

| | |
|---------------------|---|
| Zeitschrift: | Mitteilungen der aargauischen Naturforschenden Gesellschaft |
| Herausgeber: | Aargauische Naturforschende Gesellschaft |
| Band: | 26 (1961) |
| | |
| Artikel: | Beiträge zu vergleichenden Untersuchungen über die Abhängigkeit des Dickenzuwachses der Bäume von Holzart, Standort und Klima |
| Autor: | Suter, Guido |
| Kapitel: | B: Analysierender Teil |
| DOI: | https://doi.org/10.5169/seals-172471 |

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 14.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

B. ANALYSIERENDER TEIL

Bis jetzt haben wir die Wachstumskurven einzelner Stämme miteinander verglichen, um die Abhängigkeit dieser Kurven von Holzart und Standort kennenzulernen. Im folgenden suchen wir nach den Ursachen für bestimmte Reaktionen und vor allem nach einer eventuellen Beziehung zwischen Jahrringkurve und Klima. Denn es steht außer Zweifel, daß günstige und ungünstige Lebensbedingungen auf das Wachstum Einfluß haben. Da die meisten diesbezüglichen Arbeiten in unsrern Gebieten in rein praktischer Hinsicht erstellt worden sind, hat man sich vor allem für die vieljährigen Veränderungen des Baumes interessiert, ohne die kleinen und scheinbar ganz regellosen Wechsel von Jahr zu Jahr zu berücksichtigen. Es war schon lange bekannt, daß in trockenen Jahren enge Jahrringe angelegt werden, in feuchten solche mit weitem Abstand. Diese Regel gilt jedoch nicht immer. Schon allein die Tatsache, daß im Innern des Stammes weite Ringe angetroffen werden, gegen die Rinde zu viel engere, führt zu mancherlei Schwierigkeiten. Die Ursache ist darin zu suchen, daß ein junger Baum viel rascher wächst als ein alter.

Dem Förster ist die Relation zwischen Holzzuwachs und Witterung begreiflicherweise sehr wichtig, weil die Größe der jährlichen Holzmassenerzeugung zum Teil von derselben beherrscht wird. Die Witterungsverhältnisse können aber auch das Leben junger Bestände in Frage stellen, vor allem wenn sie sich in hochgradigen Trockenperioden kundtun. Äußert sich z. B. das Klima als einer der wichtigsten Beeinflussungsfaktoren, so ergibt sich daraus, daß der klimatische Charakter eines jeden Jahres in der Holzregion ausgeprägt sein muß. Würde es nämlich gelingen, den jährlichen Gang der Witterungsverhältnisse auch nur im großen ganzen sicher zu erkennen, so würden die Bäume ein erhöhtes wissenschaftliches Interesse verdienen. Sie würden, wie BÖHMERLE sich ausdrückt, zu wahren metereologischen Jahrbüchern (Wien 1895).

1. Bisherige Ergebnisse über die Relation zwischen Wachstumskurve und Klima

Die Voraussetzungen für solche Untersuchungen sind in unsrern Klimagebieten nicht besonders günstig. Solche Arbeiten erwecken

eigentlich nur Interesse, wenn ein einziger Faktor den Allgemeincharakter des Klimas beherrscht. Von besonderem Interesse war bis jetzt der Regenfaktor, wie dies z. B. in der Arbeit von HEINRICH WALTER für das Gebiet des ehemaligen Deutsch-Südwestafrika zum Ausdruck kommt (*Naturwissenschaften* 1940), oder auch in den Arbeiten aus dem Gebiet von Nordamerika. Die amerikanischen Forscher verwendeten Mammutbäume aus den westlichen Gebirgen, wo vor allem die Niederschläge von Bedeutung sind. Aber gerade die Arbeiten von DOUGLASS (Washington 1919) und ANTEVS (Washington 1925) für Nordamerika zeigen die Schwierigkeiten dieser Untersuchungen. Die beiden Forscher kamen in den unabhängig voneinander gewonnenen Ergebnissen (Suche nach der zu einer bestimmten Wachstumskurve gehörenden Niederschlagskurve) zu einer Differenz von 6 %. Dieser Unterschied wäre angesichts der bestehenden Schwierigkeiten gering zu nennen. Es kann aber nicht übersehen werden, daß oft, wenn der eine der beiden einen Höchstwert eines Wetterelementes feststellte, der andere zu einem Minimalwert kam.

Arbeiten aus Skandinavien haben gezeigt, daß für die nördlichen Gebiete vor allem die Temperatureinwirkung von größter Bedeutung ist.

B. PRIMAULT (Zürich 1953) hat in seiner Arbeit, worin er *Picea excelsa* aus fünf verschiedenen Standorten der Schweiz vergleicht, festgestellt, daß der Wald nur in trockenen Regionen auf die Niederschlagsmenge reagiert. In den Voralpen dagegen spielt die Frühlingstemperatur die Hauptrolle. Er macht darauf aufmerksam, daß der Einfluß der Niederschläge mit zunehmender geographischer Breite und Höhe über Meer abnimmt, dagegen bei steigendem Trockenheitsindex zunimmt.

GERHARD SCHINDLER weist in einer Rezension darauf hin, daß Bäume aus der Niederung in ihrer Reaktion sensibler sind als solche auf den Bergen. Er stellt fest, daß in der Hauptsache der Niederschlag und die Sommertemperatur entscheidend für die Breite des Jahrringes sind.

Wir können zusammenfassen, daß nach allen Arbeiten der Standort für die Reaktionsfähigkeit des Baumes bestimmend ist. In unsren Gebieten sind die Verhältnisse insofern schwierig zu beurteilen, als der Einfluß von Temperatur und Niederschlag von Jahr zu Jahr

wechseln kann. Dazu sind diese Faktoren zeitlich und örtlich verschieden und können zudem in ihrer Gesamtheit von Bedeutung sein, so daß weder Niederschlag noch Temperatur besonders hervortreten.

2. Klimadaten und Vorgehen

Die Klimadaten wurden aus den meteorologischen Annalen entnommen und daraus die Mittelwerte bzw. die Summen errechnet. Für Zürich boten sich dabei keine Schwierigkeiten, wenn wir davon absehen, daß für den Botanischen Garten keine eigenen Messungen zur Verfügung standen. Brissago dagegen besitzt keine eigene meteorologische Meßstation. So wurden die Klimadaten von Locarno-Muralto gewählt. Aber auch hier waren Temperaturmonatsmittel erst ab 1900 verfügbar. Für die kurze Zeitspanne von 1879 bis 1900 wurden die Monatsmittel von Lugano verwendet, nachdem eine Kontrolle ergab, daß in den nachfolgenden Jahren keine großen Unterschiede im Verlauf der Klimakurven der beiden Stationen bestehen.

Auch Maloja besitzt keine Meßstation, weshalb die Daten von Sils-Maria gewählt werden. Diese Station entspricht auch in der Höhenlage am besten den Verhältnissen von Maloja.

Von den Einflüssen, welche auf die Vegetation einwirken, steht die Temperatur im Vordergrund. Wir sehen, daß im Winter die Vegetation stockt und daß sie im Frühjahr, wenn eine höhere Temperatur eintritt, wiedererwacht.

Treten im Frühjahr, wenn das Wachstum begonnen hat, kalte Tage ein, so hört das Wachstum der Pflanzen augenblicklich auf. Der Baum ist ohne Zweifel empfindlich gegen Veränderungen in der ihn umgebenden Luft. Der Einfluß der Temperatur ist aber ein mehrfacher, denn sie beeinflußt z. B. auch den Wassergehalt der Luft, welche bei höherer Temperatur ein größeres Quantum Wasserdampf aufzunehmen vermag als bei niedriger Temperatur.

Wir wollen deshalb so vorgehen, daß wir zunächst den Einfluß der Temperatur untersuchen, dann den Einfluß des Niederschlages, um hierauf die Bedeutung der beiden Faktoren zusammen auf das Baumwachstum zu betrachten.

3. Beeinflussung des Baumwachstums durch die Temperatur

Temperaturkurven und Wachstumskurven

(Tabellen I bis V im Anhang)

Die Jahrringkurven werden im folgenden mit der mittleren Jahres-temperaturkurve verglichen. Dabei müssen wir aber feststellen, daß die Betrachtung der Jahresmittel nicht genügen kann, da diese aus Temperaturen resultieren, die im Verlaufe eines Jahres ganz ver-schieden verteilt sein können, aber trotzdem ein ähnliches Tem-pe-raturnittel ergeben. Ein Baum wird jedoch verschieden darauf rea-gieren. Ein warmes Frühjahr, gefolgt von einem kühlen Spätjahr, kann das gleiche Jahresmittel ergeben wie die umgekehrte Vertei-lung. Das Wachstum des Baumes wird in beiden Fällen verschieden beeinflußt werden. Der Zuwachs, der uns interessiert, erfolgt in der Vegetationszeit. Wir müssen aus diesem Grunde untersuchen, in welcher Jahreszeit die Temperatur den größten Einfluß besitzt.

Wir vergleichen deshalb die Wachstumskurven mit den mittleren Temperaturen für die Zeitabschnitte Februar bis April, April bis Juni, April bis Juli, April bis Oktober und der mittleren Jahres-temperatur.

Betrachten wir nur die Jahrestemperaturkurve für Zürich von 1864 an, so stellen wir ein Ansteigen bis 1868 fest. Dann fällt die Kurve steil bis 1871, um von neuem anzusteigen. Mit kleinen Unter-brechungen fällt sie bis 1887, nachdem sie 1879 ein ausgesprochenes Minimum erreicht hatte. Von diesem Zeitpunkt an steigt die Kurve bis 1893, um nachher bis 1896 wieder abzusinken. Einen weitern Tief-punkt erreicht sie 1901, dann steigt sie bis 1904 wieder an. Nachdem die Kurve bis 1909 wieder abfällt, steigt sie 1911 ziemlich rasch. Die Temperatur fällt und steigt dann während einer Reihe von Jahren bis 1921, wo ein Maximum eintritt. Auch weiterhin verläuft die Kurve wechselhaft, bis sie 1940 einen Tiefpunkt erreicht, dann rasch ansteigt bis 1943, um hernach leicht abzunehmen und wieder anzusteigen.

Teilen wir den ganzen Zeitraum in Perioden ein und vergleichen wir die Werte mit den langjährigen Mittelwerten, wie sie in den meteorologischen Annalen angegeben sind, so erhalten wir folgendes Bild. Von 1864 an haben wir zunächst Jahre mit kälteren Wintern und wärmeren Sommern vorgefunden. Um die Jahrhundertwende findet sich eine Übergangszeit, welche schließlich in eine Periode

mit wärmeren Wintern und kühleren Sommern übergeht. 1904 steigen die Temperaturkurven an, um nach einem leichten Sinken 1911 ein erneutes Maximum aufzuweisen. 1917 zeigen die Kurven einen kalten Winter und ein kaltes Frühjahr an, während die Sommertemperaturen ansteigen. Weitere ausgesprochene Temperaturminima sind 1922 und 1929 feststellbar. Dazwischen steigen und sinken die Temperaturen mehr oder weniger stark. 1934 und 1943 weisen sämtliche Kurven ein Maximum auf.

