

### III.

## Ueber den Einfluss der Lufttemperatur und des Tageslichts auf die stündlichen und täglichen Aenderungen des Längenwachstums (Streckung) der Internodien.

Von

Dr. Julius Sachs.

Der Einfluss, welchen die veränderliche Lufttemperatur und der periodische Wechsel von Tageslicht und nächtlicher Dunkelheit auf das Längenwachstum der Internodien und Blätter geltend macht, nachdem dieselben aus dem Knospenzustand hervorgetreten sind, ist vielfach Gegenstand der Untersuchung gewesen; schon CHRISTOPH JACOB TREW publicirte 1727 lange fortgesetzte tägliche Messungen am Blüthenschaft von *Agave americana* in Verbindung mit Temperatur- und Wetterbeobachtungen; aber erst hundert Jahre später gaben ERNST MEYER (1827) und MULDER (1829) der Forschung in dieser Richtung einen neuen Anstoss, dem dann VAN DER HOPP, DE VRIESE (1847, 1848) und Andere folgten; eingehender wurden die einschlägigen Fragen jedoch von HARTING (1842), CASPARY (1856), RAUWENHOFF (1867) bearbeitet.

Zu einer definitiven Beantwortung oder auch nur zur Feststellung einer wirklich brauchbaren Methode führten diese übrigens mit Fleiss und Ausdauer angestellten Beobachtungen nicht; die sorgfältige Durchsicht derselben zeigt, dass kaum zwei Beobachter zu demselben Resultat kamen, und dass die Auffindung gesetzlicher Beziehungen des Längenwachstums zur Temperatur und dem Licht sogar unmöglich war, da man sich einerseits die zu beantwortenden Fragen nicht klar und bestimmt genug stellte, anderseits die hier einflussenden Fehlerquellen und demnach die Schwierigkeiten der Beobachtung mehr oder weniger unbeachtet liess. Zwischen hinein erschien sogar noch eine Reihe von Mittheilungen, die einfach nur wiederholte Längenmessungen brachten, ohne die äusseren Umstände überhaupt oder genügend zu berücksichtigen, so dass man wohl ein Bild der fortwährenden Ungleichförmigkeit des Wachstums in verschiedenen Tagen und Tageszeiten erhielt, ohne jedoch die Ursachen derselben verzeichnet zu



finden; manche Beobachter beschränkten sich sogar darauf, den Unterschied des täglichen und nächtlichen Zuwachses constatiren zu wollen, überlegten aber nicht, dass „Tag“ und „Nacht“ für die Pflanze verschiedene und sehr variable Complicationen von Wachstumsbedingungen bedeuten, und dass eine solche Fragestellung unmöglich zur Auffindung gesetzlicher Beziehungen führen kann, so lange man nicht die einzelnen Factoren, welche in den Begriffen Tag und Nacht für die Pflanze enthalten sind, kennt; in diesem Sinne mehr oder weniger unbrauchbar für unseren Zweck sind z. B. die Mittheilungen von SEITZ, MEYER, MARTINS, DUCHARTRE.

Ich habe mich, wenn auch mit grossen Unterbrechungen, seit 1869 zunächst mit der Ausbildung genauerer Beobachtungsmethoden beschäftigt, und die zu beantwortenden Fragen besser zu sondern und klarzustellen gesucht.<sup>1)</sup> Es wird die Darstellung dieser Bemühungen, sowie die Mittheilung einiger schon jetzt gesicherten Resultate der Gegenstand dieser Abhandlung sein. — Da ich selbst erst durch meine eigenen Arbeiten ein Urtheil über den wissenschaftlichen Werth und die Resultate der Beobachtungen meiner Vorgänger gewonnen habe und ich glaube, dass auch der Leser erst einen Standpunkt gewinnen möchte, von dem aus die früheren Arbeiten verworthen werden können, so werde ich, abweichend von dem gewöhnlichen Verfahren, die Literatur erst am Schluss behandeln.

### I. Vorläufige Betrachtungen über die zu bearbeitenden Fragen und die etwa zu erwartenden Resultate.

Mit wenigen Ausnahmen hat die Mehrzahl der Beobachter des Längenwachstums Pflanzentheile ausgewählt, welche durch sehr beträchtliche Zuwächse in kurzen Zeiten sich auszeichnen; ganz besonders waren es die mächtigen Blütenstämme der Agaven, die wegen ihres raschen Wachstums wiederholt gradezu den äusseren Anlass zu derartigen Beobachtungen darboten; man war auf solche Objecte angewiesen, weil man sich begnügte, die Längenzuwächse einfach mit dem Maassstab zu messen, den man unmittelbar an die beobachteten Pflanzentheile anlegte. Wenn nun auch zuzugeben ist, dass bei rasch wachsenden Pflanzen auf diese Weise hinreichend genaue Messungen in ein- oder mehrstündigen Zeiträumen zu machen sind, so treten doch dabei andere Uebelstände auf, von denen ich nur zwei besonders hervorheben will; erstens sind nämlich Pflanzen, welche so schnell wachsen, dass man täglich auch nur vier bis sechs hinreichend genaue Messungen machen kann, selten zu haben; man ist dem Zufall preisgegeben und eine methodisch zusammenhängende Beobachtungsreihe ist kaum durchführbar; zweitens sind derartige Pflanzen (wie die Agaven,

<sup>1)</sup> Vergl. SACHS, Lehrbuch der Bot. II. Aufl. p. 632 und Verhandlungen der physik.-med. Gesellsch. in Würzburg 4. Febr. 1874.

Musaceae  
genöthig  
Himmel  
mässig  
Luft-  
Weise  
ist. Di  
stände  
schieden  
und ein  
Au  
achtung  
sende,  
zu mes  
sind a  
durch  
einmal  
der Be  
Di  
mental  
schlägi  
tenden  
Ka  
theils  
Bild d  
zu beu  
der Be  
nöthig  
Zeiträu  
thums  
const  
D  
hängig  
bald  
sich z  
dass  
ein M  
samen  
kann  
Temp



Musaceen, *Victoria regia*) meist von so beträchtlicher Grösse, dass man genöthigt ist, die Beobachtungen im Gewächshause oder gar unter freiem Himmel vorzunehmen, also unter Umständen, wo sie sehr grossen, unregelmässig wechselnden Schwankungen der Temperatur und des Lichts, der Luft- und Bodenfeuchtigkeit unterworfen sind, welche in angemessener Weise zu regeln und zu beherrschen der Beobachter ganz ausser Stande ist. Die Vergleichung der früheren Beobachtungen zeigt, dass diese Umstände wesentlich dazu beigetragen haben, die Resultate nicht nur verschiedener Forscher, sondern auch die desselben Beobachters verschieden und einander widersprechend ausfallen zu lassen.

Aus diesen Gründen hielt ich es für die nächste Aufgabe, eine Beobachtungsmethode zu finden, die es erlaubt, beliebige, auch langsam wachsende, kleine Pflanzen mit hinreichender Genauigkeit womöglich stündlich zu messen. Geeignete Objecte, die sich der Aufgabe vollständig anschmiegen, sind auch in diesem Falle noch schwierig genug zu haben, aber doch durch vorsichtige Cultur in Töpfen zu beschaffen: besitzt man sie aber einmal, so kann man sie im Zimmer unter beliebig veränderten Bedingungen der Beobachtung unterwerfen.

Die Fragestellung im Einzelnen entspringt hier, wie bei allen experimentalen Untersuchungen, aus der Erwägung der bereits bekannten einschlägigen Erscheinungen, aus denen sich auf die möglicherweise zu erwartenden Resultate schliessen lässt.

Kommt es darauf an, den Gang des Längenwachsthums eines Pflanzentheils so kennen zu lernen, dass man nicht nur ein zusammenhängendes Bild desselben von Anfang bis zu Ende erhält, sondern auch die Wirkungen zu beurtheilen vermag, welche bestimmte Schwankungen der Temperatur, der Beleuchtung und der Feuchtigkeit hervorbringen, so ist es durchaus nöthig, die Zuwächse in kurzen, d. h. in ein-, zwei- oder dreistündigen Zeiträumen zu messen und zugleich zu wissen, wie der Gang des Wachstums sich verhalten würde, wenn diese äusseren Ursachen sämmtlich constant wären.

