

# DIE TÄGLICHEN SCHWANKUNGEN DES LÄNGENZUWACHSES IN DEN TROPEN

von

CH. COSTER.

---

## I. Bisherige Beobachtungen.

Das Wachstum der Pflanze ist eine höchst komplizierte Lebenserscheinung, die von inneren sowohl wie von äusseren Bedingungen abhängig ist; eben weil das Wachstum einer Pflanze die Resultante aller zusammenwirkenden Faktoren ist, so hat es keinen Zweck, einfach ohne weiteres Wachstumsmessungen anzustellen, da eine kritische Verwertung der Beobachtungen durch die Fülle der beeinflussenden Faktoren erschwert und meistens unmöglich wird. Die älteren Beobachtungen über Wachstum (von Sachs in seiner Abhandlung zusammengestellt) leiden mehr oder weniger an diesem Übel, aber auch die späteren Beobachtungen von Sachs selber reichen nicht aus, um ein klares Bild von den das Wachstum beeinflussenden Faktoren zu erhalten, weil er z. B. die Luftfeuchtigkeit fast ganz ausser Betracht lässt und dem Licht eine Rolle zuweist, die auch von Schwankungen in der Transpiration herrühren könnte. Später haben noch viele Untersucher Wachstumsmessungen angestellt, die ich hier nicht besprechen werde, die aber immer mehr darauf hinzielten, unter Laboratoriumsbedingungen alle Faktoren, mit Ausnahme einer die zur Untersuchung gelangte, konstant zu halten. In den Handbüchern über Pflanzenphysiologie kann man die hauptsächlichlichen Resultate nachschlagen; ich werde einiges aus dem jüngsten

Handbuch von Benecke und Jost in aller Kurze hervorheben. Die Temperatur hat einen sehr grossen Einfluss auf die Wachstumsgeschwindigkeit, die sich in einer Optimalkurve graphisch darstellen lässt; die Kurve ist aber bei den verschiedenen Pflanzen verschieden.

Das Licht sollte nach den älteren Untersuchungen die Wachstumsgeschwindigkeit herabsetzen, u. zw. umso mehr, je stärker die verwendete Beleuchtungsstärke ist. Aber man hat diese Resultate nicht nur oft lediglich aus einem Vergleich der nächtlichen und der täglichen Zuwachsgrösse abgeleitet, wobei die Temperatur nicht genügend konstant gehalten wurde und wobei von einer Konstanz der Beleuchtung keine Rede ist, sondern man hat meistens auch die Transpiration der Pflanze dabei ganz ausser acht gelassen; wie wir später sehen werden, übt diese einen oft überwiegenden Einfluss auf die Zuwachsgeschwindigkeit aus. Die Sache ist allerdings nicht so einfach und nebst Wachstumshemmung wird man auch Indifferenz oder sogar Wachstumsförderung bei verschiedenen Pflanzen infolge der Beleuchtung finden.

Auch die Schwerkraft scheint die Wachstumsgeschwindigkeit bisweilen zu beeinflussen. Von den chemischen Einflüssen nennt Jost; Sauerstoff und Wasser, die eine grosse Bedeutung für das Wachstum haben. Nach Aufhebung der Turgeszenz hört das Wachstum überall auf, sodass Bodenfeuchtigkeit und Luftfeuchtigkeit (Transpiration) einen sehr grossen Einfluss auf die Wachstumsgeschwindigkeit haben. Man bekommt den Eindruck, dass die verschiedenen Wachstumsfaktoren bis jetzt sehr verschieden bearbeitet worden sind. Man hat den Einfluss der Temperatur auf das Wachstum voll bewertet, den Einfluss des Lichtes auf die Wachstumsgeschwindigkeit oft sehr überschätzt, während der Einfluss der Wasserversorgung wachsender Teile theoretisch wohl anerkannt wird, aber praktisch noch sehr unvollkommen untersucht ist. Daher wurde dieser letztere

Faktor bei der Deutung der Wachstumsbeobachtungen oft vernachlässigt.

Wenn wir uns jetzt speziell den in den Tropen gemachten Beobachtungen zuwenden, dann bemerken wir, dass hier noch nicht sehr viele Zuwachsmessungen vorgenommen worden sind; speziell Messungen der täglichen Schwankungen, die selbstregistrierend aufgenommen werden müssen oder viele kurz aufeinander folgende Beobachtungen erheischen, sind spärlich. Mir sind nur die folgenden Arbeiten bekannt.

Im Jahre 1895 hat Kraus in den Annalen von Buitenzorg eine fortgesetzte Messung über das Längenwachstum von Bambusrohren eines *Dendrocalamus spec.* in Buitenzorg veröffentlicht. Darin bespricht er auch die ältere Literatur. Er fand, dass das Wachstum in der Nacht grösser ist als bei Tag; das Verhältniss war 1 : 1.8. Eine Erklärung sucht er nicht zu geben. Dann hat er eine merkwürdige Tatsache gefunden, nämlich dass die verschiedenen Halme anfangs regelmässig mit täglich grösser werdenden Zuwachsen austreiben, dass sie aber später an aufeinander folgenden Tagen einen jähen Wechsel des Zuwachses zeigen, die man nicht dem Klima zuschreiben kann, weil die drei verschiedenen beobachteten Sprosse die Sprünge gleichzeitig oft im entgegengesetzten Sinne zeigten. Er meint, dass dies wahrscheinlich einer inneren Periodizität zuzuschreiben sei. Wenn man aber beachtet, dass die Erscheinung erst stark auftritt, wenn die Halme über 8 m lang sind, und wenn man dann die ungenaue Messungsmethode für diese langen Sprosse beachtet, so wird man wohl annehmen können, dass die Messung an einem Tag zu niedrig war, und der Unterschied sich bei der Messung am folgenden Tag addierte. Diese Erklärung wird desto wahrscheinlicher, weil die späteren Messungen von Shibata und auch von Locke an Bambusrohren wohl Schwankungen an aufeinander folgenden Tagen ergeben (die allerdings nicht so

gross sind wie die von Kraus angegebenen), aber diese Schwankungen sind bei den verschiedenen Sprossen an gleichen Tagen analog und lassen sich sehr gut aus den meteorologischen Daten erklären.

Shibata hat im Jahre 1900 eine Studie über die Wachstumsgeschichte der Bambusgewächse veröffentlicht, worin er auch einige Messungen des täglichen Zuwachses von jungen Sprossen gibt. Er selber zieht gar keine Konklusionen aus seinen Ziffern; sie lassen aber eine ziemlich deutliche Übereinstimmung des täglichen Zuwachses mit der mittleren Temperatur ersehen, die von 11.6—20.7° C. schwankt.

M. Büsgen hat im Jahre 1903 einige Beobachtungen an einer *Costus*-Art angestellt, die er *C. registrator* nennt und die von Th. Valetton als die neue Art *C. Registerator* Buesgen beschrieben wurde.

Diese Art zeigt auf den Internodien feine weisse Linien, die nach Büsgen durch das Eintrocknen der sezernierten Flüssigkeit am Rande der Scheidenblätter gebildet werden. Er sagt, dass am Tage kein oder nur unbedeutendes Längenwachstum stattfindet, sodass tagsüber die weissen Linien durch Eintrocknung entstehen, während die Distanz je zweier benachbarten Linien den Zuwachs während der Nacht angibt. Auf die Erklärung der Wachstumsstockung am Tag geht er nicht weiter ein.

Locke hat in Peradeniya Beobachtungen über das Wachstum von Bambusrohren angestellt, die bessere Resultate als die vorhergehenden Beobachtungen ergaben. Er fand, dass die Wachstumsgeschwindigkeit stark von äusseren Faktoren beeinflusst wurde, unter denen die Feuchtigkeitsverhältnisse die wichtigsten waren. Am Tag war der mittlere Zuwachs pro Stunde für 3—12 m lange Sprosse 6 mm, in der Nacht 16 mm. An einen ausserordentlich regnerischen Tag hat er einen grösseren Zuwachs tagsüber als nachts beobachtet, während er bisweilen nach einigen Stunden Sonnenschein eine geringe Schrumpfung

einiger Sprosse beobachten konnte. Die Zuwachskurve tagsüber folgt die Lufthygroscopizitätskurve ziemlich genau; er meint, dass diese Erscheinung auf die Transpiration der ausgewachsenen Halme derselben Pflanze zurückzuführen ist.

Smith hat einige Jahre später, 1906, eine schöne Studie über die Theorie der limitierenden Faktoren in Bezug auf das Längenwachstum veröffentlicht, wobei er sich auf 2 stündlichen Messungen des Zuwachses von verschiedenen Pflanzen auf Ceylon stützt, namentlich von einer Bambusart, dem Blütenstand von *Agave* und *Fourcroya*, den Luftwurzeln von *Vitis Lindeni* und Schossen von *Capparis* und *Stiffia*. Er fand, dass beim Blütenstand von *Agave* und *Fourcroya* die Temperatur, und zwar die Temperatur im Inneren der wachsenden Organe, die Zuwachsgröße bestimmt. Beim Bambus waren es die Temperatur und die Wasserversorgung des jungen Schosses, welche letztere beeinflusst wird von der Luftfeuchtigkeit und der Beleuchtungsintensität. Der Zuwachs der Luftwurzeln von *Vitis Lindeni* wurde im Januar von der Temperatur, im Juli von der Wasserzufuhr reguliert. Diesen Unterschied kann er nicht weiter erklären. Im allgemeinen lässt sich die Zuwachskurve sehr gut durch die Theorie der limitierenden Faktoren erklären.

Im Jahre 1911 hat *Blaauw* das Wachstum der Luftwurzeln einer *Cissus*-Art im Urwalde von *Tjibodas* gemessen, wobei er fand, dass tagsüber das Wachstum bedeutend langsamer vor sich ging als nachts. Nach seinen Versuchen übte das Licht keinen direkten Einfluss auf das Wachstum der Wurzel aus; er meint, dass es auch hier die Wasserversorgung der hängenden Luftwurzeln ist, die das Wachstum beeinflusst. Von *Faber* hat einige Wachstumsmessungen sowohl in Buitenzorg als auch im Urwalde von *Tjibodas* vorgenommen, beide in der feuchtesten Zeit des Jahres. Er fand, dass die Urwaldpflanzen in

demselben Zeitabschnitt einen grösseren Gesamtwuchs erreichen als die im Schatten gezüchteten Buitenzorger Exemplare, eine Differenz, welche eine Folge des Wachstums am Tag ist. Dieses war in Buitenzorg tagsüber bedeutend geringer als nachts, während es im Urwald am Tage ungefähr die gleiche Grösse erreichte wie nachts. Auch er führt den Unterschied im Wachstum am Tag und bei Nacht in Buitenzorg auf die Transpiration zurück.

Schliesslich hat Kuyper 1918 eine Abhandlung über das Längenwachstum des Zuckerrohres veröffentlicht. Hier ist auch wieder ein beträchtlicher Unterschied zwischen Tag und Nachtwachstum zu beobachten, der an regnerischen Tagen aber ausgeglichen oder sogar umgekehrt wird. Er hat einige Versuche mit Verdunkelung der Pflanzen vorgenommen und schliesst daraus, dass Licht und Feuchtigkeit beide die tägliche Periodizität verursachen, dass das Licht aber einen grösseren Einfluss ausübt; er meint, dass in seinen Versuchen auch vielleicht eine gewisse Nachwirkung der Periodizität auftrat. Regenfall vermehrt zeitlich die Zuwachsgrösse; er hat aber nur in wenigen Fällen einen Einfluss der Luftfeuchtigkeit auf den Längenzuwachs konstatieren können und meint, dass die Luftfeuchtigkeit auf den allgemeinen Verlauf der Zuwachses keinen Einfluss ausübt. Auf diese Untersuchungen, die ich nicht bestätigen kann, komme ich später noch zurück.

## II. Ziel und Methode.

Es war meine Absicht, von verschiedenen auswachsenden Pflanzenteilen die tägliche Periode des Längenwachstums im Freien zu verfolgen, sowohl in der Trockenzeit als in der Regenzeit. Ich wollte keine Daten über das Mass der Wachstumsgeschwindigkeit sammeln; denn das würde eine grosse Anzahl von Messungen erheischen. Je nach äusseren Umstände, Boden, Beschattung, Alter u.s.w. ist das Wachstum der Pflanzen verschieden, es differiert die Geschwindigkeit

des Wachstums gleichartiger Teile verschiedener Exemplare einer Art so sehr, dass man eine grosse Anzahl sorgfältig ausgewählter Vergleichsobjecte statistisch bearbeiten müsste, um einen zuverlässigen Mittelwert zu erhalten. Es war auch nicht meine Absicht, die grosse Periode des Wachstums zu verfolgen, was eine lang fortgesetzte Reihe von Beobachtungen an demselben auswachsenden Organ erforderte. Schliesslich wollte ich auch nicht die Zuwachverteilung über die verschiedenen Teile des beobachteten Organes feststellen, was auch wieder die Sache zu sehr kompliziert hätte.

Durch diese Einschränkungen war es mir möglich, eine ziemlich einfache Methode zur selbstregistrierenden Wachstumsmessung zu verwenden. Es wurden die gewöhnlichen selbstregistrierenden Hygrographen und Thermographen, die einen rotierenden Zylinder mit Papierskala tragen, worauf eine Feder schreibt, zu einem einfachen Auxanometer umgebaut, indem der Zeiger, anstatt mit dem Haarbüschel oder der Metallhülse verbunden zu sein, ein Verlängerungsstück trug. Der Zeiger und seine Verlängerung waren fest verbunden und beide drehten um die Achse, die auch in den gewöhnlichen Hygrographen der Zeiger trägt. Wenn jetzt die Spitze des wachsenden Pflanzenteiles an dieser Verlängerung des Zeigers, der aus einem dicken Kupferdraht bestand, befestigt wurde, dann zeichnete der Zeiger entweder vergrössert, ebenso gross oder verkleinert, je nach der Stelle, wo die Verbindung am Kupferdraht angebracht wurde, auf der Papierskala die Verlängerung des wachsenden Organes auf (Fig. 1).

