\text{C}$ im März                                                                                                                 | •    | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  |
| Mittlere relative Feuchte des Augusts, 14 <sup>00</sup> Uhr Werte                                                                                                                  | •    | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  |
| H) Stets stark wechselnd korreliert                                                                                                                                                |      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Niederschlagsmenge des Septembers                                                                                                                                                  | •    | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  |
| Bewölkung im März                                                                                                                                                                  | •    | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  |
| Summe der Minimumtemperaturen des Augusts                                                                                                                                          | •    | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  |
| Jahresniederschlag                                                                                                                                                                 | •    | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  |
| Mittlere relative Feuchte des März, 14 <sup>00</sup> Uhr Werte                                                                                                                     | •    | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  |
| Mittlere relative Feuchte des Septembers, 14 <sup>00</sup> Uhr Werte                                                                                                               | •    | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  |
| Zahl der Tage mit Tagesmittel von $\leq 0^{\circ}\text{C}$ des März                                                                                                                | •    | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  |
| Zahl der Tage mit Tagesmittel von $\leq 0^{\circ}\text{C}$ des Februars                                                                                                            | •    | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  |
| Bewölkung im Februar                                                                                                                                                               | •    | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  |
| Jahresmittel der relativen Feuchte, 14 <sup>00</sup> Uhr Werte                                                                                                                     | •    | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  |
| Mittlere relative Feuchte des Februars, 14 <sup>00</sup> Uhr Werte                                                                                                                 | •    | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  |
| Hierhin gehören auch: Tagesmittel der relativen Feuchte des Aprils, des Junis und des Augusts, sowie die Zahl der Tage mit einem Tagesmittel von $\geq 0^{\circ}\text{C}$ im April |      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |

Tabelle 1 B Fortsetzung von Tabelle 1 A

Korrelation einiger Klimafaktoren mit dem Dickenwachstum der Pinus Cambra während des folgenden Jahres.

A) Anfangs stark wechselnd, anschließend überwiegend negativ korreliert

|                                                                               | 1947 | 48 | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 60 | 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 | 69 | 70 | 71 |
|-------------------------------------------------------------------------------|------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Tagesmittel der relativen Feuchte des Septembers                              | ?    | ?  | ?  | ?  | ?  | ?  | ?  | ?  | ?  | ?  | ?  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  |
| Mittlere relative Feuchte des Septembers, 14 <sup>00</sup> Uhr Werte          | +    | +  | +  | +  | +  | ?  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  |
| Niederschlagsmenge des Septembers                                             |      |    |    |    |    | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  |
| Ähnlich: Mittlere relative Feuchte des Novembers, 14 <sup>00</sup> Uhr Werte. |      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |

B) Anfangs stark wechselnd, dann negativ, schließlich bevorzugt positiv korreliert

|                                                                           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---------------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Zahl der Tage mit Tagesmittel von $\geq 0^{\circ}\text{C}$ des Septembers | ? | • | + | • | + | + | • | • | • | • | • | • | • | + | + | + | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? |
| Zahl der Tage mit Tagesmittel von $< 0^{\circ}\text{C}$ des Novembers     | + | • | + | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | ? | • | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? |

C) Anfangs stark wechselnd, dann meist positiv, anschließend bevorzugt negativ korreliert

|                                                                        |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|------------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bewölkung im September                                                 | + | • | + | + | • | • | • | + | ? | ? | + | + | + | + | ? | • | • | ? | • | • | ? | ? | ? | ? | ? |
| Zahl der Tage mit Tagesmittel von $\geq 0^{\circ}\text{C}$ im November | • | + | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • |

D) Anfangs bevorzugt negativ, dann stark wechselnd korreliert

|                      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|----------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bewölkung im Oktober | + | + | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? |
|----------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

E) Stets stark wechselnd korreliert

|                                                                       |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|-----------------------------------------------------------------------|---|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Zahl der Tage mit Tagesmittel von $\geq 0^{\circ}\text{C}$ im Oktober | • | ? |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Zahl der Tage mit Tagesmittel von $< 0^{\circ}\text{C}$ im Oktober    | + | ? |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Tabelle 2 Positive (+), negative (•) oder fehlende Korrelation zwischen den Veränderungen des geprüften Klimafaktors des Vorjahres und der Jahrmittelkurve.