Dass in der Pflanze selbst Ursachen thätig sind, welche ganz unabhängig von dem Wechsel äusserer Bedingungen, das Längenwachsthum bald beschleunigen, bald retardiren, war ohnehin zu vermuthen und liess sich z. Th. aus dem bisher Bekannten entnehmen. Schon HARTING<sup>1)</sup> fand, dass die Hopfenstengel anfangs langsam, dann immer rascher wachsen, ein Maximum der Geschwindigkeit erreichen und dann wieder immer langsamer wachsen, bis endlich das Wachsthum aufhört; auch MÜNTER erkannte, obgleich seine zahlreichen Beobachtungen bei sehr schwankenden Temperaturen gemacht waren, diese Thatsache, die er mit den Worten

<sup>1)</sup> HARTING: Tijdschrift voor natuurlijke Geschiedenis en physiol. Deel IX en X 1842 und Bot. Zeitg. 1843, p. 400.



ausdrückt<sup>1)</sup>: „dass ausser dem täglichen, aus Exacerbation und Remission zusammengesetzten Rhythmus auch eine Zunahme, Höhe und Abnahme (incrementum, acme, decrementum) der Intensität des Wachstums stattfindet. Die rhythmisch producirt Längen nehmen anfangs zu, steigen zu einer gewissen Höhe und nehmen dann ab bis zum völligen Aufhören.“ Am bestimmtesten hat bisher RAUWENHOFF (s. unter V) die Thatsache ausgesprochen, dass im Lauf einer Vegetationsperiode das Wachstum der Stengel erst zunimmt, ein Maximum erreicht und dann langsam bis auf Null sinkt.

Meine<sup>2)</sup> bei sehr constanten Temperaturen an Keimpflanzen gemachten Messungen hatten Zunahme, Maximum und Abnahme nicht nur für die Keimstengel, sondern auch für die Wurzeln ergeben, für welche wir kürzlich neue Bestätigungen durch DR. KÖPPEN<sup>3)</sup> erhalten haben. Aber nicht bloss ganze Stengel, Internodien und Wurzeln zeigen diese Zu- und Abnahme des Wachstums aus innern, noch unbekannten Ursachen, sondern auch einzelne kurze Abschnitte eines Internodiums thun dasselbe; man kann diess schon aus einer sorgfältigen Betrachtung der Zahlen von MÜNTER<sup>4)</sup> und GRISEBACH<sup>5)</sup>, obwohl diese selbst es nicht hervorheben, entnehmen, deutlicher tritt diese Thatsache in unserer Tabelle I hervor; das dort als Beispiel gewählte epicotyle Internodium von *Phaseolus multiflorus* wächst in basifugaler Richtung, d. h. jeder höher liegende Querschnitt beginnt und vollendet sein Wachstum später, als jeder nächst untere; daher zeigen uns die tieferen Querzonen e, f, g, h, i des Internodiums auf der Tabelle nur noch die fortschreitende Abnahme (das Aufhören) des Wachstums, die höheren, k, l, m aber lassen noch die Zunahme, das Maximum und die Abnahme erkennen.

Ich werde im Folgenden, um eine wichtige Thatsache kurz bezeichnen zu können, die anfängliche Zunahme, Erreichung eines Maximums und endliche Abnahme der Wachstumsgeschwindigkeit eines Pflanzentheils, unabhängig von äusseren Einflüssen, als die grosse Periode, oder auch im Hinblick auf die graphische Darstellung derselben (vergl. Tafel I und II) als die grosse Curve des Wachstums bezeichnen.<sup>6)</sup> Nach dem eben Mitgetheilten ist ersichtlich, dass jeder Querschnitt eines Internodiums eine solche grosse Wachstumsperiode besitzt, dass sich aus diesen die des ganzen Internodiums summirt und dass wahrscheinlich in ähnlicher Weise

1) MÜNTER, Botan. Ztg. 1843, p. 425.

2) SACHS in Pringsh. Jahrb. für wiss. Bot. 1860. II. p. 344.

3) KÖPPEN, „Wärme und Pflanzenwachstum“, eine Dissertation. Moskau 1830.

4) MÜNTER: Linnæa 1844, Bd. 45 p. 209 und Bot. Zeitg. 1843.

5) GRISEBACH in WIEGMANN'S Archiv für Naturgeschichte 1843 p. 267 ff.

6) Ich habe fast alle Zahlenreihen meiner Vorgänger betreffs des Längenwachstums auf Coordinaten übertragen; auch dort tritt, ähnlich wie in meinen eigenen Beobachtungsreihen, die Existenz der grossen Curve meist deutlich hervor.

die gr  
Periode  
Bi  
die Wa  
Einfluss  
hervorz  
welche  
noch a  
von au  
Diese  
Wach  
der Vic  
p. 631  
VI, VII  
Ich  
die de  
eine Th  
wird;  
gehobe  
kungen  
durch  
Aeusse  
ein wa  
aber b  
Tagen  
Functio  
zeitig  
höhere  
oder T  
einem  
Es lie  
die Pl  
die Pl  
allein

1)  
2)  
thums  
variiren  
REINKE  
Grade  
durchge  
äussere  
äussere



die grosse Periode eines ganzen vielgliedrigen Stengels aus den grossen Perioden der aufeinanderfolgenden Internodien entsteht.

Bietet nun die grosse Curve des Wachsthum ein Beispiel dafür, wie die Wachsthumsgeschwindigkeit eines Pflanzentheils unabhängig von äusseren Einflüssen, ja trotz derselben, sich gleichmässig ändert, so ist andererseits hervorzuheben, dass die starken Schwankungen der Längenzuwachse, welche man bei halbstündigen oder stündlichen Beobachtungen wahrnimmt, noch auf andere innere Ursachen hinweisen, welche ebenfalls unabhängig von äusseren Einflüssen, die Wachsthumsgeschwindigkeit mit bestimmen. Diese Erscheinung, die ich als „stossweise Aenderungen des Wachsthum“ bezeichnen will, wurde schon von CASPARY für das Blatt der *Victoria regia*<sup>1)</sup>, dann von mir in meinem Lehrbuch der Botanik (II. Aufl. p. 634) angedeutet; sie lässt sich aus unseren Tabellen und Tafel V, VI, VII erkennen.<sup>2)</sup>

Ich zweifle nicht, dass die Kenntniss der grossen Periode sowohl, wie die der stossweisen Aenderungen des Wachsthum später einmal für eine Theorie der Mechanik des Wachsthum von bedeutendem Nutzen sein wird; hier indessen habe ich beide Erscheinungen nur desshalb hervorgehoben, weil ihre Kenntniss durchaus nöthig ist, wenn man die Wirkungen äusserer Einflüsse auf das Längenwachsthum aufsucht und weil durch sie die experimentale Feststellung gesetzlicher Beziehungen auf das Aeusserste erschwert wird. Setzt man z. B. den Fall, man beobachte ein wachsendes Internodium bei constanter Feuchtigkeit und Finsterniss, aber bei wechselnder Temperatur, so werden die in längeren Zeiten z. B. Tagen erhaltenen Verschiedenheiten der Zuwachse nicht ohne Weiteres als Functionen der verschiedenen Temperaturen aufzufassen sein, da sich gleichzeitig die Phase der grossen Periode ändert; es kann kommen, dass der höheren Temperatur (unterhalb des Optimums) ein geringerer stündlicher oder Tageszuwachs entspricht, weil sich das Internodium zu dieser Zeit in einem Zustand befindet, wo es überhaupt weniger wachsthumfähig ist. Es liegt nun nahe, die Schwierigkeit dadurch zu vermeiden, dass man die Pflanze rasch nach einander verschiedenen Temperaturen aussetzt, um die Phasendifferenz der grossen Periode auf ein Minimum zu reduciren: allein die stossweisen Aenderungen des Wachsthum, welche ganz unregel-

<sup>1)</sup> CASPARY, Flora 1856, p. 167 sub 3.