Auf der Zeigerverlängerung waren in  $\frac{1}{2}$ , 1, 2 und 3 facher Entfernung der Zeigerlänge vom Drehpunkt, Einkerbungen angebracht, sodass das Wachstum, wenn der Verbindungsdraht mit dem wachsenden Organ an diesen Stellen, angebracht wurde, resp. 2 fach vergrössert, gleich gross oder  $\frac{1}{2}$  und  $\frac{1}{3}$  verkleinert aufgezeichnet wurde.

Die Verbindung mit der Pflanze geschah durch einen sehr feinen Kupferdraht von 0.18 mm Dicke, der meistens an der Spitze des wachsenden Organes mittels einer hölzernen Klemme befestigt wurde. Bei aufrecht wachsenden Pflanzenteilen wurde das Kupferdraht über eine leicht drehbare Katrolle geleitet und an der Zeigerverlängerung befestigt; bei hängenden Wurzeln und Trieben wurde der

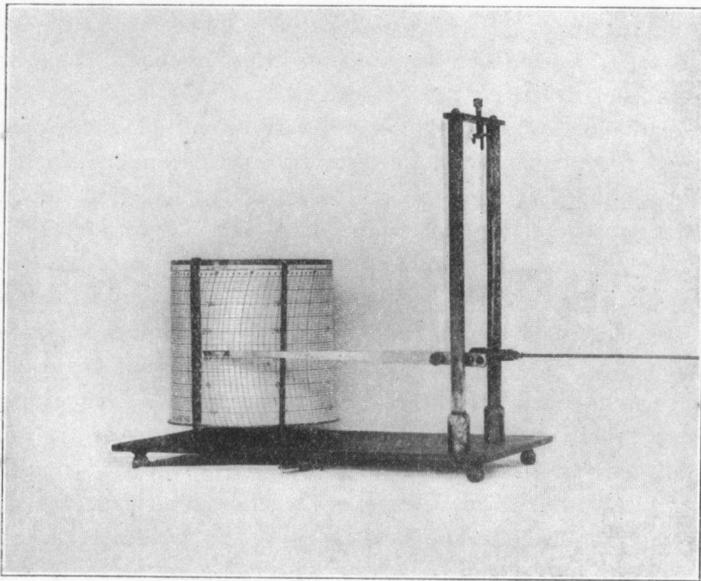


Fig. 1. Eines der verwendeten Auxanometer.

Draht direct an der Zeigerverlängerung angebunden. Es wurde Kupferdraht gewählt, weil tierische oder vegetabilische Fäden sich infolge der Benetzung während eines Regens verlängern oder verkürzen und so unregelmässige Aufzeichnungen geben.

Die Befestigung des Kupferdrahtes an dem zu messenden Organ war oft schwierig. Bei Blättern mit Vorläuferspitze, oder bei anderen Organen bei denen die Spitze selbst nicht

mehr auswuchs, war die Befestigung einfach, denn die Holzklemme wurde einfach auf den schon ausgewachsenen Teil aufgesetzt, ohne dass hierdurch die sich noch verlängernden Teile berührt wurden. Bei Sprossspitzen war es indess nicht möglich, die Befestigung theoretisch einwandfrei auszuführen, denn hiezu müsste man dieselbe am Vegetationspunkt vornehmen. Es wurde die Klemme an den äusseren jungen Endblättchen angebracht, und weil die Messungen an demselben Spross sich nur über einige wenige Tage erstreckten, so war der Fehler nicht gross, denn das Hauptwachstum findet nicht an der äusseren Spitze statt, sondern in einer oder mehreren Zonen in einiger Entfernung davon. Dazu kommt dann noch, dass es sich hier nicht um absolute Werte handelt, sondern nur um Vergleichsmaterial an verschiedenen Tagen, sodass ein Fehler, wenn er nur immer im gleichen Sinne gemacht wird, wenig Einfluss darauf ausübt. Dies bezieht sich auch auf den Fehler der vielleicht durch den Reiz verursacht wurde, den die Holzklemme auf das wachsende Organ ausübt, oder durch das Gewicht des Zeigers, der nicht ausbalanciert wurde, damit immer eine gewisse Spannung im Kupferdraht zwecks besserer Aufzeichnung erhalten blieb. Wenn dieser Reiz das Wachstum beeinflusste, würde er vielleicht die absoluten Werte etwas geändert haben, da er aber ständig in gleicher Grösse vorhanden war, wird er wohl keinen erheblichen Einfluss auf die relativen Wachstumsgrössen ausgeübt haben; jedenfalls war von irgendeinem störenden Faktor nichts zu bemerken.

Die Zuwachsbeobachtungen erhielt ich in Form von Kurven, die von der Grundlinie allmählich anstiegen; wenn der Zeiger fast den oberen Rand des Papierstreifens erreichte, musste das Instrument geändert werden, um den Zeiger wieder herunter zu bringen. Dies geschah sehr einfach durch Hebung der Katrolle oder auf andere Weise. Die so erhaltenen Kurven sind zwecks leichterer Übersicht

umgearbeitet, sodass die Wachstumsgrösse pro Stunde auf der Ordinate aufgetragen wurde, damit man keine ansteigende, sondern eine im ganzen horizontal verlaufende Linie erhält. Neben diesen Zuwachsmessungen wurden die meteorologischen Daten aufgezeichnet, namentlich die Hygroscopizitätskurven, die Temperaturkurven und der Sonnenschein. Es war mir sehr bequem, dass in den beiden Orten, wo ich die Messungen vornahm, nämlich im Buitenzorger botanischen Garten und im Berggarten Tjibodas, solche Instrumente vom meteorologischen Dienst und von der Versuchsanstalt für Landbau schon aufgestellt waren, sodass ich diese Daten sofort erhalten konnte. Den diesbezüglichen Behörden meinen herzlichen Dank für alle ihre Freundlichkeit, besonders den Herrn Dr. C. Braak, damals Direktor des Meteorologischen Institutes, und Dr. P. van der Elst, Leiter der botanischen Laboratorien an der Versuchsanstalt für die Landbau. Ausser diesen allgemeinen Daten habe ich noch einigemal an Ort und Stelle der Zuwachsmessung die Hygroscopizität der Luft und die Lufttemperatur selbstregistrierend aufgenommen.

### III. Die Messungen.

Es wurden verschiedene Organe wie Blatt, Blattstiel, Luftwurzel, Blütenstand und Hauptachse von verschiedenen Pflanzenarten gemessen. Es ist wohl am einfachsten, wenn ich die Messungen nicht nach diesen verschiedenen Organen einteile, denn sie zeigten keine typischen Unterschiede, sondern dass ich nur die Arten in systematischer Reihenfolge aufzähle. Am Ende werden dann die Schlüsse aus den Beobachtungen gezogen und einige Versuche beschrieben, welche angestellt wurden, um diese Schlussfolgerungen näher zu beweisen. Bei der Besprechung der Wachstumskurve der verschiedenen Arten habe ich aber schon die spätere Diskussion vorweggenommen und die

verschiedenen Eigentümlichkeiten auf die meteorologischen Faktoren zurückgeführt, durch welche sie verursacht werden. Den Beweis dafür wolle man später nachlesen!

### 1. *Angiopteris evecta* Hoffm.

Dieser Riesenfarn ist im Urwalde von Tjibodas sehr gemein und wird im botanischen Garten von Buitenzorg in sehr vielen Exemplaren gezogen, sodass es mir immer leicht möglich war, das richtige Material zu wählen. Er treibt mit sehr grossen Intervallen ein oder mehrere bis 4 m langen Blätter, wobei erst der Blattstiel bis zu einer Länge von etwa  $1\frac{1}{2}$  m auswächst, bevor sich die Blattspreite, die bis jetzt noch aufgerollt war, entfaltet. Die Messungen habe ich alle an auswachsenden Blättern von etwa  $\frac{1}{2}$ — $1\frac{1}{4}$  m. Länge vorgenommen. Es wurde also nur der Zuwachs des Blattstieles gemessen.

Im Laufe des Tages zeigt das Wachstum beträchtliche Schwankungen: tagsüber, wenn die Sonne scheint, fällt die Wachstumsgeschwindigkeit, die meistens etwa um 4—6 mm pro Stunde schwankt, beträchtlich, sodass sie bei intensiver Beleuchtung fast Null wird. Sobald aber die Pflanze in Schatten gekommen ist, steigt das Wachstum auf einmal rasch bis auf den alten Wert oder noch höher an. Im Laufe der Nacht sinkt die Wachstumsgeschwindigkeit oft ein wenig mit der Abkühlung der Luft. Im Urwalde von Tjibodas zeigt die Pflanze ungefähr dieselbe Wachstumsgeschwindigkeit wie im Buitenzorger Garten und zeigt dort auch analoge Schwankungen. Die Fig. 2 zeigt uns die Wachstumskurve für eine Pflanze im Buitenzorger Garten, links am 15.IX.25 an einem trockenen sonnigen Tag, rechts am 18.II.26 an einem regnerischen Tag, wo es gar keinen Sonnenschein gab. Man sieht auf der linken Kurve, dass das Wachstum schon anstieg, sobald die Pflanze in den Schatten eines grossen Baumes gekommen

war (2 Uhr), obschon die Sonne noch immer schien und die Luftfeuchtigkeit noch immer niedrig blieb.

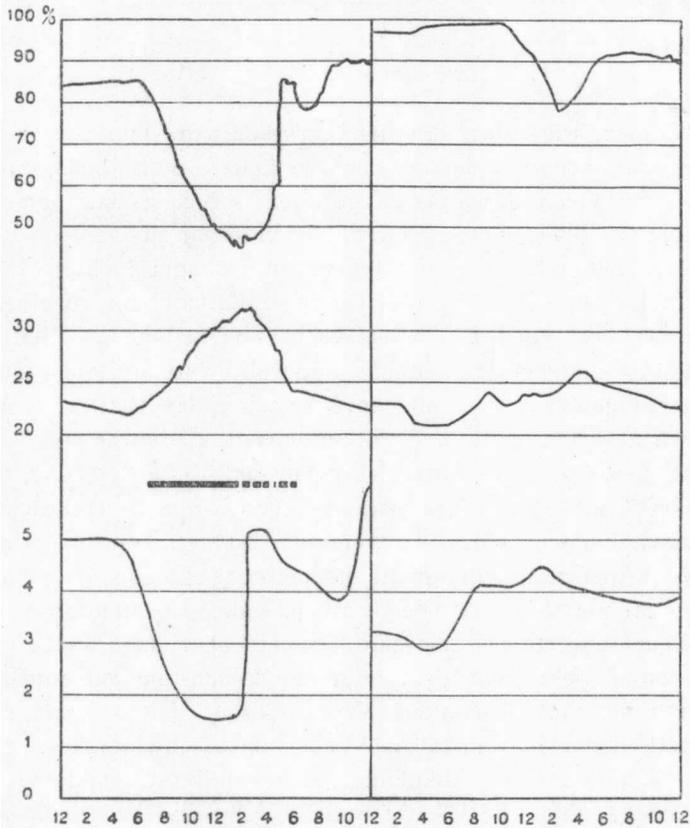


Fig. 2\*). Blattstiel von *Angiopteris evecta* Hoffm. im Buitenzorger Garten.  
Links am 15.IX.25, rechts am 18.II.26.

\*) In allen graphischen Darstellungen bezieht sich die untere Kurve auf die Wachstumsgeschwindigkeit pro Stunde; sie ist verzeichnet in mm pro Stunde. Darüber findet man die Daten über Sonnenschein; die Zeit während welcher die Sonne schien ist schwarz ausgefüllt.

Die zweite Kurve stellt die Temperatur in Grad Celsius da, die dritte obere Kurve bezieht sich auf die Luftfeuchtigkeit (%).

## 2. *Dicksonia scandens* Moore.

Dieser Farn hat immer durchwachsende, kletternde Blätter, die bis zu 8 m Länge auswachsen. Ich habe das Längenwachstum von den jungen Blättern im Urwalde von Tjibodas an einen lichten Waldesrand gemessen. Sie bestanden nur aus dem Blattstiel mit der äusseren Rolle der jungen Blattspreite an der Spitze; sie wurden bei einer Länge von  $1\frac{1}{2}$  —  $1\frac{1}{4}$  m gemessen.

Die Wachstumsgeschwindigkeit ist ziemlich konstant; sie

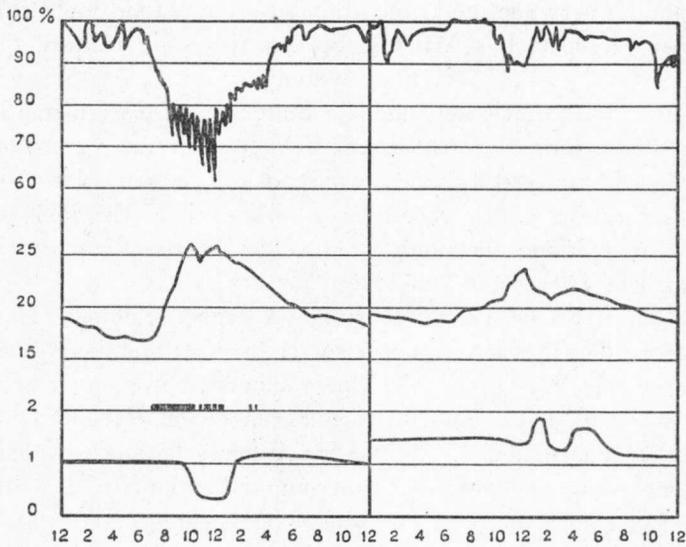


Fig. 3. Blatt von *Dicksonia scandens* Moore, im Urwald von Tjibodas.  
Links am 8.VIII.25, rechts am 21.I.26.

beträgt ungefähr  $1 - 1\frac{1}{2}$  mm pro Stunde. Nur an sonnigen Tagen wird das Wachstum tagsüber bis auf etwa ein Viertel dieses Wertes herabgemindert. Ich habe hauptsächlich nur einen ziemlich geringen Einfluss der Wasserbilanz der Pflanze auf die Wachstumsgeschwindigkeit konstatieren können, weniger einen Einfluss der Lufttemperatur, die tagsüber auf  $26^{\circ}\text{C}$  stieg und nachts bis auf  $16^{\circ}\text{C}$  fiel. Die Fig. 3

zeigt uns links eine Wachstumskurve, die an einem sonnigen Tag am 8.VIII.25 aufgenommen wurde, rechts eine Kurve von derselben Pflanze (aber natürlich ein anderes Blatt) an einem Regentag (am 21.I.26).