Tabelle 3, A

Positive, negative oder fehlende Korrelation zwischen der Veränderung einiger Klimaparameter und dem Dickenwachstum von *Pinus Cembra* an der alpinen Waldgrenze des Glngezer, Tirol, ausgedrückt in der Anzahl der Jahre mit positiver, negativer oder fehlender Korrelation.

|    | Klimaparameter                                                                       | Korrelation |         |         |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------|---------|---------|
|    |                                                                                      | positiv     | negativ | fehlend |
| 1  | Mittlere Minimumtemperaturen des Julis                                               | 24          | 2       | 0       |
| 2  | Kurze Vegetationsperiode                                                             | 20          | 4       | 2       |
| 3  | Zahl der Tage mit $> 0^{\circ}\text{C}$ im August                                    | 17          | 5       | 4       |
| 4  | Lange Vegetationsperiode                                                             | 16          | 0       | 10      |
| 5  | Zahl der Tage mit Maximaltemperaturen zwischen $15$ und $20^{\circ}\text{C}$ im Juli | 16          | 6       | 4       |
| 6  | Summe der Minimumtemperaturen des Junis                                              | 16          | 6       | 4       |
| 7  | Wärmemenge des Augusts                                                               | 16          | 5       | 5       |
| 8  | Jahresmittel der relativen Luftfeuchte                                               | 16          | 5       | 3       |
| 9  | Niederschlagsmenge des Septembers                                                    | 15          | 4       | 3       |
| 10 | Tagesmittel der relativen Luftfeuchte des Februars                                   | 15          | 7       | 2       |
| 11 | Wärmemenge des Julis                                                                 | 15          | 8       | 3       |
| 12 | Wärmemenge Juni bis August                                                           | 15          | 9       | 2       |
| 13 | Bewölkung im März                                                                    | 15          | 9       | 2       |
| 14 | Summe der Minimumtemperaturen des Julis                                              | 14          | 5       | 7       |
| 15 | Zahl der Tage mit $> 0^{\circ}\text{C}$ Mitteltemperatur im Juli                     | 14          | 5       | 7       |
| 16 | Summe der Minimumtemperaturen des Augusts                                            | 14          | 7       | 5       |
| 17 | Jahresmittel der relativen Luftfeuchte, $14^{\text{oo}}$ Uhr-Termin                  | 14          | 8       | 2       |
| 18 | Mittlere relative Luftfeuchte des Februars, $14^{\text{oo}}$ Uhr-Termin              | 14          | 9       | 2       |
| 19 | Mittlere relative Luftfeuchte des März, $14^{\text{oo}}$ Uhr-Termin                  | 14          | 9       | 2       |
| 20 | Jahresniederschlag                                                                   | 13          | 7       | 2       |