<sup>2)</sup> Ich habe übrigens zu bemerken, dass die stossweisen Aenderungen des Wachsthum um so weniger hervortreten, je weniger die äusseren Wachsthumbedingungen variiren; bei meinen früheren Versuchen (1869) und später bei denen, welche Herr REINKE im hiesigen Laboratorium 1870 machte, waren die Pflanzen bei weitem nicht in dem Grade vor Luftzug, Licht und Temperaturwechsel geschützt, wie bei meinen 1871 durchgeführten Beobachtungen; es scheint, dass der häufige und rasche Wechsel der äusseren Verhältnisse Unregelmässigkeiten des Wachsthum bewirkt, die mit den äusseren Einflüssen dann nicht unmittelbar Hand in Hand gehen.



mässig eintreten, können den Effect der Temperatur auf den Zuwachs bald steigern, bald vermindern, ohne dass man in der Lage wäre, zu entscheiden, wie viel auf Rechnung des Einen und des Anderen zu setzen ist. Ganz dieselben Schwierigkeiten werden sich bei constanter Temperatur in Bezug auf die Wirkung variabler Beleuchtung oder Feuchtigkeit in kurzen Zeiträumen wiederholen.

Diese Verwicklung mit inneren Störungen da, wo es sich darum handelt, die Wirkungen äusserer Agentien auf das Wachsthum kennen zu lernen, macht es nicht nur nöthig, die Zahl der Beobachtungen ausserordentlich zu häufen, sondern sie bringt es auch mit sich, dass man nur selten im Stande ist, aus den stündlichen Zuwachszahlen direkt irgend eine gesetzliche Beziehung abzuleiten; um diess mit Sicherheit zu erreichen, ist es vielmehr nöthig, die Zahlenwerthe auf Coordinaten zu verzeichnen; die Curven, richtig construirt, lassen dann gewöhnlich die ursächlichen Beziehungen klar hervortreten (Weiteres darüber vergl. unten).

Ziehen wir nun in Betracht, was sich betreffs der Wirkungen äusserer Bedingungen auf das Wachsthum etwa aus den bisher bekannten Erfahrungen vermuthen und feststellen lässt.

1) Feuchtigkeit der Umgebung; da es mir hier nicht darauf ankommt, die gesetzlichen Beziehungen zwischen dieser und dem Wachsthum zum Gegenstand eingehender Untersuchungen zu machen, so erwähne ich ihrer bloss, um darauf hinzuweisen, dass Aenderungen in der Feuchtigkeit der Umgebung den Gang des Wachstums mitbestimmen und also als Fehlerquellen auftreten können, wenn man die Beziehungen von Temperatur und Licht zum Wachsthum untersucht. Von dem Wassergehalt der Luft hängt bekanntlich der Wasserverlust der Pflanze durch Transpiration ab, der Feuchtigkeitsgehalt des Bodens bedingt einen mehr oder minder raschen Ersatz dieses Verlustes mittels der Wurzeln; Verlust und Ersatz aber bestimmen zusammen den Turgor der Zellen<sup>1)</sup> und dass dieser eine der wichtigsten und unmittelbaren Ursachen des Wachstums ist, darf mit Bestimmtheit behauptet werden, wenn auch direkt auf diesen Punkt gerichtete Untersuchungen noch kaum vorliegen. Indessen zeigt die tägliche Beobachtung an mikroskopischen Pflanzen, dass die Zellen derselben, so lange sie wachsen, stark turgesciren und man ist daran so gewöhnt, dass eine nicht turgescirende Zelle für krank, todt oder doch nicht für eine wachsende gehalten wird; ebenso zeigt die Erfahrung bei der Pflanzenkultur, dass das Wachsthum nur so lange oder doch nur dann kräftig stattfindet, wenn die wachsenden Theile turgesciren; werden wachsende Stengeltheile durch Verdunstung schlaff, welk, so verkürzen sie sich be-

1) Unter Turgor verstehe ich ausschliesslich den Grad der Spannung zwischen Zellsaft und Zellhaut oder in anderen Worten, die Grösse des Druckes, den der Zellsaft auf die Zellhaut und diese umgekehrt auf jenen übt.



trächtlich, wie die Messung zeigt. Theoretisch genommen entspricht es wenigstens unseren bisher gehegten Ansichten von dem Wachsthum, dass durch die Dehnung, welche die Zellhaut unter dem Druck des Zellsaftwassers erfährt, die Intussusception erleichtert, das Wachsthum beschleunigt wird.

Soll also durch die Feuchtigkeitsverhältnisse keine Störung im Gang des Wachsthumes veranlasst werden, so hat man dafür zu sorgen, dass der Turgor der beobachteten Pflanze womöglich constant bleibe; es wird diess am sichersten erzielt, wenn man die Beobachtungsbedingungen so einrichtet, dass die Verdunstungsfläche sehr klein, der Wassergehalt der Luft und des Bodens nahezu constant ist. Diese Forderung lässt sich bei kleineren Pflanzen und im Zimmer genügend erfüllen, wie meine Untersuchungen zeigen, unmöglich ist diess dagegen im Freien und bei grossen Pflanzen; hier kann man zwar den Boden constant feucht erhalten, aber nicht die die Pflanze umgebende Luft: bei dem sehr starken und oft plötzlichen Wechsel der psychrometrischen Differenz in der umgebenden und bewegten Luft, wird die Pflanze umsoweniger im Stande sein, den Transpirationsverlust sofort und vollständig zu ersetzen, je grösser sie ist, je mehr Fläche ihre Blätter darbieten und je länger der Weg von den Wurzeln bis zu diesen ist; es liegen sogar Beobachtungen von DE VRIESE vor<sup>1)</sup>, welche zeigen, dass bei allerdings mangelnder Bewurzelung einer Agave, der wachsende Blütenstamm am Tage, bei gesteigerter Transpiration, sich wiederholt verkürzte, um bei abnehmender Temperatur und Beleuchtung, aber zunehmender Luftfeuchtigkeit sich wieder durch Wachsthum zu verlängern. So lehrreich an sich ein derartiges Vorkommniss ist, so sehr hat man sich doch davor zu hüten, wenn es darauf ankommt, den Einfluss der Temperatur und des Lichts auf das Wachsthum zu studiren.

2) Temperatur. Dass das Wachsthum erst dann beginnt, wenn eine gewisse niedere Temperatur (der specifische Nullpunkt) überschritten wird, dass es um so mehr beschleunigt wird, je höher die Temperatur liegt, dass bei einer gewissen höheren Temperatur, Optimaltemperatur, (zwischen 20 und 30° C.) ein Maximum der Wachsthumsgeschwindigkeit eintritt, während bei noch weiterer Steigerung der Temperatur die Zuwachse wieder abnehmen, habe ich früher<sup>2)</sup> für Keimpflanzen dargethan und KÖPPEN hat diess in seiner erwähnten Arbeit bestätigt. Uebrigens hatte schon HARTING (1842) ein derartiges Verhalten für die Hopfensprosse aus seinen Beobachtungen gefolgert, ohne jedoch zwingende Beweise dafür beizubringen.

Diese Thatsachen sind für die uns vorliegende Aufgabe nur insofern zu verwerthen, als man zunächst beachten muss, dass Temperaturen unter-

1) Vergl. unten den VII. Abschnitt.