### 3. *Bambusarten.*

Es wurden die jungen Schösse zweier Arten gemessen, von einem Schizostachyum Hasskarlianum Kurz., das im Buitenzorger Garten steht, und von einer im Berggarten Tjibodas verwilderten kleinen Bambusart aus Japan, vielleicht einer Phyllostachys-Art. Die Sprosse wurden gemessen, als sie etwa  $\frac{1}{2}$  —  $1\frac{1}{2}$  m hoch waren.

Das Schizostachyum aus dem Buitenzorger Garten zeigte an diesen jungen Sprossen ein Längenwachstum von etwa 4 — 6 mm pro Stunde; während der Nacht war das Wachstum ziemlich regelmässig, aber sobald die Pflanze von der Sonne getroffen wurde, stockte das Wachstum gänzlich. Dies zeigt sich schön aus der Kurve Fig. 4, wo die linke Kurve das Wachstum an einem sonnigen Tag während der Trockenzeit (am 28.VIII.25) zeigt und die rechte Kurve das Wachstum von einem anderen Spross derselben Pflanze, an genau derselben Stelle, an einem Regentag in der Regenzeit (am 4. II. 26). Ein Einfluss der wechselnden Temperatur im Laufe des Tages wurde für Buitenzorg nicht oder nur in sehr geringem Masse beobachtet.

Die Art im Berggarten Tjibodas zeigte sich viel weniger als die Buitenzorger Art von der Wasserversorgung abhängig: sie zeigte nur eine Herabminderung des Längenwachstums des gemessenen Sprosses, nachdem die Sonne schon von morgens 7 bis  $9\frac{1}{2}$  voll auf das Gebüsch geschienen hatte; dann stockte das Wachstum eine Stunde lang, um sich 11 Uhr v.m. nach einer vorübergehenden Bewölkung wieder rasch zu erholen, obschon die Sonne nachher noch immer schien und die Luftfeuchtigkeit niedrig blieb. In der Regenzeit blieb die Zuwachsgrösse an einem regnerischen Tag unun-

terbrochen auf ungefähr 5 mm pro Stunde; eine Schwankung in der Luftfeuchtigkeit von 100% bis 85% hatte fast keinen

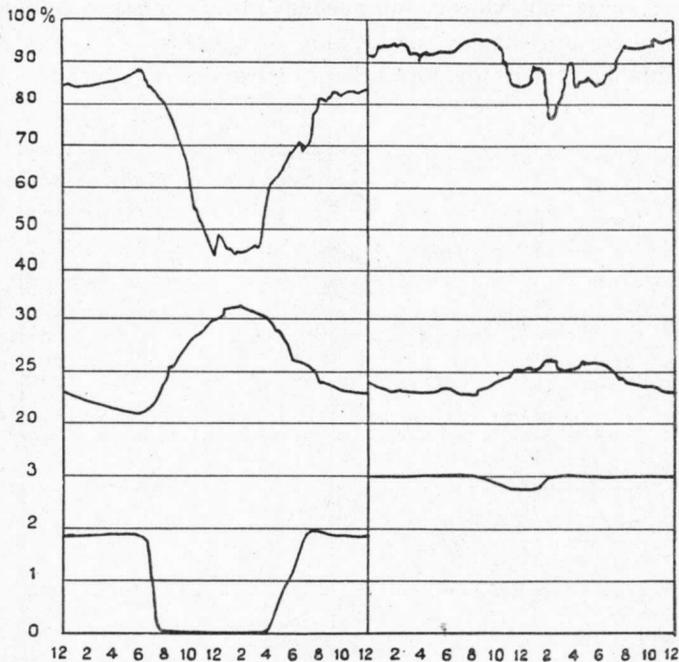


Fig. 4. Junger Schössling von *Schizostachyum Hasskarlianum* Kurz. im Buitenzorger Garten. Links am 28.VIII.25, rechts am 4.II.26. Sonnenscheindaten wurden nicht aufgenommen.

Einfluss, ebensowenig wie eine Temperaturschwankung von  $23^{\circ}\text{C} - 18^{\circ}\text{C}$ .

#### 4. *Saccharum officinarum* L.

Von dieser Art standen einige Stöcke im Buitenzorger botanischen Garten; die Varietät war nicht bekannt. Es wurde das Längenwachstum eines Sprosses gemessen, indem die Holzklammer an den teilweise abgeschnittenen inneren Scheitelblättern befestigt wurde; die Messung umfasste also das Wachstum aller Internodien samt dem

Wachstum dieser Scheitelblätter. Es zeigte sich, dass an einem sonnigen Tag das Wachstum von etwa 10 bis 3 Uhr ganz eingestellt wurde, um nachher bis  $3\frac{1}{2}$  mm pro Stunde energisch anzusteigen und dann nach kurzer Zeit wieder abzufallen. Es ist deutlich, dass wir es hier mit einer Folge

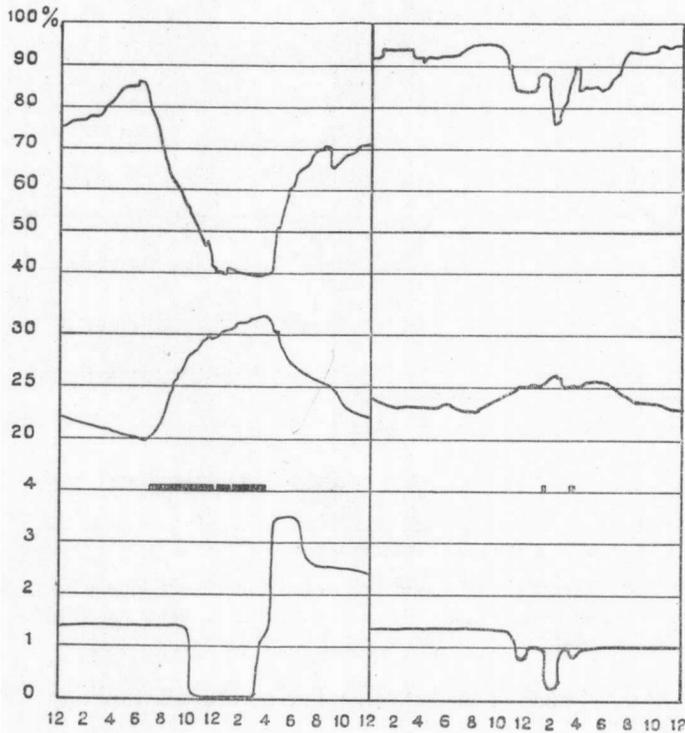


Fig. 5. Spross von *Saccharum officinarum* L. im Buitenzorger Garten.  
Links am 1.IX.25, rechts am 4.II.26.

der Wasserversorgung des wachsenden Sprosses zu tun haben, denn die Sonne schien schon von 7 Uhr morgens ab, sodass die Lichtstärke an und für sich nicht diesen Einfluss hatte. An einem regnerischen Tag in der Regenzeit war das Wachstum ziemlich konstant, etwa  $1 - 1\frac{1}{2}$  mm

pro Stunde, und nur mitten am Tag zeigten sich einige Schwankungen, die auffallend übereinstimmen mit dem kurzen Augenblick, wo die Sonne schien. Ein Einfluss der Temperatur ist aus diesen Kurven nicht ersichtlich. Aus den Kurven von Fig. 5 ist noch zu erkennen, dass während der Trockenzeit (linke Kurve 1.IX.25 und rechte Kurve 4.II.26) die Pflanze sich an die Dürre angepasst hatte, sodass eine Luftfeuchtigkeit von 60 — 70 % im Nachmittag schon genügte, um kräftiges Wachstum zu ermöglichen, während eine Luftfeuchtigkeit von 80 — 90 % in der Regenzeit schon genügte, um das Wachstum beträchtlich herabzusetzen. Später werden wir die Versuche von Kuyper besprechen und einige eigene Versuche anführen.

##### 5. *Amorphophallus titanum* Becc. und *A. spectabilis* Engler.

Von diesen zwei Arten habe ich das Längenwachstum des Blütenstandes gemessen, die eine als die Pflanze ungefähr 1—1½ m. hoch war, die andere als sie ungefähr ½ m. Höhe erreicht hatte. Diese *Amorphophallus*-Arten treiben nur ein grosses Laubblatt, das nach einigen Monaten abstirbt; dann bleibt die Pflanze, die jetzt auf ihre unterirdischen Teile beschränkt ist, in Ruhe, bis endlich der Blütenstand hervorbricht und schnell heranwächst und sich entfaltet. Für eine Beschreibung des *Amorphophallus titanum*, Becc., des Riesen-*Amorphophallus*, verweise ich nach der „Tropischen Natuur“ 1924, Bd. XIII, S. 122.

Wie aus den Kurven ersichtlich, wächst der Blütenstand des *A. spectabilis* Engler ziemlich gleichmässig heran; Lufttrockenheit und Sonnenschein haben fast keinen Einfluss auf das Wachstum, wie auch leicht verständlich ist, denn die Pflanze trägt keine transpirierenden Blätter. Einen Einfluss der Lufttemperatur lässt sich aus der Kurve ersehen. Die fig. 6 enthält die Kurve von *A. spectabilis* Engler aus dem Urwalde von Tjibodas am 3. V. 26.

Die Fig. 7 zeigt uns die Kurve von *A. titānum* Becc. an einem sonnigen Tag am 23. II. 26. Wie aus dieser Kurve ersichtlich ist, reagiert *A. titānum* stark auf Temperaturschwankungen, während Lufttrockenheit und Sonnenschein das Wachstum nicht herabsetzen. Wenn wir bedenken,

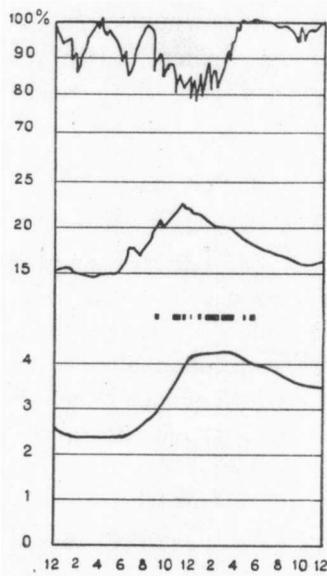


Fig. 6. Blütenstand von *Amorphophallus spectabilis* Engler im Urwald von Tjibodas am 3.V.26.

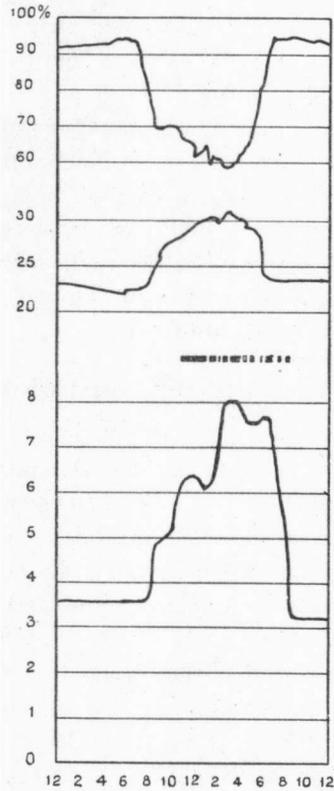


Fig. 7. Blütenstand von *Amorphophallus titānum* Becc. im Buitenzorger Garten am 23.II.26.

dass die *Amorphophallus*arten, die laublos blühen, in ihrer unterirdischen Knolle ein grosses Wasserreservoir besitzen, wird uns dieser letzte Umstand deutlich.

6. *Musa*-Arten.

Bei den *Musa*-Arten wurde das Blattwachstum gemessen; die Blätter kommen am Gipfel des Scheinstammes aus einer Rinne im Blattstiel des älteren, schon ausgewachsenen Blattes hervor. Das junge Blatt ist cylindrisch eingerollt und wächst nur in den unteren Teilen, die im Stamm versteckt sind; der obere Teil, der aus dem Stiel des alten Blattes hervorkommt, wächst nicht mehr in die Länge, wie sich dies mit Tuschemarken leicht kontrollieren lässt.

Im Urwalde von Tjibodas wurde die dort häufige *Musa zebrina* van Houtte (früher *M. acuminata* Colla) gemessen. Die Fig. 8 zeigt uns links die Wachstumskurve

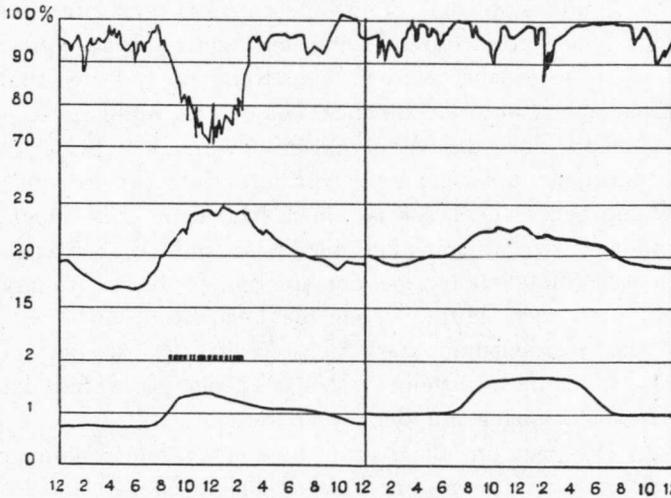


Fig. 8. Blatt von *Musa zebrina* van Houtte im Urwalde von Tjibodas.  
Links am 21.VII.25, rechts am 19.I.26.

an einem sonnigen Tag (am 21. VII. 25), rechts die Kurve an einem Regentag (am 19. I. 26). Wie ersichtlich, hat die Luftfeuchtigkeit und die Sonnenbestrahlung keinen Einfluss auf die Wachstumsgeschwindigkeit, sondern diese geht mit der Temperaturkurve schön parallel.