Der Vergleich mit der mittleren Temperaturkurve von Locarno ergibt außer der Feststellung, daß die Tessiner Kurven durchwegs höhere Werte aufweisen, nur 8 sehr geringfügige Unterschiede. Auch ein Vergleich mit den mittleren Jahrestemperaturen von Maloja zeigt eine sehr gute Übereinstimmung. Allerdings sind die mittleren Temperaturen von Maloja sehr niedrig.

In den folgenden Darstellungen sind mit Ausnahme für die Beispiele von Brissago nicht alle Temperaturkurven eingezeichnet. Um die Zahl der Zeichnungen zu beschränken und die einzelnen Blätter nicht zu stark zu belasten, wurden die längeren Wachstumskurven und die mittleren Temperaturkurven für die Zeiten Februar bis April, April bis Juli und das ganze Jahr eingetragen.

4. Übereinstimmung der Wachstumskurven mit den verschiedenen Temperaturkurven in %

| Stamm | Februar bis April | April bis Juni | April bis Juli | April bis Oktober | Jahres- tempe- ratur |
|------------------------------------|-------------------------|----------------------|----------------------|-------------------------|----------------------------|
| <i>a) Zürich</i> | | | | | |
| <i>aa) Nadelhölzer</i> | | | | | |
| Nr. 1 <i>Pinus nigra</i> | 48,15 | 53,08 | 54,32 | 56,79 | 55,55 |
| Nr. 4 <i>Pinus excelsa</i> | 54,28 | 47,06 | 45,72 | 47,06 | 38,23 |
| Nr. 13 <i>Sequoia gigantea</i> | 56,45 | 50 | 51,61 | 53,25 | 50 |
| Nr. 14 <i>Sequoia gigantea</i> | 79,17 | 45,83 | 11 | 50 | 75 |
| Nr. 15 <i>Abies alba</i> | 54,16 | 50 | 45,84 | 45,84 | 54,16 |
| Nr. 16 <i>Larix decidua</i> | 56,97 | 51,85 | 38,27 | 46,91 | 56,79 |
| Nr. 17 <i>Taxus baccata</i> | 51,67 | 50 | 43,33 | 46,67 | 50 |
| Nr. 18 <i>Cryptomeria japonica</i> | 72,72 | 45,45 | 45,45 | 31,81 | 50 |
| Durchschnitt | 59,2 | 49,16 | 46,82 | 47,29 | 53,71 |

| Stamm | Februar bis April | April bis Juni | April bis Juli | April bis Oktober | Jahres- tempe- ratur |
|---------------------------------------|-------------------------|----------------------|----------------------|-------------------------|----------------------------|
| <i>ab) Laubhölzer</i> | | | | | |
| Nr. 19 <i>Acer pseudoplatanus</i> | 61,44 | 53,01 | 44,57 | 50,6 | 47,0 |
| Nr. 20 <i>Ulmus campestris</i> | 51,85 | 53,08 | 54,33 | 61,72 | 58,02 |
| Nr. 21 <i>Ulmus montana</i> | 52,94 | 41,17 | 44,11 | 55,89 | 64,7 |
| Nr. 22 <i>Ulmus species</i> | 46,34 | 53,66 | 48,78 | 53,66 | 60,97 |
| Nr. 23 <i>Ulmus hollandica</i> | 64,81 | 50 | 57,4 | 55,55 | 66,66 |
| Nr. 24 <i>Populus monilifera</i> | 40,74 | 59,26 | 58,02 | 50,61 | 50,61 |
| Nr. 25 <i>Tilia platyphyllos</i> | 55,69 | 46,83 | 49,36 | 44,31 | 54,43 |
| Nr. 26 <i>Salix babylonica</i> | 53,12 | 45,31 | 48,43 | 46,88 | 53,12 |
| Nr. 27 <i>Salix medenii</i> | 62,06 | 55,17 | 51,72 | 48,83 | 68,96 |
| Nr. 28 <i>Prunus mahaleb</i> | 64,15 | 64,15 | 62,26 | 43,41 | 52,83 |
| Nr. 29 <i>Juglans cinerea</i> | 45,76 | 59,49 | 64,41 | 50,84 | 44,06 |
| Nr. 30 <i>Liriodendron tulipifera</i> | 48,57 | 48,57 | 51,43 | 48,57 | 54,28 |
| Nr. 31 <i>Robinia pseudacacia</i> | 50 | 55,55 | 38,89 | 77,78 | 55,55 |
| Nr. 32 <i>Catalpa bignonioides</i> | 56,04 | 58,24 | 62,63 | 58,24 | 59,34 |
| Nr. 33 <i>Sophora japonica</i> | 42,69 | 59,55 | 60,67 | 51,68 | 52,8 |
| Nr. 34 <i>Gleditschia triacanthos</i> | 50 | 55,55 | 54,55 | 51,11 | 61,11 |
| Nr. 35 <i>Cercis siliquastrum</i> | 52,83 | 39,62 | 43,39 | 45,28 | 56,61 |
| Nr. 36 <i>Phellodendron japonica</i> | 46,15 | 53,85 | 50 | 42,3 | 50 |
| Durchschnitt | 52,51 | 52,89 | 52,50 | 52,07 | 56,17 |
| <i>b) Maloja</i> | | | | | |
| Nr. 5 <i>Pinus cembra</i> | 57,89 | 58,1 | 55,4 | 47,29 | 50 |
| Nr. 6 <i>Pinus cembra</i> | 51,56 | 51,61 | 45,16 | 43,54 | 54,84 |
| Nr. 7 <i>Pinus cembra</i> | 50 | 54,16 | 50 | 41,66 | 41,66 |
| Nr. 8 <i>Pinus cembra</i> | 49,33 | 49,31 | 45,2 | 50,68 | 52,06 |
| Nr. 9 <i>Pinus cembra</i> | 53,75 | 51,28 | 56,41 | 47,43 | 56,41 |
| Nr. 10 <i>Pinus cembra</i> | 64 | 52,05 | 58,9 | 58,9 | 60,27 |
| Nr. 11 <i>Pinus cembra</i> | 54,76 | 50 | 56,09 | 60,97 | 58,53 |
| Durchschnitt | 54,47 | 52,36 | 52,45 | 50,07 | 53,39 |
| <i>c) Brissago</i> | | | | | |
| Nr. 2 <i>Pinus sabineana</i> | 54,54 | 54,54 | 56,06 | 53,03 | 54,54 |
| Nr. 3 <i>Pinus pinaster</i> | 66,66 | 50 | 55,55 | 61,11 | 66,66 |
| Nr. 12 <i>Sequoia gigantea</i> | 50 | 45 | 43,33 | 55 | 53,33 |
| Durchschnitt | 57,07 | 49,85 | 51,65 | 56,38 | 58,18 |

Bei der Durchsicht der Tabelle S. 164/5 erkennen wir sofort, daß eine gänzliche Übereinstimmung mit einer der verschiedenen Temperaturkurven nicht vorhanden ist. Eine Übereinstimmung ist wohl angedeutet, aber nicht überzeugend. Die Nadelbäume des Gebietes von Zürich stimmen in erster Linie mit der mittleren Temperatur von Februar bis April überein, gefolgt von der mittleren Jahres temperatur, während die übrigen Temperaturkurven ziemlich abfallen. Bei den Laubhölzern zeigt die mittlere Jahrestemperatur die größte Übereinstimmung, während die übrigen Kurven ein ziemlich ausgeglichenes Bild zeigen. Bei den Nadelhölzern Malojas zeigen im Durchschnitt wieder die Temperaturen von Februar bis April und die mittlere Jahrestemperatur die größte Übereinstimmung. Die Jähringkurven der Stämme von Brissago zeigen eine etwas größere Übereinstimmung mit den Temperaturkurven, die größte aber wieder mit der mittleren Jahrestemperatur und der Zeit Februar bis April.

Vergleichen wir die Mittelkurve von *Pinus cembra* mit den entsprechenden Temperaturkurven, so erhalten wir folgende übereinstimmende Werte: Februar bis April 60,76 %, April bis Juni 46,15 %, April bis Juli 44,87 %, April bis Oktober 47,44 % und Jahrestemperatur 50 %. Die Werte sind hier eindeutiger, wie wir das von früheren Vergleichen her gewohnt sind. Ohne Zweifel ist hier die Temperatur von Februar bis April von größtem Einfluß, gefolgt von der mittleren Jahrestemperatur.

Bis jetzt haben wir nur die Durschnschnittswerte betrachtet. Wir vergleichen nun auch die erhaltenen absoluten Übereinstimmungswerte der einzelnen Objekte und geben jeder Wachstumskurve für die einzelnen Jahresabschnitte Rangpunkte, entsprechend ihren Übereinstimmungswerten. Für die Nadelhölzer von Zürich ist das Resultat wieder eindeutig. Bei allen Stämmen, mit Ausnahme der *Pinus nigra*, zeigen die mittleren Temperaturen von Februar bis April die größte Übereinstimmung. Ihr folgt die mittlere Jahrestemperatur, während die übrigen Temperaturkurven in ihrem Einfluß nicht stark voneinander abweichen, aber gegenüber den beiden zuerst erwähnten Kurven stark abfallen.

Die Laubbäume aus dem Gebiet von Zürich ergeben ein außerordentlich verwirrendes Bild, indem die einzelnen Stämme eine ganz verschiedene Übereinstimmung aufweisen. Bei den einheimischen Baumarten ist es aber doch so, daß die mittlere Jahrestemperatur

den größten Einfluß zu haben scheint, gefolgt von der Temperatur Februar bis April. Bei den kultivierten Arten ist das Bild nicht so einheitlich. Wohl scheint wieder die mittlere Jahrestemperatur den größten Einfluß zu haben, die Temperaturmittel Februar bis April dagegen zeigen keine Übereinstimmung mehr, während die Temperaturmittel April bis Juni und April bis Juli dem Einfluß der mittleren Jahrestemperatur folgen.

Bei der Betrachtung der gewonnenen Einzelkurven von Maloja und Brissago erhalten wir eine Bestätigung der Durchschnittswerte und ihrer Bedeutung.

Beim Vergleich sämtlicher Zuwachskurven der untersuchten Bäume mit den verschiedenen Temperaturkurven stellen wir fest, daß die mittlere Jahrestemperaturkurve die größte Übereinstimmung zeigt. Dazu müssen wir noch berücksichtigen, daß eine positive Reaktion im Sinne der Temperaturkurve vielfach erst im folgenden Jahr in Erscheinung tritt. Dies wird ohne weiteres verständlich, wenn wir eine Analyse des Baumes durchführen, wie dies von verschiedenen Forschern in übereinstimmender Weise getan wurde. Sie haben nämlich festgestellt, daß die erzeugten Assimulationsprodukte nicht in ihrer Gesamtheit sofort zum Aufbau organischer Substanzen verwendet werden. Eine Untersuchung des Holzes im Herbst und im Winter zeigt, daß dieses eine große Menge Reservestoffe enthält. Die Menge dieser Reservestoffe bleibt, wie CIESLAR (*Forstwesen* 33 [1903]) nachgewiesen hat, vom Spätherbst bis zum Ausbruch der Vegetation im Frühjahr annähernd gleich groß, so daß wir von einem Verbrauch im Winter nicht sprechen können. Zu Beginn der Vegetation, wenn die Knospen mit ihrer Entfaltung beginnen, sind die im Vorjahr erzeugten Assimilate der Vorrat, aus denen der Baum zunächst seine Baustoffe schafft. Die Menge der in den Speichergeweben vorhandenen Stoffe nimmt bis in den Sommer hinein ab. Es besteht also kein Zweifel darüber, daß während dieser ganzen Zeit die im Vorjahr gebildeten Baustoffe für die vegetative Tätigkeit des Baumes von Bedeutung sind. Aus diesem Grunde ist es begreiflich, daß die mittlere Jahrestemperatur nicht nur auf das Wachstum des betreffenden Jahres, sondern auch auf dasjenige des nächsten und eventuell übernächsten Jahres einwirkt.