2) SACHS in Pringsh. Jahrb. f. wiss. Bot. II. p. 338.



halb des specifischen Nullpunktes überhaupt keine Wirkung auf das Wachsthum üben, oder besser gesagt dasselbe nicht zu Stande kommen lassen; und dass eine Erwärmung bis über die Optimaltemperatur schädlich wirkt. Da jedoch im natürlichen Verlauf der Dinge Temperaturen oberhalb des Optimums nur selten vorkommen, bei Experimenten aber vermieden werden können, so will ich im Folgenden ganz davon absehen und unter höheren Temperaturen nur solche unterhalb des Optimums, also günstigere verstehen. Dass selbst innerhalb dieser Grenzen eine einfache Beziehung zwischen Temperatur und Wachstumsgeschwindigkeit nicht besteht, geht schon aus HARTINGS Forschungen hervor, wurde von mir (a. a. O.) für Keimpflanzen ausführlich nachgewiesen und ist schon deshalb einleuchtend, weil bei der Existenz der grossen Periode und der stossweisen Schwankungen des Wachstums eine einfache Proportionalität zwischen Wachstum und Temperatur undenkbar ist, wenn es sich um einen und denselben Pflanzentheil zu verschiedenen Zeiten handelt. Es lässt sich bei dem jetzigen Stand unserer Kenntnisse eben nur soviel sagen, dass vom specifischen Nullpunkt ausgehend bis zum Optimum die Wachstumsgeschwindigkeit um so grösser ist, je höher die einwirkende Temperatur liegt. Dieses Alles gilt zunächst für constante Temperaturen; von DR. KÖPPEN ist (a. a. O.) die Frage ventilirt und z. Th. bejahend beantwortet worden, ob die Schwankungen der Temperatur als solche eine Verlangsamung des Wachstums bewirken. Ich enthalte mich hier einstweilen jedes Urtheils, da ich bei Mittheilung meiner Untersuchungen darauf zurückkomme.

Wenn man von der Wirkung der Temperatur auf das Wachsthum redet, so setzt man stillschweigend voraus, dass die durch das Thermometer angezeigte Temperatur auch wirklich in dem wachsenden Pflanzentheil vorhanden sei. Handelt es sich dabei um Wurzeln, welche in Erde wachsen und um ein zwischen derselben in die Erde gestecktes Thermometer, so ist die Annahme gewiss gerechtfertigt; nicht so, wenn man die Temperatur der Luft nach einem in der Luft aufgehängten Thermometer mit dem Wachsthum eines in der Luft befindlichen Pflanzentheils vergleicht. Da sowohl die Thermometerkugel wie der Pflanzentheil ihre Temperatur der Wärmeleitung und der Strahlung verdanken, diese aber bei beiden gewiss erheblich verschieden sind, so wird schon aus diesem Grunde nur selten der Fall eintreten, dass die Temperatur des wachsenden Gewebes durch das daneben hängende Thermometer genau angegeben wird. Dazu kommt, dass in einer nicht ganz mit Wasserdampf gesättigten Luft, die Pflanze transpirirt und sich dabei abkühlt, was an dem trockenen Thermometer nicht stattfindet; anderseits ist es aber gewiss, dass ein nasses Thermometer durch die Verdunstung viel stärker abgekühlt wird als die Pflanze, deren Verdunstung im Verhältniss zur Oberfläche und Masse viel geringer ist. Hat man daher nicht Gelegenheit, das Thermometer in das beobachtete Internodium selbst einzusenken, und das ist bisher nie ge-

schehen  
neben d  
selben a  
bei rasc  
tete Pfla  
peratur  
schieden  
wenn m  
Tempera  
werde ic  
fehler m  
Gar  
wachsen  
durch d  
mit dem  
in ander  
oberirdis  
so mach  
an den  
veränder  
zeln viel  
der Luft  
es z. B.  
verminde  
langsam  
Blätter  
nach ein  
gors abe  
sein. —  
Resultat  
kenntlich  
wieder d  
und geri  
folgen ka  
selben m  
Differenz  
Tempera  
einander  
3)  
insofern  
Pflanzent  
siver die  
schleunig



sehen, bei kleinen Pflanzen auch unmöglich, so giebt das Thermometer neben der Pflanze nur in sehr ungenügender Weise die Temperatur derselben an. Beobachtet man unter freiem Himmel, bei bewegter Luft und bei raschem Temperaturwechsel oder unter Verhältnissen, wo die beobachtete Pflanze direkt von der Sonne beschienen wird, so wird die Temperatur der Pflanze nicht selten eine von der des Thermometers sehr verschiedene sein; auch diese Fehlerquelle wird auf ein Minimum herabgedrückt, wenn man in einem Zimmer, bei ruhiger Luft, langsamer und geringer Temperaturschwankung und in diffusem Licht beobachtet. Weiter unten werde ich die Mittel angeben, die ich anwandte, um diesen Beobachtungsfehler möglichst unbeträchtlich zu machen.

Ganz abgesehen davon, dass unter Umständen die Temperatur eines wachsenden oberirdischen Pflanzentheils auch von der Temperatur des durch die Wurzeln aufgenommenen Wassers und durch Wärmeaustausch mit dem Boden verändert werden kann, ist der Einfluss des Bodens noch in anderer Beziehung von Gewicht. Unterliegt die Luft und mit ihr der oberirdische Pflanzenteil raschen und kräftigen Temperaturschwankungen, so machen sich diese nur langsam und in geringer Stärke im Boden und an den Wurzeln geltend; dadurch kann aber die Turgescenz der Pflanze verändert werden; ist z. B. der Boden sehr warm, so nehmen die Wurzeln viel Wasser auf und der Turgor steigert sich, wenn die Temperatur der Luft nicht hinreicht eine kräftige Verdunstung zu veranlassen (so ist es z. B. am Abend nach einem warmen Tage), umgekehrt wird der Turgor vermindert, wenn bei niedriger Bodentemperatur die Wurzeln das Wasser langsam aufnehmen, während ein warmer Wind oder Sonnenschein die Blätter zu starker Transpiration anregen (so z. B. nach Sonnenaufgang nach einer kalten Nacht). Von den so bewirkten Aenderungen des Turgors aber wird die beobachtete Wachstumsgeschwindigkeit mit beeinflusst sein. — Bei Beobachtung im Freien werden auch diese Verhältnisse das Resultat betreffs der Temperaturwirkung, die man untersucht, bis zur Unkenntlichkeit entstellen können, und auch in diesem Sinne empfiehlt sich wieder die Beobachtung im Zimmer, bei ruhiger Luft bei sehr langsamen und geringen Temperaturschwankungen, denen die Erde des Blumentopfes folgen kann; wenn auch unter solchen Verhältnissen die Temperatur derselben meist um einige Grade tiefer liegt als die der Luft, so ist doch die Differenz gering und fast constant, d. h. die als Curven verzeichneten Temperaturen der Luft und der Erde (im Topf), laufen fast parallel über einander hin.

3) Licht. Der Einfluss des Lichts auf das Längenwachstum ist insofern bekannt, als wir wissen, dass es bei allen positiv heliotropischen Pflanzentheilen durch das Licht um so mehr verlangsamt wird, je intensiver dieses ist, dass mit zunehmender Dunkelheit das Wachstum beschleunigt wird, so lange es nicht an Baustoffen für das Wachstum fehlt.



— Leider haben wir noch keine brauchbare Methode, die so sehr wechselnden Lichtintensitäten so zu messen, dass die Messungen für die beobachtete Pflanze unmittelbare Geltung haben; Messungen der mit dem Auge wahrnehmbaren Helligkeit würden, auch wenn sie bequem ausführbar wären, etwas anderes darbieten, als das gesuchte Maass derjenigen Lichtstrahlen, welche das Längenwachsthum beeinflussen; diess sind nämlich, wie direkte Beobachtung und der Heliotropismus im farbigen Licht zeigt, die blauen, violetten und ultravioletten, also die unpassenderweise so genannten chemischen Strahlen, für welche BUNSEN und ROSCOE<sup>1)</sup> eine Messungsmethode ausgebildet haben, deren Handhabung für unsere Zwecke übrigens mit grossen Schwierigkeiten verbunden sein würde. Da sich aus den von ihnen gemachten Bestimmungen ergibt, dass die „chemische Intensität“ des Tageslichts im Allgemeinen von Sonnenaufgang bis Mittag rasch zunimmt, um von da bis Sonnenuntergang wieder ebenso rasch abzunehmen und da diess für den von mir verfolgten Zweck einstweilen hinreicht, so habe ich photochemische Messungen nicht vorgenommen.