In Buitenzorg wurde *Musa paradisiaca* L. gemessen;

das Wachstum der Blätter ist hier bedeutend schneller als bei der vorigen Art, es wechselt ungefähr zwischen 3 und 5 mm pro Stunde. Sie zeigt dort auch eine Übereinstimmung der Wachstumskurve mit der Lufttemperatur, aber überdies wird auch das Wachstum tagsüber etwas eingeschränkt, wenn die Pflanze stark von der Sonne bestrahlt wird; ich habe aber nicht beobachtet, dass das Wachstum infolge der Sonnenbestrahlung ganz eingestellt würde, sondern es wurde nur bis auf etwa die Hälfte reduziert.

Schliesslich wurde in Tjibodas noch *Musa coccinea* Andre. gemessen. Diese Pflanze, die aus China eingeführt wurde, steht an einer offenen Stelle im Garten, die schon morgens um 7 $\frac{1}{2}$  uhr von der Sonne beschienen wird und bis mittags 5 der Sonnenbestrahlung ausgesetzt bleibt. Diese Art zeigt dort sehr deutlich eine Reaktion auf zwei beschränkenden Faktoren, nämlich Temperatur und Feuchtigkeit. Nachts sinkt die Wachstumsgeschwindigkeit bis etwa 6 U. morgens, um dann um 7 $\frac{1}{2}$  U. infolge der Temperaturerhöhung sehr schnell bis zu einem Maximum anzusteigen. Wenn jetzt der Himmel klar bleibt, so sinkt die Wachstumsgeschwindigkeit infolge der starken Verdunstung stark herab, um gegen Mittag, wenn die Temperatur noch hoch, aber die Verdunstung stark herabgesetzt ist, wieder zu einem Maximum anzusteigen. Während der Nacht fällt das Wachstum zugleich mit der Temperatur.

Fig. 19 zeigt uns die Kurve an einigen hintereinander folgenden Tagen von einem Blatt dieser *Musa*. Am 24. VII. 25 war ein sonniger Tag, am nächsten Tag (25. VII) war es mehr bewolkt; die weitere Kurve am Abend des 25. und am 26. Juli wird später besprochen werden, sie bezieht sich auf einige Versuche, die ich mit der Pflanze anstellte. In gegensatz zu den anderen Diagrammen sind hier nicht die Temperatur- und Luftfeuchtigkeitskurven des meteorologischen Anstalles, sondern die an Ort und Stelle gemessenen, aufgenommen.

7. *Amomum coccineum* K. Sch. und *Nicolaja speciosa* Horan.

Diese zwei Zingiberaceen-Arten tragen bis 5 m. lange aufrechte Laubstengel, die durch die umeinander gerollten Blattscheiden gebildet werden. Dies ist allerdings im grössten Teil dieses Stengels der Fall, nur im unteren Teil eines alten Stengels sind die Scheiden miteinander zu einem wirklichen Stamm verwachsen. Die Laubstengel entspringen

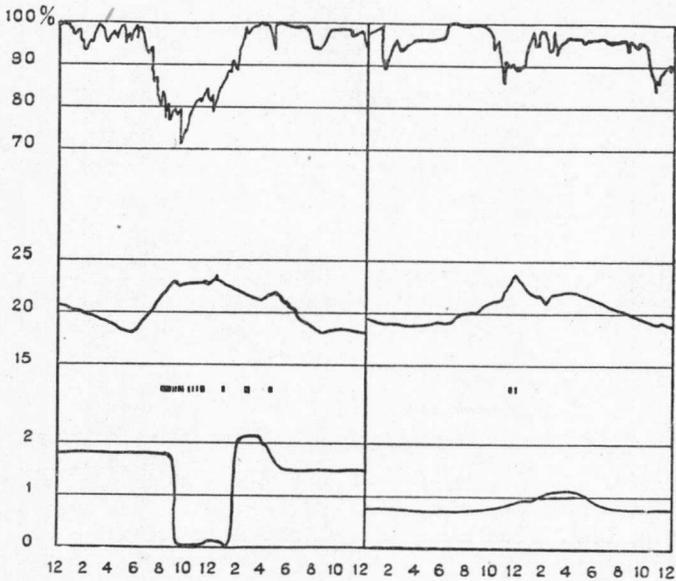


Fig. 9. Laubstengel von *Amomum coccineum* K. Sch. im Urwald von Tjibodas. Links am 18.VIII.25, rechts am 21.I.26.

einem unterirdischen Rhizom; die Laminae der ersten Blätter sind stark reduziert, sodass ein junger Laubstengel nur aus den umeinandergerollten Blattscheiden besteht, die spiessartig aus dem Boden hervorkommen. Ich mass das Längenwachstum an jenen jungen Laubstengelspiessen von  $\frac{1}{2}$  –  $1\frac{1}{2}$  m Höhe. *Amomum coccineum* K. Sch. ist im

Urwalde von Tjibodas sehr gemein; ich habe dort viele Laubstengel gemessen und fand immer, dass das Wachstum ziemlich gleichmässig vor sich geht, nur an sonnigen Tagen wird das Wachstum sehr verringert oder ganz eingestellt, solange die Sonne die Pflanze direct bescheint. Da aber die Pflanzen im Unterwuchs des Waldes vorkommen, ist es auch an sehr sonnigen Tagen nur selten, dass das

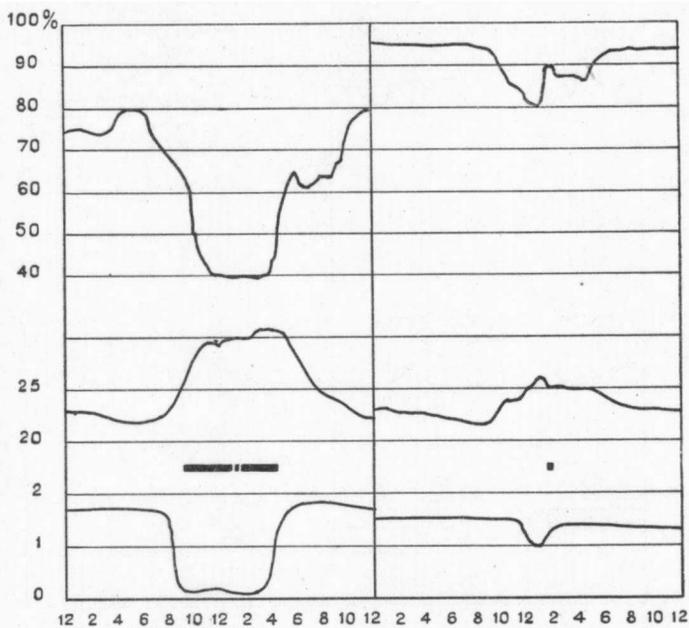


Fig. 10. Laubstengel von *Nicolaja speciosa* Horan. im Buitenzorger Garten. Links am 22.VII.25, rechts am 5.II.26,

Wachstum länger als 4—5 Stunden stockt. Ich fand nur eine sehr schwache Beeinflussung durch die Lufttemperatur.

Fig. 9 zeigt uns links die Kurve am 18.VII.25, rechts die Wachstumskurve an einem Regentag (am 21.I.26). Wie aus der letzten Kurve ersichtlich, ist das Wachstum am Tag ein wenig gestiegen, gleichsinnig mit der Lufttemperatur.

Im Buitenzorger Garten stehen viele Exemplare von *Nicolaja speciosa* Horan, im Waldgarten, im Schatten grösserer Bäume und Sträucher. Der Habitus dieser Pflanze ist genau wie der der vorigen Art, nur die Blütenstände sind sehr verschieden. Der Verhalten des Wachstums den meteorologischen Faktoren gegenüber ist auch genau wie bei der vorigen Art, es zeigt sich aber noch weniger Abhängigkeit von der Lufttemperatur. Die Fig. 10 zeigt uns links die Wachstumskurve an einem sonnigen Tag (22. VIII. 25) und rechts die Kurve an einem Regentag (5. II. 26).

#### 8. *Polygonum chinense* L.

Im Urwalde von Tjibodas bildet diese Art eine der gemeinsten Kletterpflanzen, aber auch in der Ebene ist sie eine häufige Erscheinung. Die Pflanze wurde in Tjibodas und in Buitenzorg gemessen; da die Exemplare im dichten Schatten des Urwaldes weniger schnell wachsen, wurde ein üppiges Exemplar am Waldesrand gewählt, das dem vollen Lichte ausgesetzt war. Im Buitenzorger Garten war die Versuchspflanze auch ein Exemplar in Freiland. Es wurde das Längenwachstum eines Hauptstengels gemessen, wobei die Holzklemme an den noch in der Scheide eingeschlossenen und aufgerollten Endblättern befestigt wurde; die Verlängerung dieser Endblättchen wurde also mitbestimmt.

An beiden Orten zeigte sich, dass an trockenen sonnigen Tagen das Wachstum infolge der Transpiration tagsüber stark herabgesetzt oder gar eingestellt wurde. An einem Regentag jedoch geht das Wachstum auch tagsüber ununterbrochen weiter. Die Fig. 11 zeigt uns links die Wachstumskurve in Buitenzorg an einem heissen trockenen Tag (21. VIII. 25) und rechts die Kurve eines Sprosses derselben Pflanze an einem Regentag (6. II. 26). Die rechte

Kurve zeigt sehr schön, wie das Wachstum auch auf die geringen Schwankungen in der Luftfeuchtigkeit an diesem Regentag reagiert.

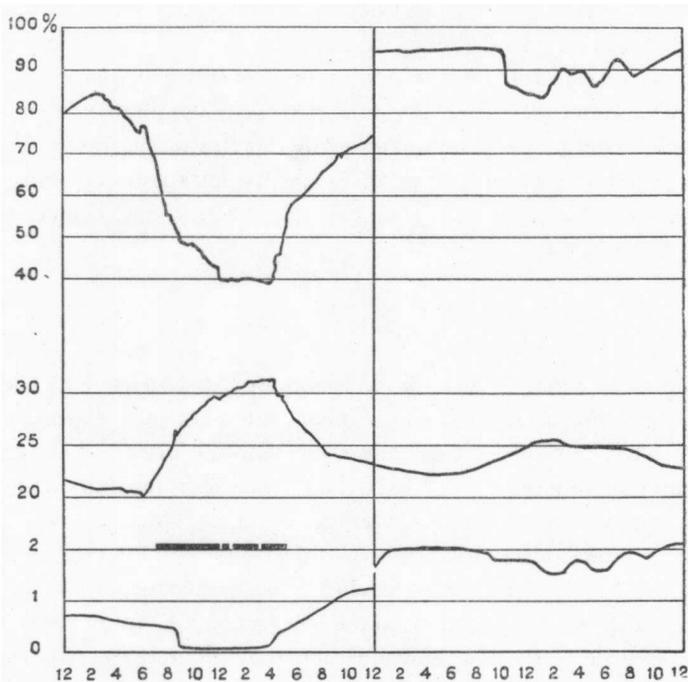


Fig. 11. Laubspross von *Polygonum chinense* L. im Buitenzorger Garten.  
Links am 21.VIII.25, rechts am 6.II.26.

### 9. *Bougainvillea spectabilis* Willd.

Dieser aus Süd-Amerika eingeführte Kletterstrauch bildet schnell wachsende verlängerte Zweige aus. Ich habe eine Pflanze in Buitenzorg gemessen und zwar einen kräftig wachsenden Trieb, aber nur in der Trockenzeit an einigen sonnigen Tagen. In der Nacht betrug das Längenwachstum 2—3 mm pro Stunde, aber tagsüber fiel es schon um 8 Uhr morgens schnell bis auf  $\frac{1}{2}$  mm pro Stunde, um erst

4—5 Uhr abends wieder schnell bis zu 3 mm pro Stunde anzusteigen. Am Tag hingen die Blätter während der starken Sonnenbestrahlung ein wenig schlaff.

#### 10. *Amherstia nobilis* Wall.

Diese aus Hinterindien auf Java eingeführte Leguminose ist sehr bekannt wegen der Laubausschüttung, die zuerst von Treub beschrieben wurde, und der auch ein Paragraph in Goebels „Entfaltungsbewegungen der Pflanzen“ gewidmet ist. Die jungen Sprosse wachsen im Anfang ziemlich langsam heran, allmählich aber wird das Wachstum kräftiger, um den grössten Wert zu erhalten, wenn die schlaff herabhängenden, rötlichen Blätter zu einer Länge von etwa 20 bis 35—40 cm ausgewachsen. Die Internodien des Kurz-Astes sind am schnellsten fertig, sodass die Messungen welche die Blätter in dieser schnellsten Wachstumsperiode umfassten, nur das Wachstum der gefiederten Blätter angeben.