Die mittlere Jahrestemperatur, die den größten Einfluß auf das Wachstum zeigt, wird vor allem durch die kühleren Monate be-

einflußt. Wir sehen aber auch, daß die Temperaturen der Monate Februar bis April von ausschlaggebender Bedeutung sind. Der Einfluß dieser Frühjahrstemperaturen dürfte vor allem im Wachstum des gleichen Jahres zum Ausdruck kommen. Denn von der Temperatur der ersten Monate hängt der Eintritt des Frühlingswertes ab, d. h. der Zeitpunkt des Wachstumsbeginnes. Dieser kann zu verschiedenen Zeiten eintreten. Die ersten warmen Tage werden dafür sorgen, daß die Reservestoffe, die im Vorjahr gebildet wurden, mobil gemacht werden.

Die Übereinstimmung der Temperaturmittel April bis Juli und April bis Oktober mit dem Gang des Dickenwachstums ist gering. Allerdings trifft dies ebenfalls ein, aber mit einer Ausnahme (*Pinus nigra*) nur bei Laubbäumen und besonders bei fremdländischen, bei uns kultivierten Arten. In diesen Ausnahmefällen ist eine starke Nachwirkung im folgenden Jahr feststellbar. Es scheint, daß bei Laubbäumen vor allem die Temperaturen des Vorjahres von Bedeutung sind, was mit der Entwicklung der Knospen zusammenhangen dürfte.

Das Wachstum des Baumes ist zur Hauptsache im August abgeschlossen. Vom Juli an steigen die Reservestoffe wieder an. Also wird auch die Temperatur dieser Monate bis zum Laubfall auf das folgende Jahr von Einfluß sein.

Wir sind wohl berechtigt, anzunehmen, daß eine höhere Lufttemperatur eine größere Zuwachsleistung im gleichen oder im folgenden Jahr herbeiführt. Zur Nachprüfung dieser Annahme suchen wir ausgesprochene Minima und Maxima der mittleren Jahres temperaturkurve in möglichst vielen Stämmen auf. Von größter Bedeutung sind die tiefern Temperaturen, da die mittlere Jahres temperatur davon besonders stark beeinflußt wird.

Dieser Vergleich ergibt, daß die Nadelhölzer eine bessere Übereinstimmung mit den Extremwerten zeigen als die Laubhölzer. Zudem ist die Übereinstimmung mit den Minima besser als mit den Maxima. Kultivierte Laubhölzer sprechen auf Kälteeinbrüche in der Vegetationszeit an. Gegen kühle Sommerwitterung sind die Nadelhölzer dagegen nicht so empfindlich. Auch bei diesem Vergleich fällt auf, daß ein Kurvenminimum ein bis zwei Jahre nach dem verursachenden Klimaereignis eintreten kann. Es gibt auch Fälle, wo die Wachstumskurve anfängt zu sinken, ohne daß ein Minimum ein-

tritt. Es kommt ganz sicher darauf an, wann im Verlaufe des Jahres der Kälte- oder Wärmeeinbruch stattfindet. Während der Vegetationsperiode eingetretene Ursachen werden erst im nächsten oder übernächsten Jahr wirksam sein.

Bevor wir daran gehen, verschiedene Temperaturminima in den einzelnen Stämmen aufzusuchen, wollen wir den Einfluß der Niederschläge untersuchen. Denn wir sind uns bewußt, daß die Entstehung des Jahrringes das Ergebnis eines kombinierten Einflusses von Temperatur und Niederschlag ist und nicht nur eines einzigen Klimafaktors.

5. Beeinflussung des Baumwachstums durch die Niederschläge

(Tabellen VI bis X im Anhang)

Unsere Bäume reagieren in ihrem Wachstum nicht nur auf die Temperatur, sondern auch auf die Niederschläge. Denn eine hohe Temperatur ohne Niederschlag bewirkt eine Trockenperiode, die unter Umständen verheerend wirken kann. Diese Tatsache muß notwendigerweise eine gewisse Regellosigkeit zur Folge haben. Der Niederschlag ist, wenn wir seine Summenkurven in verschiedenen Jahren vergleichen, eine trügerische Erscheinung. Manchmal folgen die Kurven in ihrem Verlauf der Temperatur, manchmal invertieren sie deutlich oder verhalten sich ganz unregelmäßig.

Im folgenden Abschnitt stellen wir die gleichen Betrachtungen an, wie wir das für die Temperatur getan haben. Vergleichen wir die Niederschlagssummen mit den langjährigen Mitteln, so können wir feststellen, daß die Jahre von 1864 an niederschlagsreicher waren als die Jahre nach der Jahrhundertwende. Dabei ist noch zu berücksichtigen, daß die Kurven von Zürich im Jahre 1890 einen Bruch aufweisen. Die Daten vor 1890 sind zu hoch, im ungünstigsten Fall bis 10 %. Diese Erscheinung hängt mit dem damaligen Umzug der Meteorologischen Zentralanstalt zusammen. Der allgemeine Verlauf der Kurven bleibt sich aber im Durchschnitt gleich. Die Zeit um die Jahrhundertwende können wir wieder als Übergangszone bezeichnen. Der Niederschlag eines Jahres ist viel weniger konstant als die mittlere Jahrestemperatur. Daher dürfen wir keine Regelmäßigkeit der Kurven erwarten. Und doch lohnt es sich auch hier, die Niederschlagsverhältnisse einzelner Monate kenn-

zulernen. Wenn wir die Zahlen der Monate Dezember und Januar verfolgen, so müssen wir feststellen, daß nach der Jahrhundertwende ein Übergang aus einer trockenen in eine nasse Zeitperiode stattfand. Vergleichen wir die Zahlen der Sommermonate, so waren die Sommer vor 1900 im Durchschnitt feuchter als nach der Jahrhundertwende. Fassen wir diese Feststellungen zusammen, so können wir festlegen, daß von 1864 bis 1900 eine Periode mit trockenen Wintern und nassen Sommern herrschte, nachher eine solche mit vorwiegend nassen Wintern und trockenen Sommern.

Betrachten wir zunächst die Jahresniederschlagskurven aus unseren verschiedenen Untersuchungsgebieten. Dabei kann festgestellt werden, daß die Niederschläge recht unterschiedlich verteilt sind. Die Übereinstimmung zwischen den Jahressummenkurven ist gering. Sie beträgt zwischen Zürich und Brissago nur 59,01 %, zwischen Zürich und Maloja 61,62 % und zwischen Brissago und Maloja 65,57 %. Zudem können wir feststellen, daß im Tessin bedeutend mehr Niederschläge fallen als in Zürich, während Maloja die geringsten Niederschlagsmengen aufweist.

Die Bäume reagieren in ihrem Wachstum aber nicht nur auf die jährlichen Niederschlagsmengen, sondern auch auf die Regenverteilung im Jahreslauf. Deshalb wollen wir bei der Betrachtung der Niederschläge in Zusammenhang mit dem Baumwachstum gleich vorgehen wie bei der Temperatur. Wir werden die Niederschlagssummen für die verschiedenen Jahresabschnitte in den Vergleich einbeziehen. Gleichzeitig tragen wir einen Vergleich der Wachstumskurven mit der relativen Luftfeuchtigkeit in die Tabelle.

Bei den gezeichneten graphischen Darstellungen wird gleich vorgegangen wie beim Vergleich der Temperaturen mit den einzelnen Wachstumskurven.

6. Übereinstimmung der Wachstumskurven mit den Niederschlagssummen verschiedener Jahresabschnitte und mit der relativen Luftfeuchtigkeit in Prozenten

| Stamm | Februar bis April | April bis Juni | April bis Juli | April bis Oktober | Jahressumme | Relative Luftfeuchtigkeit |
|---------------------------------------|-------------------|----------------|----------------|-------------------|-------------|---------------------------|
| a) Zürich | | | | | | |
| aa) Nadelhölzer | | | | | | |
| Nr. 1 <i>Pinus nigra</i> | 50,62 | 54,32 | 59,25 | 49,38 | 58,02 | 53,03 |
| Nr. 4 <i>Pinus excelsa</i> | 52,94 | 50,00 | 52,94 | 47,06 | 52,94 | 50,00 |
| Nr. 13 <i>Sequoia gigantea</i> | 56,45 | 50,00 | 40,32 | 48,38 | 41,93 | 59,68 |
| Nr. 14 <i>Sequoia gigantea</i> | 45,83 | 58,33 | 41,66 | 41,66 | 58,33 | 62,50 |
| Nr. 15 <i>Abies alba</i> | 45,83 | 41,66 | 45,84 | 45,84 | 45,84 | 60,87 |
| Nr. 16 <i>Larix decidua</i> | 54,32 | 59,26 | 67,90 | 67,90 | 64,20 | 60,61 |
| Nr. 17 <i>Taxus baccata</i> | 51,67 | 50,00 | 68,30 | 55,00 | 58,33 | 52,63 |
| Nr. 18 <i>Cryptomeria japonica</i> | 54,54 | 72,72 | 68,18 | 59,09 | 59,09 | 77,27 |
| Durchschnitt | 51,52 | 54,53 | 55,55 | 51,78 | 54,83 | 59,57 |
| ab) Laubhölzer | | | | | | |
| Nr. 19 <i>Acer pseudoplatanus</i> | 61,44 | 60,24 | 57,83 | 55,42 | 55,42 | 63,33 |
| Nr. 20 <i>Ulmus campestris</i> | 45,68 | 53,08 | 48,14 | 46,91 | 39,50 | 59,09 |
| Nr. 21 <i>Ulmus montana</i> | 48,52 | 51,48 | 47,06 | 41,17 | 45,58 | 54,42 |
| Nr. 22 <i>Ulmus species</i> | 53,65 | 56,09 | 48,78 | 65,85 | 48,78 | 70,73 |
| Nr. 23 <i>Ulmus hollandica</i> | 44,44 | 31,48 | 42,59 | 46,29 | 51,85 | 61,11 |
| Nr. 24 <i>Populus monilifera</i> | 48,14 | 45,68 | 43,21 | 55,55 | 55,55 | 61,19 |
| Nr. 25 <i>Tilia platyphyllos</i> | 59,49 | 59,49 | 53,16 | 50,63 | 48,10 | 68,75 |
| Nr. 26 <i>Salix babylonica</i> | 54,68 | 62,50 | 54,68 | 45,32 | 45,32 | 50,00 |
| Nr. 27 <i>Salix medenii</i> | 62,06 | 51,72 | 51,72 | 37,94 | 55,17 | 75,86 |
| Nr. 28 <i>Prunus mahaleb</i> | 58,49 | 50,94 | 50,94 | 56,60 | 56,60 | 62,26 |
| Nr. 29 <i>Juglans cinerea</i> | 54,23 | 57,62 | 47,42 | 55,94 | 47,45 | 50,00 |
| Nr. 30 <i>Liriodendron tulipifera</i> | 48,57 | 45,71 | 48,57 | 42,85 | 51,43 | 51,43 |
| Nr. 31 <i>pseudacacia</i> | 50,00 | 50,00 | 44,44 | 38,89 | 38,89 | 55,55 |
| Nr. 32 <i>Catalpa bignonioides</i> | 53,84 | 50,54 | 49,46 | 50,54 | 48,35 | 56,57 |
| Nr. 33 <i>Sophora japonica</i> | 51,68 | 44,94 | 49,43 | 47,19 | 47,19 | 51,35 |
| Nr. 34 <i>Gleditschia triacanthos</i> | 50,00 | 44,44 | 54,44 | 48,88 | 42,22 | 54,66 |
| Nr. 35 <i>Cercis siliquastrum</i> | 60,37 | 62,26 | 54,71 | 56,60 | 54,71 | 62,26 |
| Nr. 36 <i>Phellodendron japonica</i> | 53,84 | 61,53 | 61,53 | 61,53 | 53,84 | 61,53 |
| Durchschnitt | 53,28 | 52,21 | 50,45 | 50,22 | 49,22 | 59,45 |