Tabelle 3, B

|    |                                                                           |    |    |   |
|----|---------------------------------------------------------------------------|----|----|---|
| 21 | Zahl der Tage mit Maximaltemperaturen zwischen 15 und 20 °C im August     | 13 | 7  | 6 |
| 22 | Mittlere relative Luftfeuchte des Septembers, 14 <sup>00</sup> Uhr-Termin | 13 | 10 | 3 |
| 23 | Zahl der Tage mit < 0 °C im Mai, Tagesmittel                              | 13 | 11 | 2 |
| 24 | Bewölkung im September                                                    | 12 | 10 | 4 |
| 25 | Zahl der Tage mit Tagesmittel von < 0 °C im April                         | 12 | 10 | 4 |
| 26 | Mittlere relative Luftfeuchte des Aprils, 14 <sup>00</sup> Uhr-Termin     | 12 | 11 | 2 |
| 27 | Zahl der Tage mit Tagesmittel von < 0 °C im Juni                          | 12 | 12 | 2 |
| 28 | Bewölkung im Februar                                                      | 12 | 12 | 2 |
| 29 | Zahl der Tage mit Tagesmittel von < 0 °C im März                          | 11 | 7  | 8 |
| 30 | Zahl der Tage von > 0 °C Mitteltemperatur im Juni                         | 11 | 12 | 3 |
| 31 | Bewölkung im Oktober                                                      | 11 | 12 | 2 |
| 32 | Mittlere relative Luftfeuchte des August, 14 <sup>00</sup> Uhr-Termin     | 10 | 12 | 4 |
| 33 | Mittlere relative Luftfeuchte des Junis, 14 <sup>00</sup> Uhr-Termin      | 10 | 13 | 3 |
| 34 | Zahl der Tage mit Tagesmittel von > 0 °C im März                          | 9  | 10 | 7 |
| 35 | Zahl der Tage mit Tagesmittel von < 0 °C im Februar                       | 9  | 12 | 5 |
| 36 | Zahl der Tage mit Tagesmittel von > 0 °C im September                     | 9  | 14 | 3 |
| 37 | Wärmemenge des Mais                                                       | 9  | 14 | 3 |
| 38 | Wärmemenge des Junis                                                      | 9  | 16 | 1 |
| 39 | Zahl der Tage mit Tagesmittel von < 0 °C des Julis                        | 7  | 14 | 5 |
| 40 | Bewölkung im August                                                       | 6  | 14 | 6 |
| 41 | Niederschlagsmenge im August                                              | 5  | 14 | 3 |
| 42 | Zahl der Tage mit Tagesmittel von < 0 °C im August                        | 0  | 26 | 0 |

Tabelle 4

Positive, negative oder fehlende Korrelation zwischen einzelnen Klimaparametern des einen Jahres und dem Dickenwachstum der Pinus Cembra am Glungezer, Tirol, während des darauffolgenden Jahres, ausgedrückt in der Anzahl der Jahre mit gleichläufigen Kurven.

| Klimaparameter                                                          | Korrelation |         |         |
|-------------------------------------------------------------------------|-------------|---------|---------|
|                                                                         | positiv     | negativ | fehlend |
| 1 Zahl der Tage mit Tagesmittel von $> 0^{\circ}\text{C}$ im September  | 13          | 9       | 3       |
| 2 Zahl der Tage mit Tagesmittel von $< 0^{\circ}\text{C}$ im Oktober    | 11          | 6       | 8       |
| 3 Mittlere relative Feuchte des Septembers, 14 <sup>00</sup> Uhr-Termin | 11          | 9       | 5       |
| 4 Zahl der Tage mit Tagesmittel von $< 0^{\circ}\text{C}$ im November   | 11          | 9       | 5       |
| 5 Zahl der Tage mit Tagesmittel von $> 0^{\circ}\text{C}$ im November   | 11          | 11      | 3       |
| 6 Bewölkung im September                                                | 9           | 9       | 7       |
| 7 Bewölkung im Oktober                                                  | 9           | 12      | 4       |
| 8 Zahl der Tage mit Tagesmittel von $> 0^{\circ}\text{C}$ im Oktober    | 8           | 12      | 5       |
| 9 Niederschlagsmenge im September                                       | 5           | 13      | 3       |
| 10 Tagesmittel der relativen Feuchte des Septembers                     | 3           | 12      | 10      |
| 11 Mittlere relative Feuchte im November, 14 <sup>00</sup> Uhr-Termin   | 0           | 15      | 10      |

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://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): Frenzel Burkhard, Maisch Ingeborg

Artikel/Article: [Klimatische Analyse der Jahrringbreiteschwankungen an der alpinen Waldgrenze 399-416](#)