In der Trockenzeit habe ich einen Kurzspross an einem grossen Baum gemessen; die Kurve war sehr charakteristisch. Während der Nacht fiel das Wachstum von ungefähr  $2\frac{1}{2}$  mm auf ungefähr  $1\frac{1}{2}$  mm am Morgen; während des Tages fiel die Wachstumsgrösse noch weiter, bis auf  $\frac{1}{2}$  mm von 9—11 Uhr vormittags, um dann im Laufe des Nachmittags bis auf  $2\frac{1}{2}$  anzusteigen und um 4 Uhr, als die Sonne sich dem Horizont näherte, schnell biss zu 5—6 mm anzusteigen. Diesen Wert behielt das Wachstum aber nicht lange, um 6—7 Uhr abends war es schon wieder auf die normale Grösse von  $2\frac{1}{2}$  mm gefallen.

Die Fig. 12 zeigt uns aber andere Kurven; links ist die Kurve von einem auswachsenden Laubblatt während eines Regentages, am 22. IV. 26 aufgenommen, rechts die Wachstumskurve desselben Blattes zwei Tage später, als die Sonne schien, am 24. IV. 26. Aber auch hier ist

ersichtlich, wie nach der Wachstumstockung während kurzer Zeit eine grosse Zuwachssteigerung stattfindet. Wie wir später sehen werden, ist dieses abnorm grosse Wachstum eine Folge von Turgorverringering während des

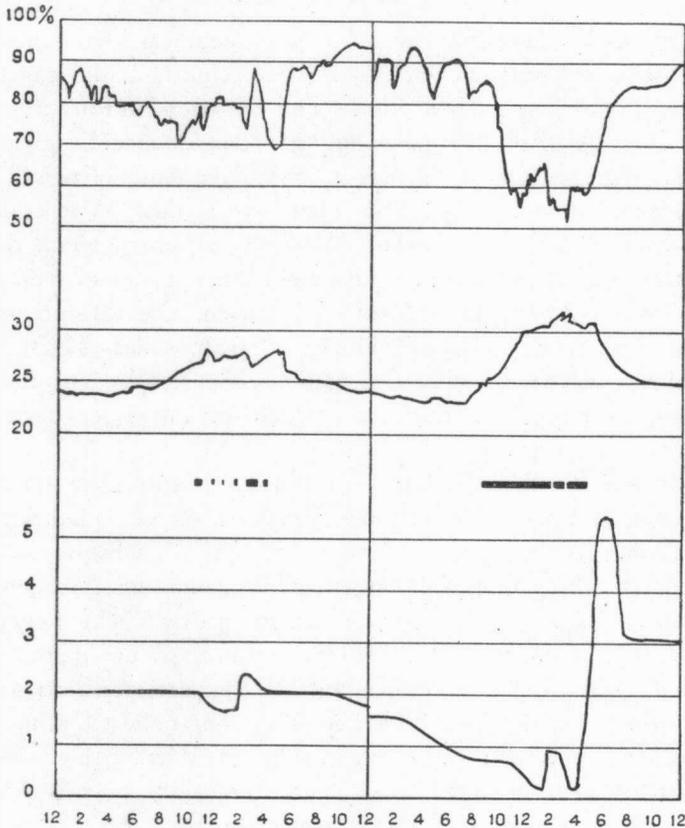


Fig. 12. Laubblatt von *Amherstia nobilis* Wall. im Buitenzorger Garten.  
Links am 22.IV.26, rechts am 25.IV.26.

Sonnenscheins mit darauffolgender Wiederherstellung des Turgors am Abend und demzufolge eine zeitliche Addierung der Verlängerung durch die Turgorsteigerung, und durch das Wachstum.

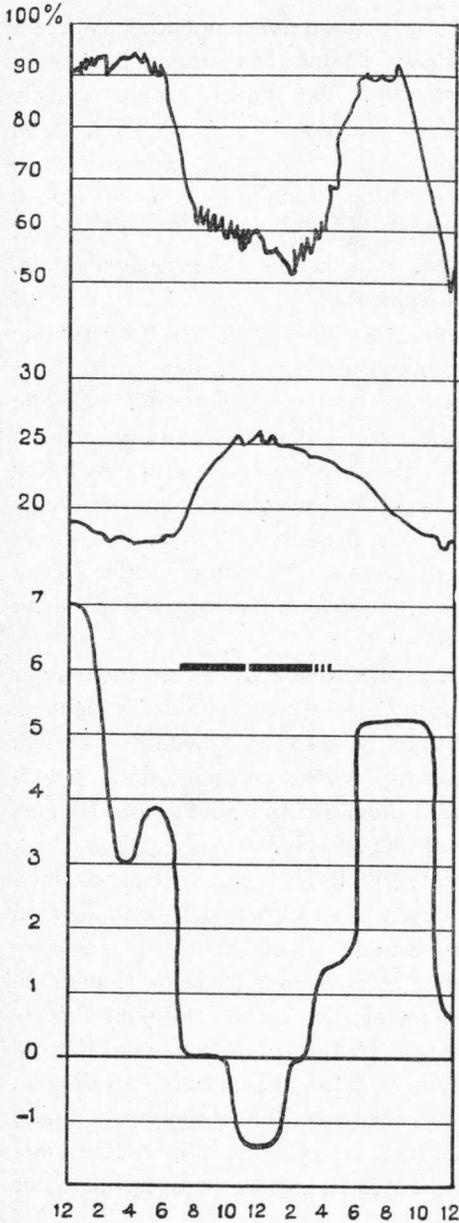


Fig. 13. Luftwurzel von *Cissus adnata* Roxb., im Urwald von Tjibodas, am 4.VIII.25.

#### 11. *Cissus adnata* Roxb.

Diese grosse Liane ist im Urwalde von Tjibodas sehr häufig; sie bildet typische Luftwurzeln aus, die wie dünne Bindfaden lotrecht herunterhängen und schnell nach dem Boden zu wachsen. Blaauw hat das Wachstum dieser Luftwurzeln gemessen und ausführlich beschrieben, er hat aber die Messungen nur morgens und abends vorgenommen, sodass die Wachstumskurve nicht bekannt war. Wie ich schon früher hervorhob, fand er, dass tagsüber das Wachstum bedeutend langsamer vor sich ging als nachts. Nach seinen Versuchen, wobei er die wachsende Zone dieser Wurzeln in dunklen Kisten einschloss, übte das Licht keinen directen Einfluss auf das Wachstum aus; er

meinte, dass die Wasserversorgung der hängenden Wurzeln das Wachstum beeinflusse. Meine Messungen bestätigen diese Auffassung vollständig. Die Fig 13 zeigt uns die Wachstumskurve an einem heissen Tag (am 4. VIII. 25) in der Trockenzeit. Es war damals sehr schwer, eine geeignete Wurzel mit wachsender Spitze zu finden, denn die meisten Spitzen waren vertrocknet. In der Regenzeit ist das Material aber reichlich vorhanden. Wie aus der Kurven ersichtlich, stellte sich das Längenwachstum sofort um 7 Uhr morgens ein, sobald die Pflanze, deren Krone oben in den Bäumen sich ausbreitet, durch die Sonnenstrahlen getroffen wurde. Als dann der Tag heiss und die Luft trocken wurde, verkürzte sich die gemessene Zone der Wurzel (wie aus der Kurve an dem „negativen“ Wachstum von 10—2 Uhr ersichtlich ist) um sich um etwa 3—5 Uhr wieder auf die alte Länge zu verlängern, sobald die heisseste Periode des Tages vorüber war. Dann aber setzte das Wachstum wieder kräftig ein, um mit der Verringerung der Luftfeuchtigkeit während der Nacht wieder zu fallen.

Die Fig. 14 zeigt uns die Kurve an zwei aufeinander folgenden Tagen (21. und 22. I. 26) während der Regenzeit. Am ersten Tag blieb das Wachstum konstant auf etwa 7—10 mm pro Stunde bis 9 Uhr morgens, dann fiel es bis auf null herab, weil die Lufttrockenheit von 100 bis 90 % fiel und die Sonne hervorkam.

Als dann aber um halb zwölf Uhr ein Regen kam, stieg das Wachstum sofort durch den wieder sich herstellenden Turgor auf 35 mm pro Stunde! Dann aber fiel es wieder schnell auf den normalen Wert von etwa 10—15 mm, um dann im Laufe der Nacht, als die Luftfeuchtigkeit (wahrscheinlich infolge trockener Winde vom Gipfel des Pange-rango) sich verringerte, auch wieder bis auf Null abzufallen. Die Wachstumskurve zeigt eine schöne Übereinstimmung mit der Kurve der Luftfeuchtigkeit und die Wachstumsstockung während der Nacht beweist, dass es nicht der

direkte Einfluss des Lichtes ist, der das Wachstum herabsetzt. Am nächsten Tag blieb das Wachstum gering, solange die Sonne schien; sobald aber eine Wolke um 10 $\frac{1}{2}$  Uhr vormittags vor die Sonne zog, stieg es wieder bis 7 mm,

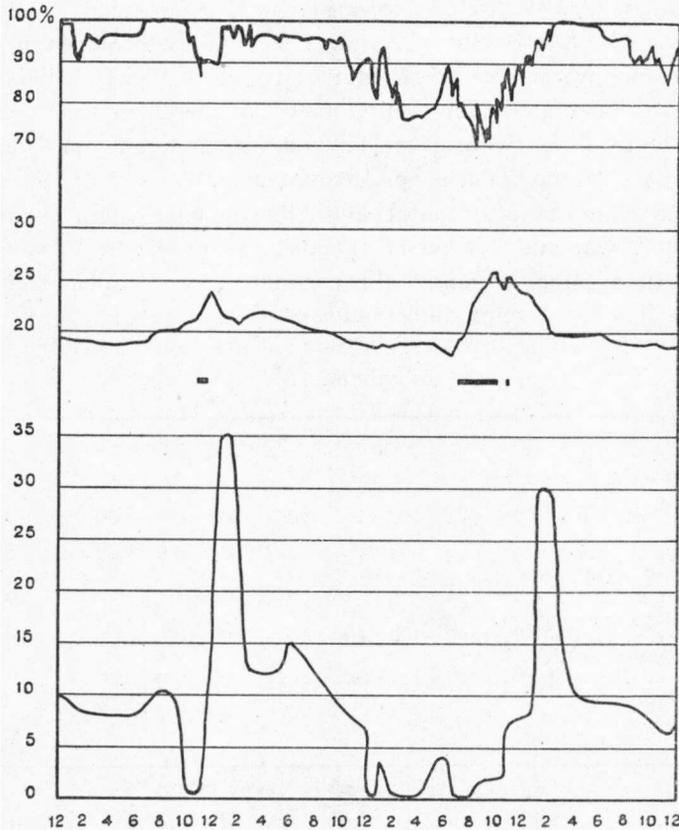


Fig. 14. Luftwurzel von *Cissus adnata* Roxb. im Urwald von Tjibodas. Links am 21., rechts am 22. I. 26.

um dann um 1 Uhr, als ein Regen fiel, plötzlich auf 30 mm anzusteigen. Wie aus obenstehendem hervorgeht, reagiert das Wachstum der Luftwurzeln dieser Pflanze ausserordentlich leicht auf Trockenheit; weil die Wachstumszone bis

über 1 Meter lang ist und daher das unverholzte Gewebe auch sehr weit in die Wurzel hinaufgeht, hat eine Turgorverringering auch eine beträchtliche Verkürzung der Wurzel zufolge. Darüber habe ich einige Messungen angestellt. Am 22.I.26, also mitten in der Regenzeit, hatte etwa von 8—10 Uhr vormittags die Sonne geschienen und nachher war es bewölkt. Um 11.15 vm. pflückte ich das Ende einer gesunden Luftwurzel von dieser Pflanze und verteilte es in zwanzig Stücke von 10 cm Länge, mit der Nummerierung an der Spitze anfangend. Dann wurde die Wurzel im Schatten aufgehängt, bis sie um 12 Uhr ganz schlaff war, und gemessen. Danach wurde sie in Wasser gelegt und um 1, 2 und 5 Uhr nachmittags wieder gemessen. Die Tabelle I zeigt die erhaltenen Werte.

Tabelle I.

		Länge der Teilstücke in mm										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
11.15 v.m...		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
12.— ..		93	93½	94	94	94½	94½	94½	94½	94½	94½	95
1.— n.m...		96	96	96	96	96	96	96	96	96	97	100
2.— n.m...		100	99½	100	100	100	100	100	100	100	100	100½
5.— n.m...		101½	102	102½	102½	102½	102½	103	102½	102	102	102

Verfolg Tabelle I.

		Länge der Teilstücke in mm.									Total
		12	13	14	15	16	17	18	19	20	
11.15 v.m...		100	100	100	100	100	100	100	100	100	2000
12.— ..		95½	95½	96	96	96	97½	98	98	98	1907
1.— n.m...		100½	100½	101	101	100	101	101	101	100	1967
2.— n.m...		101½	102	101	102	100	101½	101½	101½	100	2011
5.— n.m...		102	102	103	102½	100½	101½	101½	101½	100	2039½

Das letzte Stück von 2 m Länge dieser Wurzel war also während einer  $\frac{3}{4}$ -stündigen Austrocknung 9.3 cm kürzer geworden und verlängerte sich nach Eintauchen in Wasser innerhalb einer Stunde um 6 cm, innerhalb 5 Stunden um 13.25 cm! Es ist jetzt wohl begreiflich, dass die Wurzeln bei einem Regenschauer, der auf einige Stunden Sonnenschein folgt, sehr grosse Zuwachswerte zeigen; umso eher, da man erwarten kann, dass die Wasserzufuhr in der intakten Wurzel schneller vonstatten gehen wird als bei der abgeschnittenen untergetauchten Wurzel.