| Stamm | Februar bis April | April bis Juni | April bis Juli | April bis Oktober | Jahres- summe | Relative Luft feuchtig- keit |
|--------------------------------|-------------------------|----------------------|----------------------|-------------------------|------------------|---------------------------------------|
| <i>b) Maloja</i> | | | | | | |
| Nr. 5 <i>Pinus cembra</i> | 62,82 | 51,28 | 55,12 | 56,41 | 47,43 | 62,85 |
| Nr. 6 <i>Pinus cembra</i> | 57,57 | 53,03 | 62,12 | 54,54 | 56,06 | 60,00 |
| Nr. 7 <i>Pinus cembra</i> | 48,07 | 51,03 | 57,69 | 59,61 | 59,61 | 71,73 |
| Nr. 8 <i>Pinus cembra</i> | 50,65 | 58,33 | 50,65 | 67,53 | 64,93 | 62,85 |
| Nr. 9 <i>Pinus cembra</i> | 54,87 | 58,53 | 62,19 | 58,53 | 62,19 | 62,85 |
| Nr. 10 <i>Pinus cembra</i> | 57,14 | 55,84 | 51,94 | 53,24 | 53,24 | 60,00 |
| Nr. 11 <i>Pinus cembra</i> | 47,67 | 53,48 | 47,67 | 51,16 | 52,33 | 57,14 |
| Durchschnitt | 54,11 | 54,63 | 55,34 | 57,29 | 56,54 | 62,49 |
| <i>c) Brissago</i> | | | | | | |
| Nr. 2 <i>Pinus sabineana</i> | 47,54 | 50,82 | 49,19 | 50,81 | 47,54 | 56,25 |
| Nr. 3 <i>Pinus pinaster</i> | 27,78 | 38,89 | 50,00 | 61,11 | 50,00 | 44,44 |
| Nr. 12 <i>Sequoia gigantea</i> | 41,37 | 53,44 | 50,00 | 55,17 | 48,27 | 54,16 |
| Durchschnitt | 38,89 | 47,71 | 49,73 | 55,69 | 48,60 | 51,61 |

Eine erste Durchsicht der Resultate von S. 171/2 zeigt, daß die Übereinstimmung wiederum nur sehr gering angedeutet ist. Teilweise läßt sich eine solche überhaupt nicht feststellen. Für die Nadelhölzer aus dem Gebiet von Zürich und Maloja sind die Resultate etwas besser als für die Temperaturen, im Gegensatz zu den Laubbäumen aus dem Gebiet der Stadt Zürich und den Nadelhölzern von Brissago.

Dieses erste Ergebnis läßt sich dahin deuten, daß das Wachstum der Nadelhölzer in unseren Gebieten eher den Niederschlägen folgt, dasjenige der Laubbäume eher der Temperatur. Für Brissago haben wir bereits früher festgestellt, daß die Niederschläge reichlich vorhanden sind. Deshalb ist es begreiflich, daß die Temperatur den größeren Einfluß ausübt. In größerer Höhe, wie beim Beispiel Maloja, ist der Niederschlag spärlich vorhanden, was eine entsprechende Reaktion hervorruft.

Wir können weiter feststellen, daß im Durchschnitt die Wachstumskurven der zürcherischen Nadelhölzer vor allem den Niederschlägen während der Vegetationszeit folgen. Einen geringen Ein-

fluß zeigen die Niederschläge im Frühjahr. Anders ist das Resultat bei den Laubbäumen. Hier sind die Frühjahrsniederschläge von größerer Bedeutung als diejenigen der Vegetationszeit oder die Niederschläge des gesamten Jahres. Im Gebiet von Maloja haben die Frühjahrsniederschläge nur geringen Einfluß, während die größte Übereinstimmung mit den Niederschlägen Vegetationszeit/Herbst und der jährlichen Niederschlagsmenge besteht.

Für Brissago sind es wieder die Niederschläge während des Herbstes und der eigentlichen Vegetationszeit, die eine positive Reaktion hervorrufen.

Sehen wir von den Durchschnittswerten ab und vergleichen wir die absoluten Übereinstimmungswerte der einzelnen Objekte mit den einzelnen Niederschlagskurven, so wird das Bild recht mannigfaltig und verwirrend. Wir geben wieder jeder Wachstumskurve für die einzelnen Jahresabschnitte Rangpunkte entsprechend ihrer Übereinstimmung mit den Niederschlagskurven. Das Resultat, im ganzen betrachtet, entspricht den bereits erwähnten Durchschnittswerten. Überblickt man jedoch die Einzelobjekte, so muß man sofort feststellen, daß man nicht alle Objekte gleich beurteilen kann. Verschiedene Objekte zeigen mit den Niederschlagsmengen verschiedener Jahresabschnitte eine große Übereinstimmung. Für die Nadelhölzer aus dem Raume Zürich ist das Resultat eindeutig, indem mit Ausnahme der *Sequoia gigantea* alle Stämme den Niederschlägen während der Vegetationszeit folgen.

Viel uneinheitlicher ist das Bild für die Laubbäume (die gleiche Feststellung mußte bereits bei der Temperatur gemacht werden). Bald folgt ein Stamm mehr den Frühjahrsniederschlägen, bald mehr jenen der eigentlichen Vegetationszeit. Im gesamten betrachtet scheinen aber doch die Niederschläge Februar bis April und April bis Juni von größter Bedeutung zu sein.

Auch für die Stämme aus Maloja ist das Resultat nicht eindeutig, im Gegensatz zu den Stämmen von Brissago, die mit den Niederschlägen von April bis Oktober am besten übereinstimmen.

Betrachtet man das Gesamtbild, so haben die Niederschlagsmengen während der Vegetationszeit die größte Wirkung auf unsere Untersuchungsobjekte. Wie bereits früher müssen wir die Feststellung machen, daß eine positive Reaktion oft erst im nächsten Jahr zu bemerken ist. Die herbstlichen Niederschläge werden zusammen

mit den günstigen Temperaturverhältnissen dieser Zeit für die Speicherstoffe sorgen, die im kommenden Jahr Verwendung finden. Dies gilt in erster Linie für die Laubbäume. Besonders ungünstig dürfte sich eine Dürreperiode zur Zeit der ersten Laubentwicklung auswirken, auch wenn das übrige Jahr recht niederschlagsreich ist. Der Wachstumsbeginn, d. h. der Frühlingswert, wird ja bestimmt durch die höhere Temperatur in dieser Zeit. Wohl können zum ersten Wachstum Speicherstoffe mobil gemacht werden. Bleiben aber die Niederschläge aus, so können die Bedürfnisse der Pflanze nicht mehr erfüllt werden. Weiter ist zu bedenken, daß nur das in den Boden eindringende Wasser von Bedeutung sein kann, d. h. die Niederschläge werden erst in Form von Bodenfeuchtigkeit wirksam. Der in tieferen Schichten gespeicherte Wasservorrat ist für das Wachstum wichtiger als der momentane Niederschlag. Zwischen Regenmenge und Abflußmenge besteht aber kein Verhältnis, weil die letztere sehr stark von der Regendichte abhängt. Auf diese Weise lassen sich unsere Resultate in der Tabelle S. 171/2 auch deuten. Während die Nadelhölzer in ihrem Wachstum eindeutig den Niederschlägen während der Vegetationszeit folgen, sind es für die Laubbäume im ganzen gesehen ebenso eindeutig die Frühjahrsniederschläge, die eine positive Reaktion hervorrufen, weil die Niederschläge in dieser Zeit notwendig sind.

In Zürich und Umgebung fallen regelmäßige und reichliche Niederschläge. Im 40jährigen Mittel fallen im offenen Gelände April 89 mm, Mai 105 mm, Juni, Juli und August 132 bis 135 mm und im September 102 mm. Es ergibt sich also ein deutliches Niederschlagsmaximum in den Monaten Juni, Juli und August. Schon CIESLAR (*Forstwesen 1907*) hat in seinen Arbeiten darauf hingewiesen, daß der Minimumsfaktor von besonderer Wichtigkeit sei. Nun besteht für die Laubbäume eine solches Minimum im Frühjahr, weil dort ziemlich viel Niederschlag gebraucht wird, jedoch relativ wenig Niederschlag fällt. Aus der Tabellenzusammenstellung S. 171/2 sehen wir im weitern auch, daß die Niederschläge während der Vegetationszeit nicht bedeutungslos sind. Wir können das wahrscheinlich so erklären, daß zur Zeit des größten Niederschlages das Blätterwerk der Bäume am mächtigsten entwickelt ist und deshalb ein bestimmter Anteil der Niederschlagsmenge zurückgehalten wird. Dadurch kann aber wieder ein Minimum entstehen.

Unser Gesamteindruck, daß die während der Vegetationszeit zur Verfügung stehenden Niederschlagsmengen den größten Einfluß ausüben, ergibt sich auch aus einem Vergleich der Maxima und Minima in den verschiedenen Kurven. Suchen wir in den Wachstumskurven die Jahre 1884, 1893, 1906, 1911, 1921, 1928, 1934 und 1943 auf, die in der Vegetationsniederschlagskurve ein deutliches Minimum zeigen, so stellen wir fest, daß auch die meisten Wachstumskurven im gleichen oder folgenden Jahr eine Senkung aufweisen. Auf diese Tatsache soll noch eingetreten werden.