4) Combination der Wachstumsbedingungen. Versuchen wir es nun, auf Grund der gemachten Erwägungen, uns eine Vorstellung von dem Gang des Wachsthum oder seiner graphischen Darstellung, der Wachsthumcurve, eines Internodiums zu machen, welches den wechselnden und verschiedenen Wachstumsursachen zunächst in freier Luft ausgesetzt ist, so leuchtet sofort ein, dass die Wachsthumcurve die mannigfaltigsten Formen annehmen kann, je nachdem die verschiedenen Ursachen in gleichem oder entgegengesetztem Sinne wirken, je nachdem sich das wachsende Glied in dieser oder jener Phase seiner grossen Periode befindet. Um hier sogleich die oft aufgeworfene Frage zu behandeln, ob das Wachsthum Nachts stärker oder schwächer sei, als am Tage, und ihren wahren Sinn klar zu legen, versuchen wir eine Analyse der durch die Worte Tag und Nacht bezeichneten Combinationen von Wachstumsursachen und ihren Wirkungen. Gewöhnlich ist die mittlere Tagetemperatur höher als die mittlere Nachttemperatur, es müsste dem entsprechend das Wachsthum am Tage ausgiebiger sein als in der Nacht; das Tageslicht jedoch wirkt in entgegengesetztem Sinn und es wird darauf ankommen, ob die Intensität der wirksamen Strahlen hinreicht, die Temperaturwirkung aufzuheben; es wird sich der Erfolg auch wahrscheinlich nach der specifischen Natur der Pflanze richten, denn es ist denkbar, dass manche Pflanzen für Licht empfindlicher sind, als andere. Auch ist am Tage die psychrometrische Differenz meist grösser als in der Nacht, die Transpiration also gesteigert und es kann leicht eintreffen, dass der Turgor am Tage geringer ist als Nachts, wodurch das Wachsthum ebenfalls retardirt wird. Es könnte demnach der Fall eintreten, dass das Wachsthum am Tage, trotz der

<sup>1)</sup> Pogg. Annalen CVIII.



höheren Temperatur doch geringer wäre als in der Nacht und gewiss wird diess der Fall sein, wenn die Tagestemperatur der Nachttemperatur gleich oder geringer als diese ist. Ist dagegen der Temperaturüberschuss des Tages gegenüber der Nacht ein sehr beträchtlicher, so ist es wahrscheinlich, dass der Einfluss des Lichts und der Verdunstung doch überwogen wird, dass das Tageswachsthum ausgiebiger bleibt als das nächtliche, obgleich dieses durch die Dunkelheit und meist durch höheren Turgor gefördert wird. — Beachten wir ferner noch einige extreme Fälle, die hier möglich sind; es könnte sein, dass die Nachttemperatur höher wäre als die des folgenden Tages, dass zugleich Regenwetter in der Nacht die Turgescenz auf ein Maximum steigert, während am folgenden Tage bei beträchtlicher Helligkeit z. B. ein kalter Wind herrscht; in diesem Falle wird das nächtliche Wachsthum intensiver sein müssen. Im zeitigen Frühjahr oder im Herbst kann es geschehen, dass die Luft Nachts unter den specifischen Nullpunkt der Pflanze sinkt, alsdann vermag die Feuchtigkeit und die Dunkelheit das Wachsthum nicht zu fördern, es tritt Stillstand ein und das Wachsthum erfolgt nur am Tage, wo die Temperatur sich hinreichend über den specifischen Nullpunkt erhebt. — Denken wir uns ferner die äusseren Wachsthumursachen so vertheilt, dass dieselben für sich allein, einen nicht allzubeträchtlichen Unterschied des Wachsthum am Tage und in der Nacht bewirken würden, so kann der Unterschied gradezu ausgeglichen, oder selbst umgekehrt werden, durch die verschiedene Wachsthumfähigkeit der Pflanze zu verschiedenen Zeiten, z. B. durch den Einfluss der Phase der grossen Periode; hat ein beobachtetes Internodium z. B. Nachts bei sonst ungünstigeren Bedingungen sein Maximum der Wachsthumfähigkeit (den Gipfel der grossen Curve) erreicht, so kann bei sonst günstigeren Bedingungen am folgenden Tage das Wachsthum doch kleiner sein.

Diese und zahlreiche andere Combinationen sind schon dann möglich, wenn man nur die mittleren Werthe von Tag und Nacht vergleicht. Noch grösser wird die Zahl der möglichen Fälle, wenn man sich ein Bild der Ereignisse nach stündlichen Beobachtungen zu machen sucht; denken wir uns die grosse Curve des Wachsthum eines Internodiums verzeichnet, so werden die stündlichen Aenderungen der Temperatur, die stündlichen Aenderungen der Lichtintensität und der psychrometrischen Differenz bald in diesem, bald in jenem Sinne den Verlauf der Curve abändern; die bei constanten äusseren Verhältnissen in Form eines einfachen Bogens auf- und absteigende Curve wird sich in eine vielfach und verschieden ausgezackte Linie verwandeln, an deren Zacken man das tägliche und nächtliche Auf- und Absinken der Zuwachse mehr oder minder deutlich erkennt; die Grösse, Form und Lage dieser Zacken ist das jeweilige Resultat des Zusammenwirkens der Temperatur, Feuchtigkeit und des Lichts.

Diese Andeutungen werden genügen, um zu zeigen, wie wenig Sinn es hat, wenn manche Beobachter, ohne genaue Verfolgung der Wachs-



thumsursachen einfach feststellen wollen, in welchem Verhältniss das Nacht- und Tageswachsthum zu einander stehen; sie zeigen aber auch, wie schwierig, ja unmöglich es ist, den Einfluss jedes einzelnen mitwirkenden Factors (der Temperatur, des Lichts, der Feuchtigkeit, der grossen Periode, der stossweisen Schwankungen) aus Beobachtungen erschliessen zu wollen, die man unter freiem Himmel oder in Gewächshäusern macht, wo sämtliche Wachsthumursachen beständigen und heftigen Schwankungen gleichzeitig unterworfen sind. Die Betrachtung der vorliegenden Literatur am Schluss dieser Abhandlung wird hinreichende Illustrationen für das eben Gesagte liefern.

Die Aufgabe ernster Forschung in dieser Richtung kann vielmehr nur die sein, die Wirkung jeder einzelnen Wachsthumursache für sich ausführlich zu studiren, woraus sich dann der gewöhnliche und natürliche Verlauf der Erscheinungen genauer, als es bisher möglich war, analysiren, combiniren und voraussagen lässt.

Ich habe, um einen ersten Schritt zur Erreichung dieses Zieles zu thun, zu bestimmen gesucht: 1) den Verlauf der grossen Periode einiger Internodien oder die Form der grossen Wachsthumcurve bei constanten äusseren Wachstumsbedingungen; 2) die Wirkungen schwacher langsamer und starker rascher Temperaturschwankungen auf den Gang der Zuwachscurve; wobei die Pflanzen in möglichst constantem Finsterniss und bei möglichst constantem Turgor erhalten wurden; 3) die Wirkungen des Wechsels von diffusem Tageslicht und nächtlicher Finsterniss bei möglichst schwachen Temperaturschwankungen, die sich hier leider nicht immer in erwünschter Weise nivelliren lassen.