## 12. *Cissus sicyoides* L.

Diese im Buitenzorger Garten sehr gemeine Liane klettert dort besonders auf Bambusstöcken, die Krone der Bambusrohre mit ihrem Laub überziehend und sehr zahlreiche, rötliche, bindfadenartige Luftwurzeln herabsendend. Diese Wurzeln sind sehr zart, sodass es mir im Anfang viel Mühe gab, sie bei der Verbindung mit dem Auxanometer unverletzt zu erhalten. Ich habe diese Wurzeln während der Trockenzeit und auch an Regentagen in der Regenzeit mehrere Male gemessen, es war aber besonders auffallend, dass diese *Cissus*-Art, im Gegensatz zu der Art im Urwalde von Tjibodas, gar nicht durch die Lufttrockenheit oder den Sonnenschein beeinflusst wird. Die Wachstumsgeschwindigkeit der kräftigen Luftwurzeln fand ich in beiden Fällen als ungefähr 4–5 mm pro Stunde, sowohl am Tag als bei Nacht. Die in Buitenzorg auftretenden Schwan-

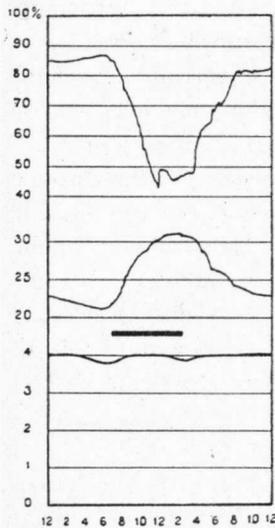


Fig. 15. Luftwurzel von *Cissus sicyoides* L. im Buitenzorger Garten am 28.VIII.25.

kungen der Lufttemperatur schienen wenig oder gar keinen Einfluss auf das Wachstum auszuüben und auch die Luftfeuchtigkeit hatte keinen erheblichen Einfluss. Dies ist umso bemerkenswerter, als die Pflanze ganz und gar den Eindruck macht, stark zu transpirieren; es mag sein, dass der feuchte Standort die Wasserversorgung auch an trockenen Tagen noch immer ermöglichte.

Die Fig. 15 zeigt uns die Wachstumskurve vom 28.VIII.25.

### 13. *Congea villosa* Wight.

Von dieser Liane habe ich auch die Klettersprosse gemessen, einmal während der Trockenzeit an einigen sonnigen Tagen und einmal während der Regenzeit. Die Kurve zeigte einige Übereinstimmung mit der Lufttemperatur; während der Nacht ein Wachstum von etwa  $\frac{1}{2}$ —1 mm pro Stunde, um am Tag bei Sonnenbestrahlung schnell bis zu einem Wert von etwa  $1\frac{1}{2}$ —2 mm anzusteigen. Dabei erkennt man aber auch einigen Einfluss der Luftfeuchtigkeit aus dem jähen Anstieg des Wachstums um 4 Uhr nachmittags, als die Sonne hinter einem Gebäude verschwand und die Feuchtigkeit der Luft schnell zunahm. Diese Wachstumssteigerung auf  $2\frac{1}{2}$  mm dauerte aber nur kurze Zeit an und gegen  $5\frac{1}{2}$  Uhr sank das Wachstum schnell auf den alten Wert von  $\frac{1}{2}$ —1 mm. Auch an Regentagen war das Wachstum tagsüber grösser als nachts.

### 14. *Aristolochia gigas* Lindl.

Diese windende Kletterpflanze mit ihren wunderschönen Riesenblüten, deren Geruch aber wieder zunichte macht, was die Gestalt und Farbe an Schönheit bietet, wird in einigen Exemplaren im Buitenzorger Garten gezüchtet. Ich mass das Längenwachstum eines kräftigen Klettersprosses während einiger Tagen in der Trockenzeit. Die Pflanze kletterte an einem Drahtgitter an der Nord-Seite eines

Gebäudes, sodass die Sonne im Juni, als die Pflanze gemessen wurde, den ganzen Tag bis ungefähr 3 Uhr nachmittags auf sie brannte, bis sie in den Schatten grosser Bäume kam. Das Wachstum war während dieser Zeit ziemlich konstant, es betrug meistens 4—5 mm pro Stunde. Nur am Tag, wenn die Sonne sehr heiss war, fiel es bisweilen für kurze Zeit auf etwa 3 mm herab, aber weder die Luftfeuchtigkeit noch die Lufttemperatur hatten grossen Einfluss auf die Wachstumsgeschwindigkeit.

#### IV. Diskussion der Beobachtungsergebnisse.

Wenn wir alle diese Beobachtungen überblicken, fällt uns zuerst wieder auf, wie sehr verschieden sich die Pflanzen verhielten, die unter natürlichen Bedingungen gemessen wurden. Die grösste Mehrzahl der gemessenen Pflanzen wuchs an heissen Tagen bedeutend langsamer als während der Nacht. Diese Gruppe umfasst: *Angiopteris evecta* (Blattstiel); *Dicksonia scandens* (Blattstiel); Bambusarten (junger Spross); Zuckerrohr (Spross); *Amomum coccineum* und *Nicolaja speciosa* (junger Laubstengel); *Polygonum chinense* (Spross); *Bougainvillea spectabilis* (Spross); *Amerstia nobilis* (junges Blatt); *Cissus adnata* (Luftwurzel).

Eine zweite Gruppe umfasst Pflanzen, die tagsüber bedeutend schneller wachsen als nachts: *Amorphophallus titanum* und *A. spectabilis* (Blütenstand); *Musa zebrina* (Laubblatt); *Congea villosa* (Spross).

Die dritte Gruppe umfasst die Arten, die eine Wachstumsverzögerung während der Nacht aufweisen, von einer Steigerung am Morgen gefolgt, dann wieder eine Verzögerung mitten an heissen Tagen, um abends wieder eine Steigerung aufzuweisen, die nach Sonnenuntergang allmählich herabgesetzt wird. Das schönste Beispiel in dieser Gruppe bildet *Musa coccinea* (Laubblatt), aber auch andere Arten zeigen einigermassen denselben Wachstumsvorgang.

wie z. B. *Angiopteris evecta* (Blattstiel) und *Musa paradisiaca* (Laubblatt).

Die vierte Gruppe umfasst schliesslich die Arten, die mit ungefähr gleicher Geschwindigkeit durchwachsen. Es sind dies: *Cissus sicyoides* (Luftwurzel); mehr oder weniger auch *Aristolochia gigas* (Spross).

Wie soll man diese Erscheinungen erklären?

Es ist wohl klar, dass sich diese verschiedenen Erscheinungen nicht alle auf dieselbe Ursache zurückführen lassen; darum werden wir die verschiedenen Gruppen gesondert betrachten. Vorerst die Hauptgruppe, die tagsüber ein geringeres Wachstum zeigt als nachts. Bis jetzt ist die Meinung noch ziemlich allgemein verbreitet (obschon sie doch durch verschiedene Untersuchungen, besonders die von Smith, genügend widerlegt wurde), dass Licht eine verzögernde Wirkung auf das Wachstum ausübt, wodurch tagsüber die Wachstumsgeschwindigkeit herabgesetzt wird. Diese Meinung habe ich öfters von verschiedenen Botanikern gesprächsweise gehört, sie wird auch z. B. noch durch Kuyper in seiner Abhandlung über das Wachstum von Zuckerrohr (1918) vertreten. Dort sagt er: „Die meist „vertretene Auffassung ist wohl diese, dass die Pflanze „eine tägliche Periodizität hat, die von dem Lichte induziert „wird, aber wobei Turgorschwankungen vielleicht auch „eine Rolle spielen.“ (S. 175).

Diese Auffassung lässt sich sowieso für die Pflanzen aus den drei anderen Gruppen nicht beibehalten, aber auch für mindestens ein Beispiel aus dieser ersten Gruppe ist schon bewiesen, dass das Licht in der freien Natur an und für sich keinen Einfluss auf das Wachstum ausübt oder höchstens einen so geringen Einfluss, dass er im Versuch nicht hervortrat. Ich meine hier die *Cissus adnata*-Luftwurzeln, deren Wachstum im Jahre 1911 von Blaauw untersucht wurde. Aber auch aus der Betrachtung der Wachstumskurven der anderen Arten in dieser Gruppe

lässt sich schon dieselbe Folgerung ableiten. Wir sahen, wie an sonnigen Tagen das Wachstum stark herabgesetzt oder gar ganz eingestellt wurde. An Regentagen ging das Wachstum aber ungehindert fort; eine induzierte Periodizität gibt es also nicht. Wohl konnte man meinen, dass es die directe Sonnenbestrahlung ist, die durch ihre grosse Intensität wachstumshemmend wirkt, aber wir haben bei verschiedenen Kurven gesehen, dass die Wachstumshemmung nicht sogleich auftritt, wenn die Pflanze durch Sonnenlicht beschienen wird, sondern dass sie oft erst auftritt, wenn die Luftfeuchtigkeit stark herabgesetzt ist. Ausserdem ist aus verschiedenen der reproduzierten Kurven zu ersehen, dass die Wachstumskurve mehr oder weniger parallel der Luftfeuchtigkeitskurve verläuft, auch wenn die Sonne nicht scheint. Besonders deutlich und beweisend ist dies bei der Luftwurzel von *Cissus adnata* am 22. I. 26 nachts von 12—6 Uhr, aber auch andere Kurven zeigen es mehr oder weniger deutlich.

K u y p e r meint, aus seinen Versuchen mit dem Zuckerrohr schliessen zu können, dass „die tägliche Periodizität „des Wachstums durch Licht und Feuchtigkeit beeinflusst „wird; dass der Einfluss des Lichtes im Allgemeinen wohl „der grösste ist“.

Diese Schlüsse zieht er aus den folgenden Versuchen: es wurde eine Pflanze, die schon einige Zeit lang gemessen war, unter schwarzem Tuch eingeschlossen und gut ventilirt. Es zeigte sich, dass das Wachstum jetzt am Tag bedeutend grösser war als tagsüber im Freien, aber noch bedeutend kleiner als nachts.

Ein anderes Mal wurde eine Pflanze unter schwarzem Tuch eingeschlossen, aber die Luft jetzt dampfgesättigt gehalten. Jetzt meinte K u y p e r, dass meistens das Nachtwachstum noch grösser sei als das Tageswachstum, obschon die Neigung besteht, sich auszugleichen. Wenn man aber seine graphische Darstellung nachsieht, so findet man aus

den Kurven, dass das Nachtwachstum der verschiedenen Internodien an fünf Tagen grösser war als das Wachstum am vorhergehenden und folgenden Tage, aber sechsmal war es kleiner. Es zeigt sich also, dass der Unterschied sich ausgeglichen hatte und man nicht von einer induzierten Periodizität reden darf. Ich meine denn auch, dass seine Folgerung nicht aus seinen Versuchsergebnissen abgeleitet werden darf. Später werde ich aber einige Versuche mit Zuckerrohr beschreiben, die m. E. endgiltig beweisen, dass nur die Wasserversorgung und nicht das Licht an und für sich für das geringere Tageswachstum verantwortlich ist.

Eine andere Untersuchung von Mason über die Dattelpalme könnte man auch als eine Stütze für die Auffassung der retardierenden Wirkung des Lichtes auf das Wachstum betrachten. Er fand, dass die Dattelpalme auch tagsüber viel weniger schnell wächst als nachts; wenn sie aber in einem schwarzen Zelte eingeschlossen wurde, nahm sie tagsüber das Wachstum wieder kräftig auf. Bei einer Beleuchtung mit einer Cooper-Hewitt-Quecksilber-Lampe, die reich an kurzwelligen Strahlen ist, wurde das Wachstum aber wieder herabgesetzt. Er selber meint aber, dass nicht das Licht selbst direkten Einfluss ausübt, sondern dass im dunklen die Stomata geschlossen werden und daher die Transpiration vermindert und das Wachstum beschleunigt wird. Er hat aber keine Messungen über die Öffnungsweite der Stomata angestellt. Diese Lücke habe ich einigermaßen ausgefüllt durch die Messung der Öffnungsweite der Stomata der Blätter einer jungen Dattelpalme im Buitenzorger Garten am Tag und bei Nacht mit der Infiltrationsmethode. Ich fand, dass tagsüber die Stomata weit geöffnet, am Abend aber nach Sonnenuntergang fast ganz verschlossen sind. Es wird dieser Fall also auch wohl wieder auf Turgeszenzverhältnisse zurückzuführen sein.

Die zweite Gruppe von Pflanzen, die tagsüber schneller als nachts wachsen, wird wohl keine Diskussion hervorrufen.

Man wird wohl ohne weiteres zugeben, dass hier die Temperatur, mit deren Kurve die Wachstumskurve so schöne Übereinstimmung zeigt, der in erster Stelle beschränkende Faktor ist.

Die vierte Gruppe, deren Vertreter Tag und Nacht mit ungefähr gleicher Geschwindigkeit durchwachsen, ist theoretisch auch einfach zu erklären: hier sind weder Temperatur noch Wasserversorgung beschränkende Faktoren. Man wird hier den konstanten beschränkenden Faktor wohl im Inneren der Organismus als „inneren Faktor“ suchen müssen,

Die dritte Gruppe zeigt deutlich den Einfluss zweier beschränkenden Faktoren: nachts ist die Temperatur der beschränkende Faktor, wie aus der Wachstumsbeschleunigung am frühen Morgen, wenn die Temperatur stark steigt, deutlich hervorgeht. Am Tag wirkt aber die Wasserversorgung beschränkend für das Wachstum. Diese Auffassung wird durch einen später zu beschreibenden Versuch mit *Musa coccinea* in Tjibodas bestätigt.