7. Wachstumskurven und Witterung allgemein

Betrachten wir die Übereinstimmungsgrößen, die wir im vorhergehenden berechnet haben, als Ganzes, so stellen wir eindeutig fest, daß ein Parallelismus zu einem einzelnen Witterungsfaktor bei den Holzarten nicht besteht. Wie sich jetzt unschwer feststellen läßt, ist der Jahrring wirklich das Ergebnis eines kombinierten Einflusses von Temperatur und Niederschlag. Wohl kann gesagt werden, daß die eine Holzart mehr der Temperatur folgt, die andere mehr dem Niederschlag, da ja die Reaktionsweise von Art zu Art ändert. Temperatur und Niederschlag sind nicht durchwegs gesetzmäßig verknüpft, müssen sich demzufolge auch in ihrer Auswirkung stören. Der Zusammenhang zwischen Klima und Jahrringbau wird am besten zu erkennen sein, wenn in Extremjahren ein bestimmter Klimafaktor ein Übergewicht aufweist. Mit andern Worten: Eine gleichartige Reaktion erfolgt bei den verschiedenen Holzarten bei extremer Kälte oder Dürre oder auch beim Zusammentreffen weniger starker Kälte- und Trockenheitseinwirkung.

Aus den verschiedenen Vergleichen kann abgeleitet werden, daß die Nadelhölzer gegenüber niedriger Wintertemperatur im allgemeinen stärker reagieren, während die Laubhölzer von kühlen Temperaturen in der Vegetationszeit stärker betroffen werden. Starke Winterfröste können bei Nadelhölzern starkes Abfallen der Zuwachskurve bewirken. Wir haben bereits früher darauf hingewiesen, daß das Baumwachstum vor allem auf die minimalen Extremwerte reagiert. Diese Minimumsjahre, gleichgültig ob für Temperatur oder Niederschlag, werden in der Literatur als Weiserjahre bezeichnet.

Die Tiefpunkte der Zuwachskurven kann man deshalb als mehr oder weniger direkt durch eine ungünstige Klimaeinwirkung verursacht ansehen. Sie fallen deshalb zeitlich mehr oder weniger genau mit der betreffenden Ursache zusammen oder folgen dieser unmittelbar nach. Auch in der amerikanischen Jahrringforschung werden die Minima höher bewertet als die Maxima und als die zuverlässigsten Weiser betrachtet.

Die Kurvenmaxima werden nur höchst selten als jahrringchronologische Weiser verwendet, weil sie meist nur mittelbar durch Witterungsereignisse verursacht werden. Sie bezeichnen meistens nur den Höhepunkt der Erholung nach einer vorausgegangenen Kurvendepression. Nachdem eine Einwirkung der klimatischen Faktoren auf das Dickenwachstum unbestritten ist, gilt es solche übereinstimmende Jahrgruppen für verschiedene Stämme und für verschiedene Gebiete sicherzustellen. Auch hier müssen wir immer daran denken, daß bei organischem Wachstum niemals völlige Gleichheit zu erwarten ist, sondern nur mehr oder weniger große Ähnlichkeit. Es wäre aber sicher auch falsch, anzunehmen, daß eine Abnahme der Jahrringbreite in übereinstimmenden Jahren in Stämmen verschiedener Holzarten und verschiedener Gebiete auf einen Zufall zurückzuführen sei. Diese Tatsachen müssen vielmehr von Ursachen bedingt sein, die auf die verschiedenen Holzarten in ähnlicher Weise einwirken.

Gleichzeitig ist zu überlegen, inwieweit sich ein als Weiserjahr dienendes Minimum zeitlich verschieben kann. Ganz sicher wird es nie vor dem verursachenden Klimaereignis sein, dagegen ist es nach dem vorher Gesagten leicht verständlich, daß es nicht auf das gleiche Jahr zu fallen braucht. Da ein Minimum das Ende eines Kurvenabfalls bedeutet, kann es sich vor allem dann mehr oder weniger verspätet, wenn der Abfall besonders stark ist und lange anhält. Es kann selbst bei Bäumen des gleichen Standortes vorkommen, daß die Lage eines Minimums um ein bis zwei Jahre schwankt. Es kann im weitern eine so starke Schädigung des Baumorganismus geben, daß die Kurven noch lange nach dem Extremjahr absinken, obwohl die klimatischen Voraussetzungen für eine Erholung inzwischen günstig gewesen wären.

Eine Nachwirkung von Klimaeinflüssen ist auch in der Literatur mehrfach beschrieben worden. KEEN z. B. fand zwischen dem Nie-

derschlag und der Jahrringbreite des folgenden Jahres eine mindestens ebensogute Übereinstimmung wie zu der des laufenden Jahres. Nach DOUGLASS sollen in Arizona die Baumkurven im Durchschnitt sogar um zweieinhalb Jahre gegenüber den Niederschlagskurven nachhinken.

Wir wollen in der folgenden Tabelle verschiedene Minimumsjahre in den verschiedenen Wachstumskurven aufsuchen. Dabei soll festgestellt werden, ob die Jahrringkurve im gleichen Jahr ebenfalls ein Minimum aufweist oder ob eine positive Reaktion im folgenden Jahr feststellbar ist. Ein noch späteres Eintreten einer positiven Reaktion soll hier nicht näher untersucht werden. In den ausgewählten Minimumsjahren zeigen nicht immer sämtliche Temperatur- oder Niederschlagskurven der einzelnen Jahresabschnitte ein Minimum, was auch wieder eine Unstimmigkeit hervorrufen kann.

Es läßt sich sofort feststellen, daß die Übereinstimmung der Temperatur mit den Kurvenminima im Durchschnitt als gut bezeichnet werden kann. Wohl finden sich auch hier Jahre, in denen der Verlauf der Wachstumskurve nicht mit derjenigen der Temperatur übereinstimmt. Wir wissen bereits, daß eine solche gar nicht zu erwarten ist. Zudem sieht man, daß die Kurven von Maloja und Brissago mit den Zürcher Kurven sehr gut übereinstimmen mit Ausnahme der Tessiner Kurven 1917. Suchen wir dieses Jahr in der Temperaturkurve von Brissago auf, so stellen wir fest, daß die Frühlings- und Ganzjahrtemperaturen leicht absinken, die Vegetationstemperaturen im Gegenteil aber ansteigen, was wieder eine Unstimmigkeit in der Reaktionsweise hervorruft. Recht häufig tritt eine positive Reaktion erst im nächsten Jahr ein, was besonders häufig bei den Laubbäumen eintritt. Die Gründe haben wir früher eingehend dargelegt.

Legende zu den Tabellen Seite 178 – 181

- + Klima- und Wachstumskurven verlaufen in gleichem Sinn.
- i.f.J. Die Reaktion der Wachstumskurve ist im folgenden Jahr positiv.
- Im gleichen oder folgenden Jahr erfolgt keine sichtbare Reaktion.

Tabelle einiger Temperaturminima

| Stamm | 1870/71 | 1879 | 1887/88 | 1895/96 | 1901 |
|---------------------------------------|---------|--------|---------|---------|--------|
| <i>a) Zürich</i> | | | | | |
| <i>aa) Nadelhölzer</i> | | | | | |
| Nr. 1 <i>Pinus nigra</i> | + | + | i.f.J. | + | i.f.J. |
| Nr. 4 <i>Pinus excelsa</i> | | | + | + | + |
| Nr. 13 <i>Sequoia gigantea</i> | | | + | + | + |
| Nr. 14 <i>Sequoia gigantea</i> | | | | | |
| Nr. 15 <i>Abies alba</i> | | | | | |
| Nr. 16 <i>Larix decidua</i> | + | + | + | + | + |
| Nr. 17 <i>Taxus baccata</i> | | - | - | + | - |
| Nr. 18 <i>Cryptomeria japonica</i> | | | | | |
| <i>ab) Laubhölzer</i> | | | | | |
| Nr. 19 <i>Acer pseudoplatanus</i> | + | i.f.J. | + | - | + |
| Nr. 20 <i>Ulmus campestris</i> | - | i.f.J. | + | + | i.f.J. |
| Nr. 21 <i>Ulmus montana</i> | | | i.f.J. | - | + |
| Nr. 22 <i>Ulmus species</i> | | | | | |
| Nr. 23 <i>Ulmus hollandica</i> | | | | | + |
| Nr. 24 <i>Populus monilifera</i> | - | + | i.f.J. | + | + |
| Nr. 25 <i>Tilia platyphyllos</i> | + | i.f.J. | + | - | + |
| Nr. 26 <i>Salix babylonica</i> | | | + | + | i.f.J. |
| Nr. 27 <i>Salix medenii</i> | | | | | |
| Nr. 28 <i>Prunus mahaleb</i> | | | | | - |
| Nr. 29 <i>Juglans cinerea</i> | | + | i.f.J. | + | i.f.J. |
| Nr. 30 <i>Liriodendron tulipifera</i> | | | | | |
| Nr. 31 <i>Robinia pseudacacia</i> | + | + | i.f.J. | + | - |
| Nr. 32 <i>Catalpa bignonioides</i> | + | + | - | + | i.f.J. |
| Nr. 33 <i>Sophora japonica</i> | + | + | - | + | - |
| Nr. 34 <i>Gleditschia triacanthos</i> | + | i.f.J. | - | + | + |
| Nr. 35 <i>Cercis siliquastrum</i> | | | | | |
| Nr. 36 <i>Phellodendron japonica</i> | | | | | |
| <i>b) Maloja</i> | | | | | |
| Nr. 5 <i>Pinus cembra</i> | | - | i.f.J. | + | + |
| Nr. 6 <i>Pinus cembra</i> | | | - | + | - |
| Nr. 7 <i>Pinus cembra</i> | | | - | + | - |
| Nr. 8 <i>Pinus cembra</i> | | | + | + | + |
| Nr. 9 <i>Pinus cembra</i> | - | + | - | - | + |
| Nr. 10 <i>Pinus cembra</i> | | + | i.f.J. | - | - |
| Nr. 11 <i>Pinus cembra</i> | + | + | i.f.J. | + | + |
| <i>c) Brissago</i> | | | | | |
| Nr. 2 <i>Pinus sabineana</i> | | | + | + | + |
| Nr. 3 <i>Pinus pinaster</i> | | | | | |
| Nr. 12 <i>Sequoia gigantea</i> | | | | + | - |

und ihrer Beeinflussung des Baumzuwachses

| | 1909 | 1917 | 1922 | 1929 | 1931 | 1940 | 1944 | 1951 |
|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1 | + | + | + | + | + | i.f.J. | + | |
| 4 | | i.f.J. | + | - | i.f.J. | i.f.J. | i.f.J. | |
| 13 | + | + | + | + | - | + | | |
| 14 | | | + | + | + | | | |
| 15 | | | | + | i.f.J. | + | + | |
| 16 | + | i.f.J. | - | - | + | - | + | |
| 17 | - | + | i.f.J. | i.f.J. | + | | | |
| 18 | | | | + | + | - | + | |
| 19 | + | + | i.f.J. | - | + | - | i.f.J. | |
| 20 | i.f.J. | - | + | + | + | i.f.J. | + | |
| 21 | - | + | + | + | + | - | - | |
| 22 | | | i.f.J. | i.f.J. | + | + | + | + |
| 23 | + | + | + | + | + | - | + | i.f.J. |
| 24 | + | - | i.f.J. | i.f.J. | i.f.J. | - | + | |
| 25 | + | - | i.f.J. | + | - | + | | |
| 26 | + | + | + | + | - | - | i.f.J. | |
| 27 | | + | + | + | + | i.f.J. | | |
| 28 | + | + | i.f.J. | + | + | i.f.J. | + | |
| 29 | + | i.f.J. | i.f.J. | - | - | | | |
| 30 | | + | + | + | + | + | | |
| 31 | | | | i.f.J. | + | i.f.J. | | |
| 32 | i.f.J. | i.f.J. | + | + | + | - | - | + |
| 33 | - | i.f.J. | + | - | i.f.J. | + | + | i.f.J. |
| 34 | - | + | + | i.f.J. | i.f.J. | i.f.J. | + | + |
| 35 | + | + | + | + | - | + | i.f.J. | i.f.J. |
| 36 | | | | - | i.f.J. | + | i.f.J. | + |
| 5 | + | i.f.J. | + | -- | + | + | - | |
| 6 | + | + | i.f.J. | + | + | i.f.J. | - | |
| 7 | - | - | + | + | + | + | i.f.J. | |
| 8 | i.f.J. | i.f.J. | + | + | i.f.J. | + | i.f.J. | |
| 9 | + | i.f.J. | + | + | + | + | - | |
| 10 | - | + | + | i.f.J. | + | + | i.f.J. | |
| 11 | i.f.J. | + | + | -- | + | i.f.J. | - | |
| 2 | + | - | + | + | i.f.J. | + | - | |
| 3 | + | - | + | i.f.J. | + | i.f.J. | + | |
| 12 | + | - | + | i.f.J. | + | i.f.J. | i.f.J. | |