Wenn die von mir erlangten Resultate trotz der vielen darauf verwendeten Zeit, doch nur als erste schwache Anfänge gelten können, so liegt die Schuld einerseits in dem Umstande, dass ich zunächst die Beobachtungsmethoden festzustellen, die Fehlerquellen zu studiren, und somit mir und meinen Nachfolgern den Weg zu ebenen hatte; andererseits liegt es in der Natur der Sache, dass jede Beobachtungsreihe mehrere, selbst viele Tage erfordert und dass zufällige Störungen leicht ganze Beobachtungsreihen unbrauchbar machen können. Nimmt man noch dazu, dass man es hier beständig mit mehreren langen Zahlenreihen zu thun hat, die oft erst umgerechnet, in verschiedener Weise tabellirt und endlich in geeigneter Weise graphisch dargestellt werden müssen, wenn sie überhaupt ein klares und übersichtliches Bild der Ereignisse liefern sollen, beachtet man ferner, dass es nöthig ist, Monate lang zu bestimmten Tagesstunden pünktlich auf dem Platze zu sein, um die Ablesungen zu machen, so wird man zugeben, dass es sich hier um Beobachtungen handelt, welche die ganze Energie und Geduld des Beobachters herausfordern, und schliesslich doch nur ein unscheinbares Resultat liefern.

Die  
thums in  
sam, da  
messe, so  
wachsthu  
der über  
und eine  
mittelbar  
vorwiegen  
denen ich  
,Zeiger  
selbstregi

1) Z  
senkrecht  
sich unge  
findet. I  
Schlinge  
Internodie  
und zu N  
Gewichte  
wicht ist  
an der Mi  
zeigt die  
Uebung,  
besonders  
mittels e  
Theilung  
dreht ma  
sucht sich  
Zeiger mi

Der  
immer d  
glätten, c  
gezogen v  
Die  
hende Ge  
einen Sf

4) Bei  
gen. prisma  
zugeschärft



## II. Apparate und Beobachtungsmethoden.

Die von mir benutzten Methoden zur Beobachtung des Längenwachstums in kurzen Zeiträumen (fast immer Stunden) haben das Eine gemeinsam, dass ich nicht direkt mit dem an die Pflanze angelegten Zollstabe messe, sondern am oberen Ende desjenigen Pflanzentheils, dessen Längenwachstum beobachtet werden soll, einen dünnen Seidenfaden befestige, der über eine leichtbewegliche, sorgfältig abgedrehte hölzerne Rolle läuft und einen Zeiger in Bewegung setzt, durch welchen die Zuwachse unmittelbar oder in proportionalen Werthen angegeben werden. Es waren vorwiegend drei Formen von Apparaten, die ich angewendet habe und von denen ich den einfachsten als „den Zeiger am Faden“, den zweiten als „Zeiger am Bogen“, den brauchbarsten und complicirtesten als „das selbstregistrirende Auxanometer“ bezeichnen will.

1) Zeiger am Faden. Der an der Pflanze befestigte Faden wird senkrecht aufwärts über eine kleine, leichtbewegliche Rolle geführt, die sich ungefähr 30–40 Ctm. über dem Befestigungspunkt des Fadens befindet. Das freie, von der Rolle herabhängende Fadenende wird mit einer Schlinge versehen, in welche ein Gewicht eingehängt wird; bei dünnen Internodien genügt ein Gewicht von 10–15 Gramm; bei dicken, festen und zu Nutationen geneigten Internodien nimmt man zweckmässig stärkere Gewichte, um Nutationskrümmungen unmöglich zu machen. An dem Gewicht ist eine feinspitziige Nähnadel so befestigt, dass ihre Spitze als Zeiger an der Millimetertheilung eines senkrechten Maassstabes<sup>1)</sup> hinabgleiten kann; zeigt die Theilung noch halbe Millimeter an, so gelingt es bei einiger Uebung, auch Zehntelmillimeter mit ziemlicher Sicherheit zu schätzen, besonders wenn man bei dem Ablesen die Skale und die Nadelspitze mittels eines kleinen Spiegels beleuchtet. — Damit die Nadelspitze der Theilung anliege, ohne jedoch in ihrem Hinabsinken gehindert zu sein, dreht man das Gewicht am Faden 3–4 mal herum; nach dem Freilassen sucht sich die Torsion des Fadens auszugleichen und bewirkt so, dass der Zeiger mit geringer aber genügender Kraft der Theilung angedrückt wird.

Der hier, wie bei den folgenden Apparaten verwendete Faden ist immer dünner, fester Seidenzwirn, der vorher, um seine Oberfläche zu glätten, einige Male durch erweichtes Wachs und dann durch die Finger gezogen wurde.

Die Befestigung des Fadens an der Pflanze kann hier, wo das spannende Gewicht gering ist, einfach dadurch bewirkt werden, dass man einen S-förmig gebogenen Silberdraht von etwa 0,4 Mill. Dicke in das

1) Bei diesen wie den im Folgenden angegebenen Messungen benutze ich die sogen. prismatischen Maassstäbe; sie sind aus hartem Holz in Form eines Lineals; eine zugeschärfte Kante trägt die Millimetertheilung, die andere zeigt Zolle und Linien.



Internodium einsticht und in die obere Krümmung die Schlinge des Fadens einhakt. — Bei den beiden folgenden Apparaten, wo der lange Zeiger sammt dem Gewicht an der Rolle eine grössere Spannung des Fadens bewirkt, ist es zweckmässiger, die Befestigung in folgender Weise herzustellen: man macht an einem Fadenstück von etwa 8 Ctm. Länge beiderseits eine Schlinge, steckt die eine durch die andere und legt den Faden so um das obere Ende des Internodiums unmittelbar unter der Basis des Blattes; mit Hilfe einer Pincette lässt sich diese Ligatur fest anlegen; die freie Schlinge dieses Fadenstückes wird in die untere Oese eines graden Silberdrahtstückes gehängt, dessen obere Oese das untere Ende des an der Rolle befestigten Fadens aufnimmt (Fig. 1 in B). Das Dickenwachsthum des Internodiums bewirkt, dass die Ligatur in eine Rinne eingeschlossen und so unverrückbar befestigt wird. — Es ist bei der Befestigung des Fadens besonders darauf zu achten, dass er nicht an der darüber liegenden Endknospe sich reibt, noch mehr, dass nicht im Verlauf des Versuchs neue sich entfaltende Blätter ihn seitwärts drücken; solche Blätter müssen vorher von der Knospe entfernt werden.

Es bedarf kaum der Erinnerung, dass die Pflanze, Rolle und der Zollstab während der Beobachtung unverrückbar feststehen müssen; um diess zu erreichen stelle ich den Blumentopf auf die raugeschliffene Seite einer Glasscheibe, die Rolle und der Zollstab werden in kleine eiserne Schraubstücke befestigt, die in Ständern mit sehr schwerem Fussstück mit Stellschraube eingelassen sind; (über die zu vermeidenden Fehler dieses und der folgenden Apparate s. unten).

2) Der Zeiger am Bogen ist der in meinem Lehrbuch der Botanik (II. Aufl. 1870 p. 632 in Fig. 444) abgebildete Apparat; ich verweise auf die dort gegebene Beschreibung mit der Bemerkung, dass es unter Umständen bequemer ist, das spannende Gewicht sogleich an der ersten Rolle und zwar (in der Fig.) links auf der Seite des Zeigers zu befestigen, der dann bei fortschreitendem Wachsthum sich senkt, statt wie dort emporzusteigen.

3) Das selbstregistrirende Auxanometer<sup>1)</sup> ist der in Fig. 1 dargestellte Apparat; er besteht aus den beiden Haupttheilen A und C.