Um einen Einblick zu bekommen, inwieweit die Transpiration durch die Beleuchtung beeinflusst wird, habe ich von meinen Versuchs-Pflanzen sowohl im Buitenzorger Garten als im Urwalde von Tjibodas die Öffnung der Stomata nach der Infiltrationsmethode gemessen. Ich verwendete als Flüssigkeiten: Paraffinum liquidum, absoluten Alkohol, Petroleum und Petroläther. Zwar gibt Burgerstein in seinem bekannten Handbuch über die Transpiration, II Teil S. 23 an, dass Alkohol und Paraffinum liquidum fast gleichwertige Indikatoren sind, aber ich habe doch gefunden, dass sehr oft der eine eine positive Reaktion gab, während der andere fehlschlug, und umgekehrt, je nach der Pflanzenart. Da die Zeit, welche zwischen dem Auftragen des Flüssigkeittropfens auf das Blatt und dem Eindringen im Blattinneren verläuft, sehr verschieden sein kann, so habe ich weiter noch das Mass des Eindringens

für jeden Indikator näher eingeschätzt. 0 heisst, dass die Flüssigkeit innerhalb 20 Sekunden nicht eindringt; 1 heisst dass die Flüssigkeit während dieser Zeit nur sehr langsam und an vereinzelt Stellen eindringt; mit 2 wurde eine schnellere, aber doch noch immer nur stellenweise Infiltration bezeichnet; 3 heisst rasche und allgemeine Infiltration bezeichnet; 4 schliesslich bezeichnet eine momentane und allgemeine Infiltration.

Für jede Pflanze wurden jedesmal etwa 3—4 Messungen angestellt. Es wurden Blätter ausgewählt, die schon voll ausgewachsen, aber nicht zu alt waren, sodass nur möglichst gleichartiges Material beobachtet wurde.

Es braucht wohl nicht hervorgehoben zu werden, dass die Methode nur relative Werte gibt, die aber für unseren Zweck, die Vergleichung der stomatären Öffnung unter verschiedenen Verhältnissen, ausreicht. In der folgenden Tabelle habe ich den Mittelwert der verschiedenen Schätzungen aufgenommen; wenn bei 4 Messungen die Einschätzung für das Eindringen von z. B. Par. liq. waren: 0-0-0- und 1, dann wird in der Tabelle aufgenommen:  $\frac{1}{4}$ . Sie bezieht sich auf Pflanzen aus dem Buitenzorger Garten an einem sonnigen Tag, morgens um 10—11 Uhr; an einem Regentag um 12—1 Uhr mittags und einmal am Abend, zwischen 7—8 Uhr (ganz dunkel).

Tabelle II.

	Sonniger Tag.				Regentag.				Nacht.			
	Par. liq.	Alc. abs.	Petr.	Petr. Äther.	Par. liq.	Alc. abs.	Petr.	Petr. Äther.	Par. liq.	Alc. abs.	Petr.	Petr. Äther.
	Buitenzorger Garten.											
Angiopteris avecta .....	1/2	1	3	4	1/2	2	4	4	0	0	0	0
Schizostachyum Hasskarlianum...	2	1/4	3 1/2	4	2/3	0	3 1/2	4	0	0	0	1/2
Saccharum officinarum .....	2 1/2	2	4	4	2	0	3 1/2	4	0	0	1/2	1
Musa paradisiaca.....	2	2	4	4	—	—	—	—	0	0	0	0
Nicolaja speciosa.....	1/3	1	2 1/2	4	1/4	1 1/4	2 1/2	4	0	0	0	0
Polygonum chinense.....	1/3	3 1/2	4	4	1/3	3 1/2	4	4	0	1/2	1 1/2	3 1/2
Amherstia nobilis.....	0	1/2	4	4	1/2	1/2	4	4	0	0	0	0
Cissus sicyoides.....	0	1	3 1/2	4	0	1 1/4	3	4	0	0	0	0
Congea villosa.....	3	3 1/2	4	4	—	—	—	—	0	0	2	2 1/2
	Urwald von Tjibodas											
Angiopteris evecta.....	0	1/2	2 1/2	4	—	—	—	—	0	0	0	0
Dicksonia scandens.....	0	1/4	1	3	—	—	—	—	0	0	1	3
Musa zebrina.....	3/4	2	3	4	—	—	—	—	0	0	0	1/2
Musa coccinea (im Garten).....	1	2 1/2	2 1/2	4	—	—	—	—	0	1/4	3/4	3
Amomum coccineum.....	1/2	2	3	4	—	—	—	—	0	0	0	0
Polygonum chinense.....	1 1/2	2 1/2	3 1/2	4	—	—	—	—	0	1/4	1/4	4
Cissus adnata.....	1/2	2	3	4	—	—	—	—	0	0	2	3

Die Messungen ergaben also, dass die Pflanzen in Buitenzorg tagsüber die Spaltöffnungen weit geöffnet haben und dass es dabei wenig darauf ankommt, ob die Sonne scheint oder der Himmel bewölkt ist. Nur Angiopteris evecta hatte an einen Regentag etwas weitere Spaltenöffnung, während die Bambusart und das Zuckerrohr eine etwas geringere Spaltöffnungsweite zeigten. Während der

Nacht aber hatten die meisten Pflanzen ganz geschlossene Stomata; nur *Polygonum chinense* zeigte noch halb geöffnete Stomata, weniger auch *Congea villosa*, während die Bambusart und das Zuckerrohr eine äusserst geringe Öffnung aufwiesen.

Im Urwald von Tjibodas habe ich nur die Messungen an einem sonnigen Tag und am Abend (nachts) vorgenommen. Hier ist dieselbe Tendenz zu bemerken, es zeigen sich aber mehrere Arten, die noch mehr oder weniger geöffnete Spalten während der Nacht aufweisen. Es sind dies: *Dicksonia scandens*, die nachts ungefähr dieselbe Spaltöffnungsweite zeigt wie am Tag; *Musa zebrina* mit nur ganz wenig geöffneten Spalten; *Musa coccinea* im Garten angepflanzt mit etwa halbem Verschluss der Stomata; *Polygonum chinense* ungefähr wie in Buitenzorg und endlich *Cissus adnata* mit nur ziemlich geringer Spaltöffnungsregulierung. Dieser letzte Befund stimmt gut mit den erhaltenen Kurven überein, welche zeigten, dass eine Herabsetzung der Luftfeuchtigkeit während der Nacht eine sofortige Herabminderung der Zuwachsgeschwindigkeit der Luftwurzeln hervorrief.

## V. Versuche.

Um den endgültigen Beweis zu erbringen, dass das Licht im Freien an und für sich keine oder nur eine unerhebliche Wachstumshemmende Einwirkung ausübt, kann man verschiedene Versuchsanordnungen wählen. Man könnte z. B. in der Weise, wie Blaauw und Kuyper es gemacht haben, die wachsenden Organe in einem Zelt oder einer dunklen Kiste einschliessen und versuchen, die Temperatur und die Luftfeuchtigkeit in und ausserhalb der Kiste ungefähr gleich zu halten; dies wird aber sehr schwer sein. Wenn man den Versuch an einer Pflanze vornimmt, bei welcher das gemessene Organ selbst

wenig transpiriert, sondern die Wachstumshemmung durch die Transpiration der anderen Teile der Pflanze hervorgerufen wird (z. B. Luftwurzeln, junge Schösslinge von Bambus und Amomum), dann wird man keinen Einfluss der Verdunklung erhalten, wie dies Blaauw auch in seinen Versuchen fand. Wenn man aber eine Pflanze verwendet, bei der die Transpiration von dem verdunkelten Organ herrührt oder die ganze Pflanze eingeschlossen wird, so muss die Verdunklung eine grössere oder kleinere Zuwachssteigerung am Tag zufolge haben denn infolge der auftretenden Spaltöffnungsverschluss wird die Transpiration herabgesetzt. Dieser Verschluss der Stomata ist bei Verdunklung nicht zu umgehen, daher ist diese Methode für Pflanzenteilen mit regulierbaren Spaltöffnungen ungeeignet.

Eine einfachere und m. E. noch deutlichere Methode, um die Sache zu beweisen, ist die folgende: es wird eine Pflanze einige Tage gemessen und dann an einem heissen Tag, wenn das Wachstum schon stark herabgesetzt ist, werden alle transpirierenden Teile der Pflanze abgeschnitten und nur das gemessene Organ belassen. Wenn die Wachstumshemmung nur von der Transpiration herrührte, so muss plötzlich das Wachstum energisch einsetzen und an den folgenden Tagen tagsüber mit derselben oder grösserer Geschwindigkeit als nachts fortgesetzt werden. Diesen Versuch habe ich einige Male, immer mit dem gleichen erwarteten Resultat, vorgenommen.

Man könnte einwenden, dass die Wundreaktion einen störenden Einfluss auf das Wachstum ausüben werde. Bei jenen Pflanzen wobei das wachsende Organ nur durch ein Rhizom mit den verwundeten Teilen in Zusammenhang steht (Bambusa, Amomum, Nicolaja) ist diese Beeinflussung sehr problematisch, und auch bei den ändern Versuchsobjecten (Saccharum) kann man aus dem regelmässigen Verlauf der Wachstumskurve an mehreren aufeinander folgenden Tagen nach der Verwundung ableiten, dass die

Wundreaktion das Wachstum nicht oder nur unbedeutend beeinflusst.

Als Versuchsobjecte in Buitenzorg verwendete ich eine grosse Bambusart, deren Name mir unbekannt ist; ferner Zuckerrohr und *Nicolaja speciosa*. Im Urwald von Tjibodas verwendete, ich *Amomum coccineum* und *Cissus adnata*. Die Bambusart zeigte einen etwa 1½ m hohen Schoss, der sehr energisch wuchs; morgens um 11½ Uhr an

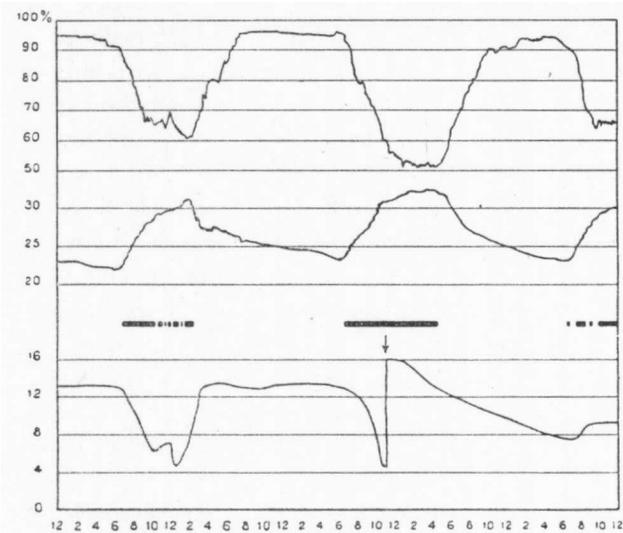


Fig. 16. Bambus-Schössling im Buitenzorger Garten am 8, 9 und 10.IV.26. Der Pfeil bezeichnet den Zeitpunkt der Entfernung der transpirierenden Theile.

einem sehr heissen Tag wurden die vier Bambushalme, die auf demselben Stock sassen, abgeschnitten. Sofort erholte sich das Wachstum, obschon die Sonne noch bis 5½ Uhr nachmittags schien. Am nächsten Tag zeigte die Wachstumskurve tagsüber keine Erniedrigung, sondern eine geringe Erhöhung wegen der höheren Temperatur am Tag. (Fig. 16).

Die *Nicolaja speciosa* trug einen austreibenden Laubstengel (50 cm hoch) und etwa 10 ausgewachsene Laubstengel. Am 9.IV.26 um 10 Uhr morgens, als das Wachstum schon vollständig aufgehört hatte, wurden alle ausgewachsenen Laubstengel abgeschnitten und nur der kurze auswachsende belassen. Auch hier wieder als Reaktion ein augenblicklicher energischer Zuwachs, der sich im Laufe der nächsten Stunden verminderte und dann weiter konstant blieb. Das *Amomum coccineum* in Tjibodas zeigte ganz

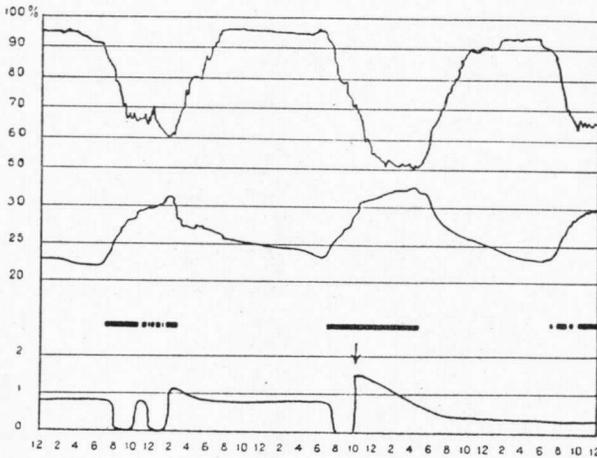


Fig. 17. Laubstengel von *Nicolaja speciosa* Horan, im  
- Buitenzorger Garten am 8, 9 und 10.IV.26.

dieselbe Reaktion, daher wird hier nur eine graphische Darstellung von *Nicolaja* abgedruckt (Fig. 17).

Beim Zuckerrohr habe ich zwei derartige Versuche angestellt; der eine wurde mit einer Pflanze im Freien gemacht, die einen energisch wachsenden Spross und noch einige andere Stengel trug. An heissen Tagen wurde das Wachstum tagsüber ganz eingestellt. Als ich jetzt um 12 Uhr mittags am 25.IV.26 alle Stengel mit Ausnahme des gemessenen abschnitt, von diesem alle

Blätter entfernte und nur die Endblätter mit der Holzklemme liess, zeigte sich eine plötzliche Zuwachssteigerung von 0 auf fast 5 mm! Diese Steigerung, die teilweise vom wieder hergestellten Turgor herrührt, fiel nach etwa einer Stunde auf den gewöhnlichen Wert von etwa 2 mm herab und an den folgenden Tagen zeigte die Kurve anstatt einer Zuwachsverringering, tagsüber infolge der höheren Temperatur eine Zuwachssteigerung (Fig. 18).