Tabelle einiger Niederschlagsminima

| Stamm | 1868 | 1870 | 1877 | 1884 | 1893 |
|---------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| a) Zürich | | | | | |
| aa) Nadelhölzer | | | | | |
| Nr. 1 <i>Pinus nigra</i> | + | i.f.J. | + | + | i.f.J. |
| Nr. 4 <i>Pinus excelsa</i> | | | | — | — |
| Nr. 13 <i>Sequoia gigantea</i> | | | | — | — |
| Nr. 14 <i>Sequoia gigantea</i> | | | | — | — |
| Nr. 15 <i>Abies alba</i> | | | | — | — |
| Nr. 16 <i>Larix decidua</i> | + | + | i.f.J. | + | + |
| Nr. 17 <i>Taxus baccata</i> | | | + | i.f.J. | + |
| Nr. 18 <i>Cryptomeria japonica</i> | | | | | |
| ab) Laubhölzer | | | | | |
| Nr. 19 <i>Acer pseudoplatanus</i> | i.f.J. | i.f.J. | — | + | + |
| Nr. 20 <i>Ulmus campestris</i> | + | — | — | + | — |
| Nr. 21 <i>Ulmus montana</i> | | | | + | + |
| Nr. 22 <i>Ulmus species</i> | | | | + | + |
| Nr. 23 <i>Ulmus hollandica</i> | | | | | |
| Nr. 24 <i>Populus monilifera</i> | i.f.J. | — | + | + | + |
| Nr. 25 <i>Tilia platyphyllos</i> | — | i.f.J. | + | i.f.J. | + |
| Nr. 26 <i>Salix babylonica</i> | | | | | |
| Nr. 27 <i>Salix medenii</i> | | | | | |
| Nr. 28 <i>Prunus mahaleb</i> | | | | | |
| Nr. 29 <i>Juglans cinerea</i> | | | | + | — |
| Nr. 30 <i>Liriodendron tulipifera</i> | | | | | |
| Nr. 31 <i>Robinia pseudacacia</i> | | | | | |
| Nr. 32 <i>Catalpa bignonioides</i> | i.f.J. | i.f.J. | + | — | i.f.J. |
| Nr. 33 <i>Sophora japonica</i> | + | i.f.J. | i.f.J. | + | — |
| Nr. 34 <i>Gleditschia triacanthos</i> | i.f.J. | + | + | i.f.J. | + |
| Nr. 35 <i>Cercis siliquastrum</i> | | | | | |
| Nr. 36 <i>Phellodendron japonica</i> | | | | | 1899/ |
| b) Maloja | 1875 | 1881 | 1889 | 1893 | 1900 |
| Nr. 5 <i>Pinus cembra</i> | i.f.J. | + | + | i.f.J. | + |
| Nr. 6 <i>Pinus cembra</i> | | | + | — | + |
| Nr. 7 <i>Pinus cembra</i> | | | + | | + |
| Nr. 8 <i>Pinus cembra</i> | — | + | + | i.f.J. | + |
| Nr. 9 <i>Pinus cembra</i> | + | — | + | — | + |
| Nr. 10 <i>Pinus cembra</i> | + | + | + | i.f.J. | + |
| Nr. 11 <i>Pinus cembra</i> | + | + | i.f.J. | i.f.J. | + |
| c) Brissago | | | | 1895 | 1899 |
| Nr. 2 <i>Pinus sabineana</i> | | | | + | i.f.J. |
| Nr. 3 <i>Pinus pinaster</i> | | | | — | + |
| Nr. 12 <i>Sequoia gigantea</i> | | | | | |

und ihrer Beeinflussung des Baumzuwachses

| | 1899/1900 | 1906 | 1911 | 1921 | 1928/29 | 1934 | 1943 | 1949 |
|----|-----------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|
| 1 | + | i.f.J. | i.f.J. | i.f.J. | + | + | i.f.J. | |
| 4 | | | | i.f.J. | + | i.f.J. | — | |
| 13 | + | + | — | + | i.f.J. | + | | |
| 14 | | | | i.f.J. | + | + | | |
| 15 | | | | + | + | + | i.f.J. | + |
| 16 | + | i.f.J. | + | + | + | + | + | |
| 17 | — | i.f.J. | + | + | i.f.J. | + | | |
| 18 | | | | | + | + | i.f.J. | |
| 19 | + | i.f.J. | + | + | — | i.f.J. | + | |
| 20 | + | + | + | + | + | i.f.J. | i.f.J. | |
| 21 | + | i.f.J. | i.f.J. | i.f.J. | + | + | + | |
| 22 | | | | + | + | i.f.J. | + | + |
| 23 | | + | i.f.J. | + | + | i.f.J. | i.f.J. | + |
| 24 | + | + | i.f.J. | + | + | + | i.f.J. | |
| 25 | + | + | + | — | + | + | | |
| 26 | + | + | + | i.f.J. | + | + | — | |
| 27 | | | | + | + | i.f.J. | | |
| 28 | + | + | + | + | + | + | + | |
| 29 | + | + | i.f.J. | — | + | i.f.J. | | |
| 30 | | | | i.f.J. | + | i.f.J. | | |
| 31 | | | | | + | — | + | |
| 32 | + | + | + | + | + | + | + | i.f.J. |
| 33 | + | + | i.f.J. | i.f.J. | + | + | + | — |
| 34 | — | i.f.J. | + | + | — | — | + | — |
| 35 | | + | + | i.f.J. | + | + | + | i.f.J. |
| 36 | | | | | | i.f.J. | + | i.f.J. |
| | 1906 | 1912 | 1918 | 1921 | 1930 | 1938 | 1943 | 1949 |
| 5 | i.f.J. | i.f.J. | + | + | i.f.J. | + | + | i.f.J. |
| 6 | + | i.f.J. | i.f.J. | — | i.f.J. | + | + | — |
| 7 | + | + | i.f.J. | + | + | + | + | i.f.J. |
| 8 | — | + | + | + | — | i.f.J. | + | — |
| 9 | + | i.f.J. | + | + | + | + | + | — |
| 10 | + | i.f.J. | + | i.f.J. | + | + | + | — |
| 11 | + | i.f.J. | + | i.f.J. | i.f.J. | + | + | — |
| | 1906 | 1912 | 1919 | 1921 | 1929 | 1938 | 1943 | 1949 |
| 2 | i.f.J. | + | i.f.J. | + | + | + | + | + |
| 3 | | | | | | + | + | i.f.J. |
| 12 | + | — | i.f.J. | i.f.J. | + | i.f.J. | + | + |

Auch bei der Betrachtung der Niederschlagsminima in Zusammenhang mit den Zuwachskurven können die gleichen Feststellungen gemacht werden. Es wurde auch schon angedeutet, daß die Unterschiede im Verlauf der Niederschlagskurven der einzelnen Gebiete größer sind als bei den Temperaturen. Deshalb müssen auch die entsprechenden Jahre verglichen werden. Gut ist auch die Übereinstimmung zwischen Maloja und Brissago, was besonders in den Jahren 1938 und 1943 auffällig ist. Durch das Niederschlagsminimum 1938 wird eine entsprechende Reaktion hervorgerufen, die auch durch das ausgesprochene Niederschlagsmaximum 1939 nicht wettgemacht zu werden vermag. Wohl zeigt z. B. die Kurve von *Sequoia gigantea* 1940 wieder ein leichtes Ansteigen, sie fällt aber nachher weiter ab.

Aus diesen Tatsachen geht zur Genüge hervor, daß wir von einem wahrnehmbaren Einfluß von Temperatur und Niederschlag auf das Dickenwachstum sprechen dürfen. Wenn in kurzen Zeitabständen zwei extreme Klimaeinwirkungen einander folgen, so kann man oft deutlich feststellen, wie nach der zweiten Einwirkung die Kurven rascher abfallen und länger anhaltende Depressionsphasen mit verzögerter Erholung durchlaufen. Mit andern Worten: Die Bäume sind empfindlicher geworden. Infolge von Winterkälte kann im Zuwachs der folgenden Vegetationsperiode bereits eine Senkung verursacht werden, so z. B. 1929 und 1940. Das muß aber nicht die Regel sein. Nach Sommerdürre oder anderen im Verlaufe der Vegetationsperiode eintretenden ungünstigen Einwirkungen ist eine Reaktion meist erst im folgenden Jahr durch Kurvenabfall oder gar durch Erreichung eines Minimums bemerkbar, z. B. 1911/12 und 1935. Dies wird verständlich, wenn wir überlegen, daß das Wachstum des laufenden Jahres zum großen Teil aus gespeicherten Nährstoffvorräten bestritten wird.

Weil das Wachstum der Bäume von der Stoffproduktion des laufenden Jahres und von den gespeicherten Vorräten vorhergehender Jahre abhängt, wird die Zuwachsgröße nicht nur durch die Witterung des laufenden Jahres bestimmt, sondern auch durch den physiologischen Zustand, mit dem der Baum das Wachstumsjahr antritt. Je später die schädigende Witterungserscheinung im Jahresablauf eintritt, um so eher wird sie sich erst im folgenden Jahr bemerkbar machen.

Mit der Kenntnis der verschiedenen einwirkenden Faktoren wollen wir versuchen, für unsere Untersuchungsobjekte eine allgemeine Beschreibung zu finden. Denn obwohl die auffallenden Punkte der Jahrringkurven ihre Maxima und Minima sind, darf man doch die Zwischenstücke, das Steigen und Fallen, nicht außer acht lassen, denn durch sie wird der Zuwachs charakterisiert. Die Maxima und Minima bilden in diesem Falle die Wendepunkte, welche die Richtungsänderung des Wachstums nach der günstigen oder ungünstigen Seite hin anzeigen.