4) GRISEBACH hat in seiner oben cit. Abhandlung das zur Markirung der Internodien benutzte Zahnradchen bereits Auxanometer genannt, das diesen Namen wohl kaum verdienen dürfte; da mein Apparat nicht füglich anders genannt werden kann, so mag er denselben Namen tragen; zur Unterscheidung wird der Zusatz „selbstregistrirend“ genügen. Eine unvollkommenere Form dieses Apparates, wo das Uhrwerk durch ein zu Centrifugalversuchen bestimmtes Laufwerk ersetzt war, habe ich 1869 und 1871 benutzt und bereits in den Verhandl. der physik. medic. Ges. in Würzburg am 4. Febr. 1874 beschrieben. Bei den hier mitgetheilten Versuchen habe ich mich ausschliesslich des neuen Apparates mit dem Uhrwerk bedient. — Das Uhrwerk ist von Prof. Hess an der hiesigen Gewerbeschule construirt und von Herrn Uhrmacher Geiss zusammengestellt und justirt; der Letztere hat sich bereit erklärt es auf Bestellung für 100 fl. zu liefern.

von dem  
andere e

— Eine  
wird jeder  
mich zur



von denen der erste eine einfachere Form des „Zeigers am Bogen“, der andere ein durch ein Uhrwerk (D) langsam rotirender Cylinder (C) ist,

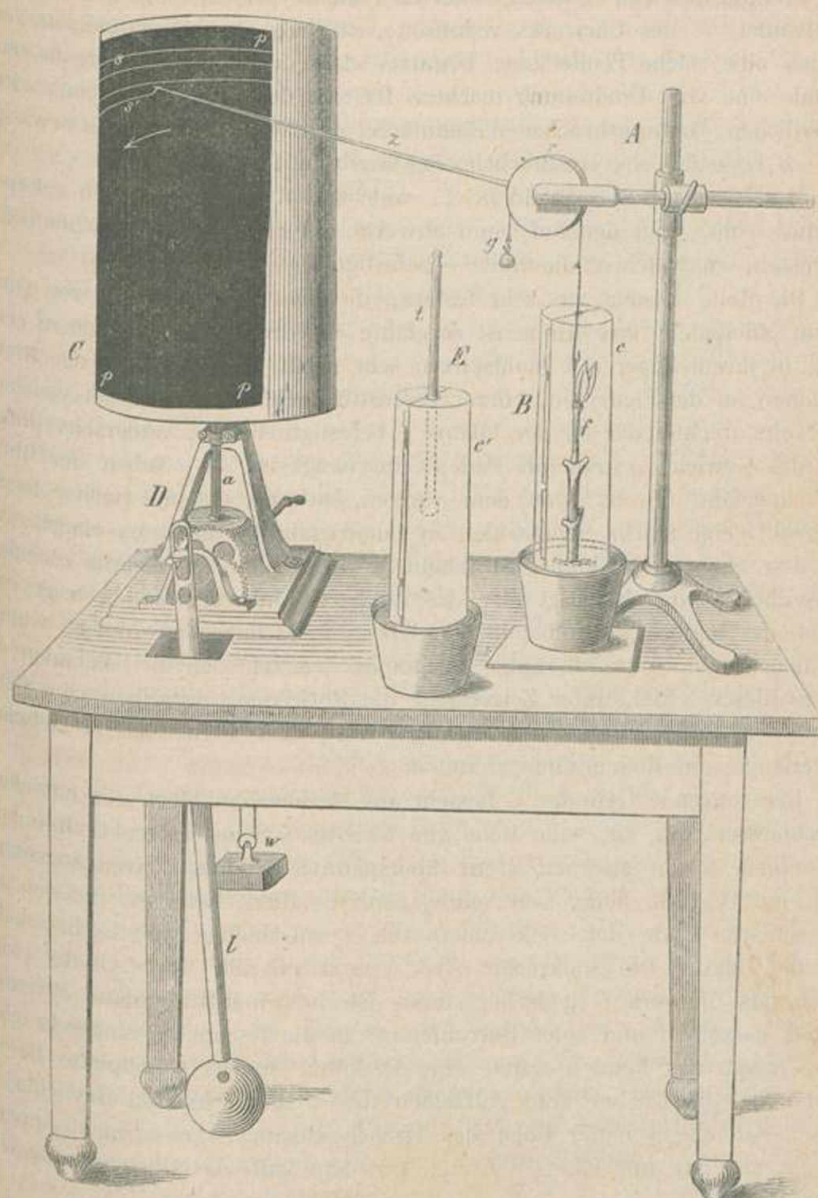


Fig. 4.

— Eine gewisse Aehnlichkeit meines Apparates mit dem bekannten Kymographion wird jeder sogleich bemerken; in der That war es dieses sinnreiche Instrument, welches mich zur Construction meines Apparates veranlasste.



der ein berusstes Papier *pppp* trägt, an welchem die Zeigerspitze (*s'*) anliegt und so ihren jeweiligen Stand durch eine weisse Linie *s* markirt. Die Drehungszeit des Cylinders lässt sich durch Verschiebung des Gewichts am Pendel (*l*) des Uhrwerks reguliren; ich habe bei allen meinen Versuchen eine solche Pendellänge benutzt, dass der Cylinder grade in einer Stunde eine volle Umdrehung machte. Da sich der Apparat bei einer viermonatlichen, ununterbrochenen Benutzung durchaus zweckmässig erwiesen hat, so lasse ich eine ausführliche Beschreibung folgen.

Der Eisenstab des Ständers *A*, welcher auf einem schweren eisernen Dreifuss ruht, trägt den auf- und abwärts, sowie horizontal verschiebbaren Eisenstab, an welchem die Rolle *r* befestigt ist.

Die Rolle besteht aus sehr festem, dichtem Holz (Pockholz von *Guajacum officinale*); ihre Rinne ist sorgfältig abgedreht, die Axe genau centrirt, in ihrem Lager mit Stahlspitzen sehr leicht beweglich. In der Rinne ist (oben an der Figur) ein kurzer Eisenstift radial eingesetzt, an welchem einerseits (rechts) der an der Pflanze *f* befestigte Faden, anderseits (links) der das Gewicht *g* tragende Faden eingehängt ist. — Neben der Rinne und ungefähr um 90° von dem vorigen entfernt, ist ein zweiter langer Eisenstift (eine starke Stricknadel) in genau radicaler Richtung eingelassen, auf den ein grader dünner Strohalm *z* (am besten von *Molinia coerulescens*) aufgeschoben und befestigt ist; das dünnere Ende des Halms trägt eine schief durchgesteckte und mit Siegellack eingeschmolzene Nadel, welche auf dem Papier schreibt; unter Zeigerspitze verstehe ich im Folgenden die Spitze dieser Nadel, unter Zeigerlänge die Entfernung derselben vom Centrum der Rolle. Ueber die richtige Wahl des Verhältnisses zwischen Zeigerlänge und Rollenradius s. unten.

Der rotirende Cylinder *C* besteht aus starkem Zinkblech; er hat einen Durchmesser von 29, eine Höhe von 44 Ctm. Seine untere Oeffnung ist von einem festen eisernen Kreuz überspannt, in dessen Kreuzungspunkt sich eine 10 Ctm. hohe, sehr solide, conische Hülse befindet, die sich auf das conische Ende der senkrechten Axe *a* aufschieben und leicht wieder abheben lässt. Die senkrechte Axe *a* und mit ihr der Cylinder wird durch das Uhrwerk *D* gedreht; dieses ist auf einer Eisenplatte befestigt, mittels derselben und einer Holzunterlage in die Tischplatte eingeschraubt; vorn hängt das Pendel durch eine Oeffnung in der Tischplatte herab, hinten ist die Kurbel zum Aufziehen des 2 Kilo schweren Gewichts *w*, dessen Fallhöhe von der Höhe des Tisches abhängt; bei meinem Apparat beträgt sie nur ungefähr 70 Ctm.; trotzdem läuft das Uhrwerk ungefähr 22 Stunden.