Der zweite Versuch wurde mit einer Topfpflanze vor-

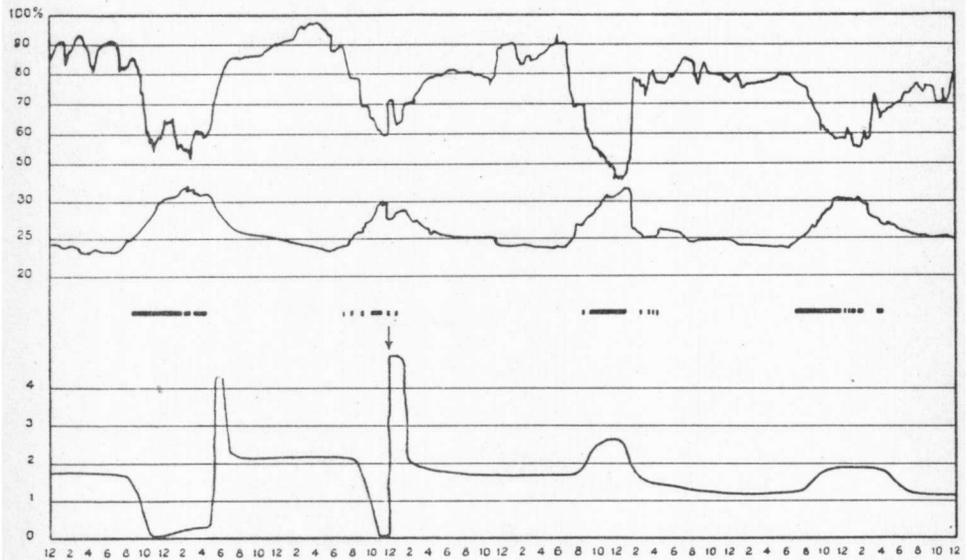


Fig. 18. Spross von *Saccharum officinarum* L. im Buitenzorger Garten. am 24–27.IV.26. Pfeil wie bei Fig. 16.

genommen. Hier war das Wachstum geringer, etwa  $\frac{3}{4}$  mm pro Stunde. Aber auch hier ergab sich dasselbe Resultat nach Entfernung der transpirierenden Fläche. Der Zuwachs stieg plötzlich um 11 Uhr vormittags, als die Operation vorgenommen wurde, von 0 bis 1 an und fiel dann allmählich wieder auf etwa  $\frac{1}{4}$  mm ab; als ich jetzt

am folgenden Tag um 8 Uhr morgens den Topf begoss, stieg das Wachstum plötzlich wieder auf  $1\frac{1}{2}$  mm, um im Laufe des Tags wieder infolge der Austrocknung im Topf, der dem vollen Sonnenschein ausgesetzt war, auf  $\frac{1}{4}$  mm zurückzugehen. Am folgenden Tag wurde die Begiessung erst um 12 Uhr vorgenommen; auch jetzt wieder dasselbe Resultat. Hieraus erhellt sehr schön, dass es nicht sosehr die Transpiration ist, die das Wachstum herabsetzt, sondern nur die ungenügende Wasserversorgung der wachsenden Organe infolge der starken Transpiration. Wenn aber auf anderer Weise, bei ausgeschalteter Transpiration, die Wasserversorgung erschwert wird, so zeigen sich ganz dieselben Erscheinungen, die bei einer verbesserten Wasserversorgung wieder aufgehoben werden. <sup>1)</sup>

Bei *Cissus adnata* im Urwalde von Tjibodas habe ich auch einen solchen Versuch angestellt; er war aber schwieriger auszuführen. Erst musste man eine wachsende Luftwurzel suchen, die von einer niedrig hängenden *Cissus*-Ranke herabkam; dan aber musste man in der Nähe schon in der Erde eingewurzelte Luftwurzeln haben, damit die Wasserzufuhr gesichert blieb, wenn die Ranke durchgeschnitten wurde. Nach einigem Suchen fand ich doch einen solchen Fall. Es zeigte sich wieder (beim Durchschneiden der *Cissus*ranke oberhalb und unterhalb der Luftwurzeln, sodass nur das Rankenstück in der Baumkrone mit der gemessenen Luftwurzel und mit zwei im Boden eingeschlagenen Luftwurzeln übrigblieb), dass das Wachstum von 0 plötzlich auf 16 mm pro Stunde stieg, um dann schnell bis auf ungefähr 9 mm herabzufallen. An den folgenden Tagen fiel das Wachstum, obschon die Sonne kräftig schien, nicht mehr bis auf 0 zurück, aber wohl ging es tagsüber bis auf 4 mm pro Stunde zurück. Auch

<sup>1)</sup> Sachs, Gesammelte Abh. über Pfl. Phys. XXX S. 742, hat auch festgestellt, dass eine Begiessung von Topfpflanzen jedesmal erhöhte Wachstumsgeschwindigkeit zufolge hatte.

nachts war dies einmal der Fall, als die Luftfeuchtigkeit bis auf 80 % zurückging. Es zeigte sich also, dass auch hier die Wasserversorgung der wachsenden Wurzeln tagsüber und bisweilen auch nachts der beschränkende Faktor ist, dass diese Wasserversorgung stark von der transpirierenden Laubkrone beeinflusst wird, dass aber auch die

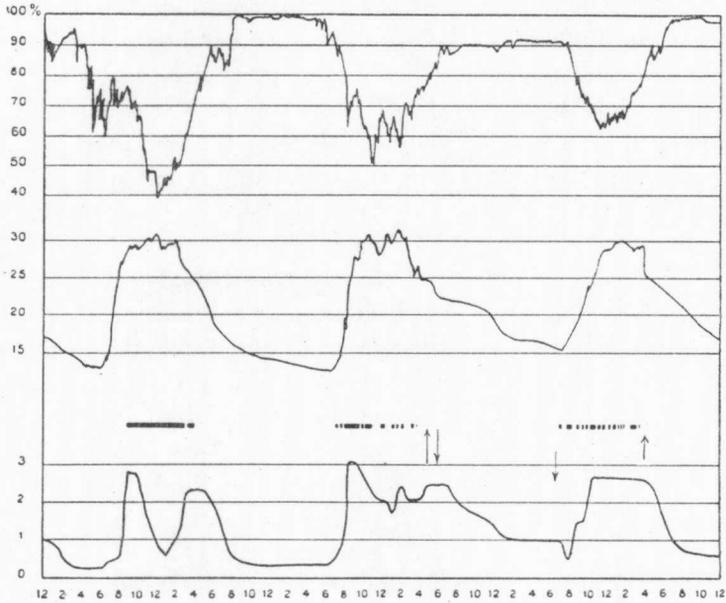


Fig. 19. Laubblatt von *Musa coccinea* Andre. im Garten von Tjibodas am 20–22.VII.25. Der erste aufrechte Pfeil bezeichnet das Einschliessen der Pflanze in einem Zelt, der erste umgekehrte Pfeil das Einstellen eines Ofens im Zelt, der zweite die Entfernung desselben, der zweite aufrechte Pfeil die Entfernung des Zeltes.

Luftwurzeln selbst direct von der Lufttrockenheit beeinflusst werden, vielleicht infolge Verdunstung durch die zarten Zellwände hindurch.

Schliesslich habe ich noch mit einer Pflanze aus der dritten Gruppe gearbeitet, bei der sowohl die Lufttempe-

ratur wie auch die Wasserversorgung beschränkende Faktoren sind. Es war dies die *Musa coccinea* im Berggarten Tjibodas (Fig. 19). Am 20.VII.1925 zeigte sie an einem sehr heissen und trockenen Tag eine sehr starke Zuwachsverminderung von etwa 11—2 Uhr, während um 6—7 Uhr abends die Zuwachskurve infolge der schnell sinkenden Temperatur sehr schnell fällt. Am nächsten Tag war der Himmel ziemlich bewölkt; da war die Zuwachsverminderung tagsüber auch viel geringer. Jetzt wurde um 4 Uhr nachmittags die Pflanze in einem Zelt von Pandanmatten eingeschlossen (in der Figur wird diese Manipulation durch einen aufrechten Pfeil angegeben) und um 5 Uhr wurde ein kleiner Petroleum-ofen unter dieses Zelt gestellt (umgekehrter Pfeil). Man sieht, wie jetzt die Temperaturkurve viel langsamer fällt und wie das Wachstum während der Nacht jetzt auch viel langsamer abnimmt, fast congruent mit der Temperaturkurve. Als am nächsten Morgen um 6 $\frac{1}{2}$  Uhr der Ofen weggenommen wurde (umgekehrter Pfeil) und die Temperatur noch um 1 $\frac{1}{3}$ ° C fiel, ging auch das Wachstum noch etwas zurück. Das Zelt wurde diesen Tag über gelassen, sodass die Sonne nicht direct auf die Pflanze scheinen konnte. Die Luftfeuchtigkeit ging jetzt in dem Zelt auch nicht so weit herunter wie im Freien, sondern nur bis etwa 63%. Vielleicht trat auch infolge der partiellen Verdunklung einen grösseren oder kleineren Spaltenverschluss auf, dies habe ich aber nicht kontrolliert. Allenfalls wurde die Transpiration herabgesetzt. Das Wachstum wurde denn auch nicht beeinträchtigt und blieb den ganzen Tag konstant auf 2.75 mm, um während der Nacht, als das Zelt weggenommen wurde (aufrechter Pfeil), wieder wie gewöhnlich schnell zu fallen. Für diese graphische Darstellung wurden die Luftfeuchtigkeit und die Lufttemperatur an Ort und Stelle unter dem Zelt aufgenommen, während alle anderen Diagramme diese zwei Kurven, wie sie von dem meteorologischen Dienst aufgenommen wurden, enthalten.

Schliesslich möchte ich erwähnen, dass sich bei keinem dieser Versuche, bei denen das Laub abgeschnitten wurde und daher das Licht noch stärker auf die wachsenden Organe auffiel als vorher, einen hemmenden Einfluss des Lichtes bemerken liess. Im Gegenteil, einige Pflanzen (Bambus und Zuckerrohr) wuchsen tagsüber, infolge der höheren Temperatur, noch schneller als nachts.

## VI. Zusammenfassung.

1. Es wurde das Längenwachstum von verschiedenen Organen (Blatt, Spross, Luftwurzel, Blütenstand) von 19 verschiedenen, unter natürlichen Bedingungen im Freien wachsenden Arten mit einem einfachen selbstregistrierenden Auxanometer aufgenommen.

2. Es zeigte sich, dass die meisten Pflanzen an heissen Tagen tagsüber weniger schnell wachsen als nachts. Diesen Unterschied zeigen sie dann aber nicht an Regentagen.

Eine andere Gruppe umfasst Pflanzen, die tagsüber bedeutend schneller wachsen als nachts.

Bei der dritten Gruppe folgt auf eine Wachstumsverzögerung im Laufe der Nacht eine Steigerung am Morgen, dann wieder eine Verzögerung mitten an heissen Tagen und abends wieder eine Steigerung.

Die vierte Gruppe umfasst Pflanzen mit ungefähr gleicher Wachstumsgeschwindigkeit am Tag und während der Nacht.

3. Aus dem Vergleich der Wachstumskurve mit den Kurven der Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit und mit dem Sonnenschein kann gefolgert werden, dass das verzögerte Wachstum an heissen Tagen nicht von einer directen Wachstumsverzögernden Einwirkung des Lichtes herrührt, sondern in erster Linie von einer erschwerten Wasserversorgung der wachsenden Organe infolge der gesteigerten Transpiration. Diese Folgerung wurde durch Versuche bewiesen.

Von einer festen, induzierten Periodizität des täglichen Wachstums wurde nichts bemerkt.

4. Bei allen beobachteten Tropenpflanzen treten ausser den inneren Faktoren entweder die Wasserversorgung der wachsenden Organe oder die Temperatur, oder beide als beschränkende Faktoren auf. Alle die beobachteten und unter 2 genannten Fälle lassen sich zwangslos hiemit erklären.

5. In Buitenzorg fand ich bei 9 untersuchten Pflanzen tagsüber weit geöffnete Stomata, meistens gleichviel ob die Sonne schien oder der Himmel bewölkt war; nachts waren die Spaltöffnungen meistens ganz geschlossen. 7 Pflanzen aus dem Urwald von Tjibodas zeigten dieselbe Erscheinung, mehrere Arten aber wiesen noch mehr oder weniger geöffnete Spalten während der Nacht auf.

## Literatur.

- W. Benecke und L. Jost Pflanzenphysiologie 1924.
- A. H. Blaauw. Das Wachstum der Luftwurzeln einer Cissus-Art. Annales du Jard. Bot. d. Buitenzorg XXVI. 1912 S. 266.
- M. Büsgen. Einige Wachstumsbeobachtungen aus den Tropen. Ber. d. D. bot. Ges. XXI. 1903. S. 435.
- F. C. von Faber. Physiologische Fragmente aus einem tropischen Urwald. Jahrb. f. Wiss. Bot. LVI. 1915. S. 197.
- C. Kraus. Physiologisches aus den Tropen. Annales du Jard. bot. d. Buitenzorg XII. 1895. S. 196.
- J. Kuyper. Bijdragen tot de physiologie der huidmondjes van *Saccharum officinarum* L. Archief v. d. Suikerindustrie in Ned. Ind. 23, 1915. S. 1673.
- Waarnemingen over de transpiratie van het Suikerriet. id. 23, 1915. S. 1715.
- Voortgezette metingen omtrent den lengtegroei van het Suikerriet. id. 26. 1918. S. 163.
- R. H. Lock. On the growth of Giant Bamboos, etc. Ann. roy. bot. Gardens of Peradeniya II. 1905 S. 211.
- S. C. Mason. The inhibitive effect of direct sunlight on the growth of the date palm. Journ. of agr. research, XXXI, 1925. S. 455.
- K. Shibata. Beiträge zur Wachstumsgeschichte der Bambusgewächse, Journ. coll. sci. Tokyo XIII, 1902, S. 427.
- A. M. Smith. On the application of the theory of limiting factors to measurements and observations of growth in Ceylon. Ann. roy. bot. Gardens of Peradeniya, III, 1906, S. 303.