Anfänglich folgen unsere Zuwachskurven den meteorologischen Jahreskurven. Das Jahr 1874, das durch eine Abnahme von Temperatur und Niederschlag ausgezeichnet ist, weist auch eine Senkung der Wachstumskurve auf. Das extrem nasse Jahr 1876 lässt kaum eine Spur eines Einflusses in der Zuwachskurve erkennen, mit wenigen Ausnahmen, wie z. B. bei *Acer pseudoplatanus* und *Tilia platyphyllos*. Dem sehr kalten und trockenen Zuwachsjahr 1879/80 folgt auch ein Zuwachsminimum. Dann erfolgt eine Zunahme in den meisten Fällen bis 1882, die von der Steigerung der mittleren Jahres temperatur und der Niederschläge begleitet ist. Darauf nimmt der Zuwachs wieder ab, was wohl mit der niedrigen Temperatur im Frühjahr zusammenhängt. In einzelnen Fällen bewirkt dann das ziemlich nasse Jahr 1888 eine leichte Zunahme des Zuwachses, obwohl die Temperatur noch ziemlich niedrig ist. Bis 1904 erstreckt sich dann eine Periode von allgemein geringer Einwirkung, die aber verschiedentlich in der Variation der Jahrringbreite erkennbar ist. Der Trockenperiode von 1898 bis 1901 entspricht eine Depression in der Zuwachskurve zwischen 1899 und 1901. Die Jahre 1905 bis 1908 lassen den kombinierten Einfluß von Temperatur und Niederschlag erkennen, da einzelne Objekte mehr dem Niederschlag folgen, andere mehr der Temperatur. Sehr deutlich ist mit dem milden und nassen Jahr 1910 eine größere Jahrringbreite verbunden und ebenso mit dem trockenen und warmen 1911 eine Depression, die sich entweder im gleichen oder ein Jahr später kundtut. Oft zeigt sich eine Steigerung des Zuwachses 1915 und 1916. In diesem Jahr war die Frühlingstemperatur ziemlich hoch, wogegen die Temperaturen während der Vegetationsperiode beträchtlich abnahmen. Den bis 1921 reichenden Abfall der Niederschlagskurve finden wir in verschiedenen Untersuchungsobjekten widergespiegelt. Die kleinen

Anstiege dazwischen lassen sich erst durch vermehrte Niederschläge 1929 erklären. Der Vergleich zwischen den einzelnen Untersuchungsobjekten zeigt, daß in diesem Zeitabschnitt die Anklänge an die Niederschlagsverhältnisse jene an die Temperatur stark überwiegen.

Der Tiefpunkt der Jahrringsbreite wird in vielen Fällen 1922 erreicht, nachdem das außerordentlich trockene Jahr 1921 vorausgegangen ist und der Temperaturgang 1922 ein Minimum aufweist und somit die schädigende Wirkung verstärkt. Mit dem relativ nassen Frühjahr 1922 wird eine Erholungsphase eingeleitet, was sich in vermehrtem Zuwachs kundtut. Diese Reaktion wird durch ein Ansteigen der Temperaturen noch unterstützt. Die Zuwachszunahme hält während mehreren ziemlich trockenen, aber warmen Jahren hindurch an. 1928/29 zeigt einen deutlich verminderten Niederschlag und zudem ein deutliches Temperaturminimum in der Frühjahrs- und Jahrestemperaturkurve. Die vorhergehende Tabelle beweist, daß die Übereinstimmung der Jahrringbreite mit dem doppelten Minimum sehr gut übereinstimmt. Das Jahr 1930, in welchem die Temperatur- und Niederschlagskurven auf ein Maximum ansteigen, bewirkt auch in den Wachstumskurven eine Erholung und damit ein Ansteigen der Kurven, das fast durchwegs verfolgt werden kann. Darauf folgt eine Reihe kälterer Jahre, was häufig ein Abfallen der Baumzuwachskurven zur Folge hat. Dies ist besonders gut beim Absinken der Temperatur 1931 erkennbar. Die Depression wird 1934 durch ein Niederschlagsminimum noch verstärkt. Vergleichen wir das Verhalten der Wachstumskurven in dieser Zeit, so können wir feststellen, daß die Übereinstimmung mit dem Verlauf der Temperatur ziemlich gut ist. 1943 ist ein schwächeres Absinken feststellbar, was durch ein Temperaturminimum verursacht wird. Oft ist das Absinken erst im nächsten Jahr bemerkbar, wo noch ein Niederschlagsminimum dazukommt. Hier zeigen aber verschiedene Wachstumskurven keine positive, sondern sogar eine gegenteilige Reaktion. Wohl haben wir 1943 ein Niederschlagsminimum, aber gleichzeitig ein Temperaturmaximum, 1944 ein Temperaturminimum, gleichzeitig aber ein Niederschlagsmaximum. Diese Verhältnisse zeigen deutlich, wie sich die Klimafaktoren überlagern und in ihrem Einfluß auf das Wachstum konkurrenzieren können. Oft ist es so, daß die Temperatur ihren Einfluß dort in überaus großem Maß geltend

macht, wo entgegengesetzte Werte von Temperatur und Niederschlag zusammenfallen, besonders wenn im vorausgegangenen Jahr die Niederschläge reichlich gefallen sind. 1949 zeigen die Niederschlagskurven wiederum ein Minimum, welches durch verminderte Temperatur noch verstärkt wird. Hier machen die Stämme von Maloja eine Ausnahme. Obwohl auch hier die Niederschläge in sämtlichen Jahresabschnitten ein Minimum aufweisen, steigen die Wachstumskurven fast überall an. Nur in zwei Fällen ist eine positive Reaktion im folgenden Jahr bemerkbar. In der gleichen Zeit sind die Temperaturen während der Vegetationszeit erhöht und wirken dem Niederschlagsminimum entgegen. Ob eine Reaktion später noch eingetreten wäre, läßt sich nicht feststellen, da die Stämme in der Zwischenzeit gefällt worden sind.

Vergleichen wir ganze Zeitabschnitte, so kann gesagt werden, daß der Charakter der Wachstumsschwankungen im Durchschnitt ein Abbild der Klimaschwankungen ist. Bei der Betrachtung einzelner Faktoren, was für uns von größter Wichtigkeit ist, stoßen wir bereits auf Schwierigkeiten. Der Zusammenhang zwischen Klima und Jahrringbau ist dann am besten zu erkennen, wenn in besonderen klimatischen Extremjahren ein bestimmter Klimafaktor klar das Übergewicht hatte. Aber auch bei Verkoppelung von zwei weniger übersichtlichen Klimafaktoren zu gleicher Zeit oder auch kurz nacheinander können die Verhältnisse meist noch auseinandergehalten werden. Über die ganze betrachtete Zeitdauer ergibt sich eine sehr große Zahl von solchen Faktorenkombinationen, die in ihrem Zusammenspiel aber zum geringsten Teil erfaßt werden können. Das betrifft viele Erscheinungen, die man kaum oder überhaupt nicht deuten kann, weil wir nicht in der Lage sind, nachzuweisen oder vorauszusehen, welche Umstände bei der Jahrringgestaltung in jedem einzelnen Fall mitspielen. So sind in unseren Vergleichen die Ähnlichkeitsbeziehungen zwischen Jahrring- und Klimakurven in einem Bereich, der wohl für einen Zusammenhang spricht, aber keine augenfällige Übereinstimmung aufweist. Da in unseren Gebieten der Jahrringbau durch zwei Faktoren, Temperatur und Niederschlag, bewirkt wird, kann eine einseitige Übereinstimmung mit der Temperatur oder dem Niederschlag nicht zustande kommen. Ein Zustandekommen einer Übereinstimmung wird auch durch die nachgewiesenen Nachwirkungen verunmöglicht.

Überlegen wir noch einmal, warum wir diese Betrachtungen überhaupt angestellt haben. Wir wollten feststellen, ob die Beziehungen zwischen Jahrringbau und Klima ableitbar sind. Schon in verschiedenen Arbeiten war versucht worden, aus der Gesetzmäßigkeit von Jahrringfolgen Klimabestimmungen, sei es für die Vergangenheit oder die Zukunft, abzuleiten. Da das spezifische Reaktionsvermögen verschiedener Holzarten auf klimatische und andere Standortsfaktoren bekannt ist, dürfte es möglich sein, zu einer Klimafolge, die mit verschiedenen Extremwerten ausgezeichnet ist, den zu erwartenden Jahrringbau festzulegen. Daß dieser dann so und nicht anders eintreten muß, ist aber nicht gewiß, da noch andere Faktoren mitwirken könnten, die wir mit den Klimawerten gar nicht erfassen. Aber immerhin besteht die Möglichkeit, mit Hilfe von bekannten Klimadaten undatierte Jahrringfolgen zu bestimmen. Für vorgeschichtliche Funde gibt es heute weit zuverlässigere Bestimmungsmethoden, wie z. B. die Radiocarbonmethode. Auf Grund des Gehaltes an radioaktivem Kohlenstoff (^{14}C), der in jedem lebenden Organismus enthalten ist, aber nach dessen Tod mit der Halbwertszeit von 5500 Jahren radioaktiv zerfällt, ist es möglich, das Alter einer Holzprobe zu bestimmen.

Das umgekehrte Vorgehen, das Klima aus den Jahrringfolgen abzuleiten, dürfte auf große Schwierigkeiten stoßen. Denn in unseren Gebieten wird das Klima ja nicht nur von einem, sondern von zahlreichen Faktoren bestimmt.

8. Relative Luftfeuchtigkeit und Zuwachskurven

Nachdem festgestellt wurde, daß die Zuwachskurven unserer Untersuchungsobjekte nicht eindeutig einem bestimmten Klimafaktor zugeordnet werden können, sondern vielmehr die Folge der Beeinflussung von Temperatur und Niederschlag sind, kann die Frage gestellt werden, ob es keine Größe gibt, die beide Klimafaktoren einschließt. Eine solche Größe könnte eventuell die relative Luftfeuchtigkeit darstellen. Darunter verstehen wir das Verhältnis der Menge des vorhandenen Wasserdampfes zur Menge, mit der die Luft gesättigt ist. Diese Größe hängt sehr stark von der Lufttemperatur ab. Die Temperatur beeinflußt den Wassergehalt der Luft in hohem Grade. Diese vermag bei höherer Temperatur ein größeres

Quantum Wasser aufzunehmen als bei niedriger. Zudem steht bereits fest, daß die Temperatur einen bedeutenden Einfluß auf das Baumwachstum ausübt. So ist zu vermuten, daß die größere oder geringere Luftfeuchtigkeit einen Einfluß auf das Dickenwachstum der Bäume ausübt.

Um diese Frage im Zusammenhang mit unsern Untersuchungsobjekten etwas zu betrachten, wurden die Wachstumskurven auch mit den jährlichen relativen Luftfeuchtigkeitswerten verglichen. Die erhaltenen Übereinstimmungswerte sind in der Tabelle der Übereinstimmungswerte der Wachstumskurven mit den Niederschlagssummen S. 171/2 dargestellt. Es seien hier nur noch einmal die durchschnittlichen Übereinstimmungswerte der Wachstumskurven mit den verschiedenen Niederschlagssummen und der jährlichen relativen Luftfeuchtigkeit angeführt.

| Stämme | Februar bis April | April bis Juni | April bis Juli | April bis Oktober | Jahres- summe | Relative Luft- feuchtig- keit |
|---------------------|-------------------------|----------------------|----------------------|-------------------------|------------------|--|
| Zürich | | | | | | |
| a) Nadelhölzer | 51,52 | 54,53 | 55,55 | 51,78 | 54,83 | 59,57 |
| b) Laubhölzer | 53,28 | 52,21 | 50,45 | 50,22 | 49,22 | 59,45 |
| Maloja | | | | | | |
| <i>Pinus cembra</i> | 54,11 | 54,63 | 55,34 | 57,29 | 56,54 | 62,49 |
| Brissago | | | | | | |
| Nadelhölzer | 38,89 | 47,71 | 49,73 | 55,69 | 48,60 | 51,61 |

Es fällt sofort auf, daß die Übereinstimmung größer ist als für die entsprechenden Temperatur- und Niederschlagswerte in den Tabellen S. 164/5 und 171/2. Bei einzelnen Stämmen, vor allem auch bei den Objekten von Maloja, ist die Übereinstimmung mit der relativen Luftfeuchtigkeit sogar gut. Allerdings gibt es auch Stämme, bei denen sich eine positive Beeinflussung durch die relative Luftfeuchtigkeit nur erahnen läßt. Dies gilt für einzelne Wachstumskurven von Laubbäumen aus dem Gebiet von Zürich und ganz besonders für die untersuchten Tessiner Objekte.

Zu gleichen Resultaten gelangte H. BROCKMANN-JEROSCH in seiner Arbeit über Baumgrenze und Klimacharakter (*Berichte der Schweizerischen Botanischen Gesellschaft*, Heft 26, Zürich 1919). Der Autor stellt dabei fest, daß nicht irgendeine Durchschnittstemperatur, sondern der Klimacharakter auf die Bäume und damit auf die Waldgrenze einwirkt. Der Klimacharakter wird aber auch durch Lichtintensität, Wärmestrahlung, Luftfeuchtigkeit usw. bestimmt. Mit andern Worten, der Klimacharakter läßt sich nicht in Zahlen fassen. Aber auch H. BROCKMANN-JEROSCH weist darauf hin, daß es denkbar ist, eine empirische Zahl aus den jeweils wichtigsten Klimafaktoren zu finden, also ein Ausdruck, der z. B. Wärme und Feuchtigkeit vereinigt.

Damit ist aber auch gesagt, daß ein Vergleich der Wachstumskurve eines Baumes mit einem einzelnen Klimaelement, sei es nun Temperatur oder Niederschlag, keine eindeutigen Resultate liefern kann. Es ergibt sich aber, daß die relative Luftfeuchtigkeit als Maß für die Zuwachsgröße in Frage kommen kann. Allerdings wird auch diese Größe keine eindeutigen Resultate ergeben, da, wie BROCKMANN-JEROSCH darlegte, noch verschiedene wichtige Klimaelemente unberücksichtigt bleiben. Es wäre wohl die Aufgabe einer weiteren Arbeit, den Einfluß der relativen Luftfeuchtigkeit in den einzelnen Jahresabschnitten genauer zu untersuchen und die Abhängigkeit des Zuwachses von der Luftfeuchtigkeit genauer festzulegen.

9. Zusammenfassung und Folgerung

1. Ein Vergleich der Wachstumskurven mit den Temperaturmitteln verschiedener Jahresabschnitte ergibt, wenn wir den ganzen Verlauf betrachten, keine eigentliche Übereinstimmung. Den größten Einfluß auf das Wachstum zeigen die mittleren Jahrestemperaturen und die mittlere Temperatur von Februar bis April. Dabei zeigt sich die Reaktion kühler Frühjahrstemperaturen meistens im gleichen Jahr, diejenige niedriger Sommer- und Herbsttemperaturen im folgenden oder übernächsten Jahr.
2. Eine Abhängigkeit des Dickenwachstums von den Niederschlägen ist, im gesamten betrachtet, nur sehr schwach oder über-

haupt nicht festzustellen. Im Durchschnitt scheinen die Niederschläge während der Vegetationszeit den größten Einfluß auszuüben. Dabei zeigen die Nadel- und Laubhölzer eine verschiedene Reaktionsweise. Die Laubhölzer folgen im allgemeinen Kurvenverlauf mehr den Niederschlägen im Frühjahr.

3. Es zeigt sich, daß der Dickenzuwachs der Bäume sowohl dem Verlauf der Temperatur als auch dem der Niederschläge folgt. Dadurch werden die Verhältnisse sehr unübersichtlich und sind sehr schwierig zu analysieren. Das Dickenwachstum wird in erster Linie von dem Wachstumsfaktor bestimmt, der im betreffenden Fall im Minimum vorhanden ist.
4. Es wurden die Temperaturminima unserer Beobachtungszeit in den einzelnen Wachstumskurven aufgesucht. 57 % aller beobachteten Werte zeigen im gleichen Jahr eine gleichgerichtete Reaktion wie die Temperaturkurve. Wird eine allfällige Reaktion im folgenden Jahr mitgerechnet, so steigt die Übereinstimmung auf 80,06 %, d. h. der Gegenläufigkeitswert sinkt auf 19,94 %.
5. Ein gleicher Vergleich mit den Niederschlagsminima ergibt noch höhere Werte. 58,51 % der verglichenen Fälle zeigen eine positive Reaktion im gleichen Jahr. Oft ist aber auch hier die Reaktion verspätet. Diese um ein Jahr verspäteten positiven Reaktionen mitgerechnet, erhalten wir einen Übereinstimmungswert von 84,83 %.
6. Die verschiedenen Holzarten weisen ein verschiedenes Reaktionsvermögen gegenüber Temperatur und Niederschlag auf. Deutlich zeigen sich zudem Unterschiede im Verhalten zwischen Nadelhölzern und Laubhölzern. Die Nadelhölzer reagieren im allgemeinen empfindlicher. Durch die Klimaminima resultieren je nach der Empfindlichkeit der betreffenden Holzart stärkere oder geringere Kurvensenkungen, die oft längere Zeit anhalten können. Kurvenmaxima sind in den Wachstumskurven nicht so deutlich nachzuweisen.
7. Eine relativ gute Übereinstimmung zeigen die Wachstumskurven mit der relativen Luftfeuchtigkeit. Diese Größe vermag eventuell den kombinierten Einfluß von Temperatur und Niederschlag zu erfassen.

In der Zusammenfassung des ersten Teiles der vorliegenden Arbeit wurde darauf hingewiesen, daß bei jahrringchronologischen Arbeiten verschiedene Baumkurven nicht miteinander in Verbindung gebracht werden dürfen, ohne auch die klimatischen Belange zu berücksichtigen. Wir haben für die verschiedenen Untersuchungsobjekte einen Zusammenhang zwischen Witterung und Baumwachstum nachgewiesen. Die Analyse dieser beeinflussenden Faktoren ist aber außerordentlich schwierig, da sie sich zum Teil überlagern oder konkurrenzieren. Das Baumwachstum ist die Reaktion des gemeinsamen Einflusses aller Faktoren. Zudem haben wir nicht alle Beeinflussungsfaktoren berücksichtigen können. So spielt z. B. die Beschaffenheit des Bodens, dessen Tiefgründigkeit, Frische und Nährstoffgehalt eine sehr große Rolle. Im weitern bedingt die Größe des Standraumes eine bessere oder geringere Entwicklung der Wurzeln und der Krone, und diese beiden Faktoren üben auf den Zuwachs ebenfalls einen bedeutenden Einfluß aus.

Die vorliegende Arbeit erhebt aus den erwähnten Gründen keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Sie beschränkt sich darauf, verschiedene Baumtypen auf ihre Reaktionsweise gegenüber gewissen Faktoren zu untersuchen. Sie bildet ein kleines Glied in der Kette eines großen Fragenkomplexes. Die Resultate wären vielleicht eindeutiger und überzeugender geworden, wenn die Untersuchung nicht nur einzelne Baumtypen, sondern von jeder Art mehrere Vertreter umfaßt hätte. Ein so umfangreiches und ausgedehntes Unternehmen müßte jedoch auf mehrere Mitarbeiter verteilt werden.

10. Summary and Conclusions

1. Several growing-curves for the same kind of wood, grown under identical conditions (in the same surroundings) show a good correspondence. For *Pinus cembra* for example, the average values for the opposite gradients were 30,03 % and 29,97 % respectively compared to the average curve for the whole group. A specific reaction was found for different species of wood. The conformity amongst the conifers is higher than amongst the deciduous trees.
2. The values for the opposite gradients increase when trunks of the same species but from different regions ar compared. We

therefore have different grades of conformity from one region to the next. The best correspondence in the growing curves was found between Maloja and Brissago followed by Zurich–Maloja and Zurich–Brissago. The different factors due to the surroundings are evident.

3. The curves of annual rings for different species of wood grown in similar regions still show a certain but unimportant conformity.
4. The values for the opposite gradients of the growing curves for different species of wood from different regions resemble those for woods from similar growing regions. Most of the values attain 40 or 50 %. We do not obtain a good correspondence so often here as in 3.
5. When the entire progress is taken into account, there is no conformity in the growing curves expressed as a function of the average temperature values for different periods of the year. The growth is mostly influenced by the midyear temperature and the average temperature from February to April. Thus the effect of the cooler temperatures of the early months of the year is mostly observed already in that year while the lower summer and fall temperatures show their effect in the next and subsequent years.
6. On the whole, there were only feeble or non-existent relationships between the diametrical growth and the precipitations. However, the rainfall has the greatest influence during the vegetation period. Thus coniferous wood and deciduous wood react in a different manner. From the curves we see that the deciduous woods follow the precipitations during the early months of the year.
7. The diametrical growth of the trees depends not only on the temperature during the growing period but also on the precipitation. An analysis of the respective growths is therefore very difficult. The diametrical growth is limited by a growing factor for the minimum in the respective cases.
8. From the growth curve we determined the minimum temperature which occurred during our observations. 57 % of all observed values for the same year show a reaction analogous to the tem-

perature curves. If we include a possible reaction for the following year we find a correspondence of 80,06 % which means that values with the opposite gradient drops to 19,94 %.

9. A similar comparison to the precipitation-minima yields even higher values. 58,51 % of all cases have a positive reaction in the same year. In this case also however, the reaction may occur late. If we calculate all positive reactions (including those for the following year) we obtain a conformity value of 84,83 %.
10. The various kinds of wood show a different capacity of reacting to temperature and precipitations. Moreover, definite differences in the behaviour of coniferous wood and deciduous wood are also evident. Coniferous wood generally show a greater sensitivity. Depending on the sensitivity of the respective species of wood, the climate-minima cause considerable or slighter inclinations of curves, which may persist for a certain time. Maxima in the growing-curves are not well defined.
11. There is a fairly good correspondence between the growing curves and the relative humidity. This relation may possibly include the combined influence of temperature and precipitation.

We conclude from the results obtained that the characteristic properties of the species are to consider in all work to be done in the field of annual-ring-chronology. In our regions there is no question that annual ring-curves from identical wood species can be compared. The results in this case will always be the most reliable.

In principle it is quite possible to study the same questions for different wood-species. But in this case one has to be very critical and to consider also the environmental factors and in particular the climate. Moreover, it would be advantageous to choose species of wood which are related to each other by their biocenology, in other words from the same plant family and from the same forest belt. On the other hand, it would be better in a small region like ours, not to compare woods from different locations because the correspondence is very bad. If comparisons are made nevertheless, it is necessary that the curves show a common life span of at least fifty years.