Die Hülse, mittels deren der Cylinder auf der rotirenden Axe ruht, befindet sich nicht genau in seiner Mitte, sondern etwas seitwärts gerückt; die Rotationsaxe fällt also neben die Axe des rotirenden Cylinders; die Excentricität beträgt 4 Ctm.; der längste Arm des Kreuzes ist 15, der

kürzeste  
14,5 Ctm.  
den Cyli  
berusste  
Umdrehu  
rührung  
die Dreh  
den Cyli  
laufende  
nung des  
sich hori  
beides w  
Bevor  
linder ab  
Seite geg  
30 Ctm.  
den Tisch  
gleichmä  
überzoge  
darüber  
welche  
von selb  
frei hin,  
Papier tr  
zeigen.  
tung üb  
her, bis  
Hat  
stellt ma  
die Zeig  
Man gie  
Zeigerspi  
Rand de  
rückt ma  
setzt ma  
dem ber  
frei; bei  
Wachsth  
schreibt  
Nacht fo  
welchem  
aus dere  
Bevor ma  
Arbeiten



kürzeste 44 Ctm. lang, die beiden anderen messen etwas weniger als 14,5 Ctm. Durch diese Einrichtung wird erzielt, dass die Zeigerspitze den Cylinder nur während kürzerer Zeit und an der Stelle, wo sich das berusste Papier befindet, berührt, während sie in der übrigen Zeit jeder Umdrehung frei schwebt; bei jeder neuen Umdrehung beginnt die Berührung erst schwach, wird immer stärker, dann wieder schwächer. Fiele die Drehungsaxe mit der Cylinderaxe zusammen, so würde die Zeigerspitze den Cylinder beständig berühren (auf ihm eine zusammenhängende abwärts laufende Schraubenlinie beschreiben); es könnte dadurch leicht die Spannung des Fadens an der Pflanze verändert und eine Tendenz des Zeigers, sich horizontal zu stellen, durch die beständige Reibung erzeugt werden; beides wird durch die Excentricität vermieden.

Bevor nun der Apparat in Gang gesetzt wird, nimmt man den Cylinder ab, um das Papier aufzukleben; ich verwende dazu das auf einer Seite geglättete Glacépapier, in Stücken von ungefähr 40 Ctm. Höhe und 30 Ctm. Breite. Das Papier wird mit der glatten Seite nach unten auf den Tisch gelegt, die raue Seite mit einem mässig feuchten Schwamm gleichmässig überstrichen, die beiden langen Ränder mit Gummilösung überzogen; so bleibt das Papier liegen, während man den Cylinder so darüber hinrollt, dass die Mitte des Papiers auf die Seite zu liegen kommt, welche dem längsten Radius des Kreuzes entspricht. Das Papier bleibt von selbst kleben, man streicht die Ränder glatt und stellt den Cylinder frei hin, am besten in den Sonnenschein, wo binnen 10–15 Minuten das Papier trocken und vollkommen straff gespannt ist, ohne irgend eine Falte zu zeigen. Ist diess erfolgt, so führt man den Cylinder in horizontaler Richtung über einer grossen, breiten Terpentinöflamme langsam so hin und her, bis das Papier überall gleichmässig mit Russ bedeckt ist.

Hat man den so vorbereiteten Cylinder auf das Uhrwerk gesetzt, so stellt man die Rolle, an der der Faden bereits befestigt ist, so hoch, dass die Zeigerspitze unter den oberen Rand des Papiers zu liegen kommt. Man giebt dem Cylinder vorher am besten eine solche Stellung, dass die Zeigerspitze neben das Papier (bezüglich der Drehung vor den vorderen Rand desselben) fällt und durch eine seitliche Drehung des Ständers A rückt man diese nun so, dass sie den Cylinder leise berührt. Erst jetzt setzt man das Pendel des Uhrwerks in Gang; die Zeigerspitze kratzt auf dem berussten Papier eine fast horizontale, weisse Linie, schwebt dann frei; bei Beginn der zweiten Drehung hat die Zeigerspitze vermöge des Wachstums der Pflanze bereits eine tiefere Stellung angenommen, sie schreibt jetzt eine zweite horizontale Linie u. s. w.; so geht es Tag und Nacht fort bis die Zeigerspitze den unteren Rand des Papiers erreicht, auf welchem man nun eine Anzahl von horizontalen Linien verzeichnet findet, aus deren Entfernungen die stündlichen Zuwachse zu entnehmen sind. Bevor man nun den Cylinder abhebt, stellt man das Uhrwerk, dreht den



Cylinder so, dass die Zeigerspitze ungefähr die senkrechte Mittellinie des Papiers trifft und indem man den Finger unter die Mitte des Halms legt, hebt man diesen aufwärts, wobei die Zeigerspitze einen Kreisbogen auf dem Papier beschreibt. Diese Linie giebt den wahren Weg an, den der Zeiger während der ganzen Zeit beschrieben hat; der Bogen schneidet die horizontal-geschriebenen Linien unter verschiedenen Winkeln und die

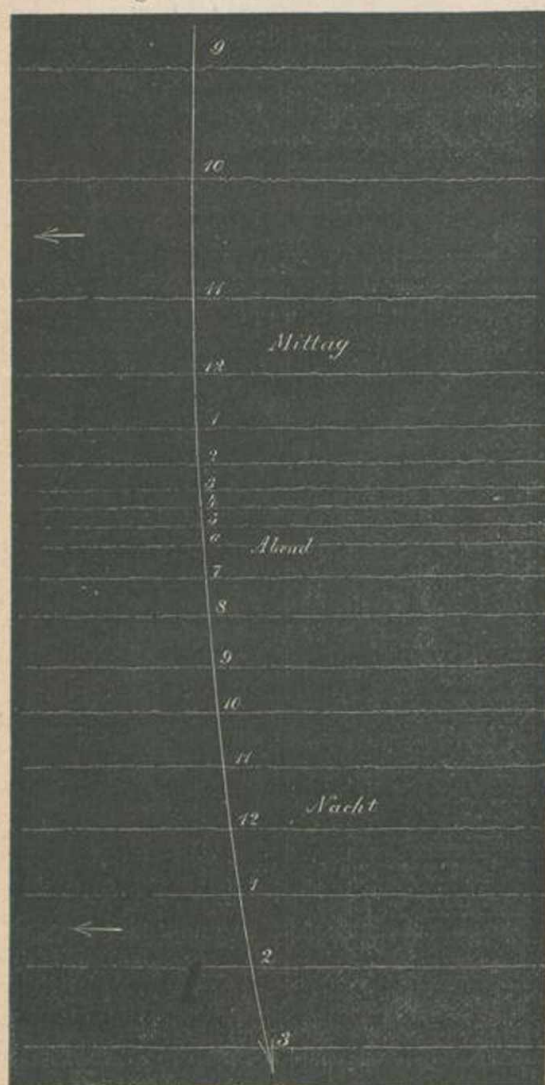


Fig. 2

fehlt dann nur die eine Stunde, für welche man den Mittelwerth der vor- und nachhergehenden Stunde in die Tabelle einsetzen kann.

Fig. 2 zeigt das Facsimile eines kleinen Stückes von einem herussten

zwischen ihnen liegenden Bogenstücke sind es, welche gemessen werden müssen, diese Bogenstücke sind den Zuwachsen proportional, welche in den Zwischenzeiten, also nach Obigem in je einer Stunde stattgefunden haben. Man hebt nun den Cylinder ab, stellt ihn aufrecht hin, schneidet rechts und links die aufgeklebten Ränder ab und zieht das Papier durch eine Auflösung von Colophonium in Alkohol, worauf es zum Trocknen aufgehängt wird. Ist es trocken, so schreibt man mit einer Messerspitze die nöthigen Bemerkungen auf, setzt an jede Horizontallinie die Bezeichnung der Stunde, in welcher sie geschrieben wurde u. s. w. — Unterdessen hat man den Cylinder gereinigt, ein neues Papier aufgezogen und den Apparat neu in Gang gesetzt: es lässt sich leicht so einrichten, dass die erste Linie auf dem neuen Papier grade um eine Stunde später als die letzte des ersten Papiers geschrieben wird; in der ganzen Beobachtungsreihe

und von  
während  
am Ende  
Pfeile ge  
die Stun  
Bey  
einige E  
Platz für  
Wä  
z. B. u  
ebensola  
entsprec  
beschrei  
Radius  
so gena  
fach die  
keines  
des Ap  
steigern  
nimmt,  
fallen,  
grossen  
wenige  
das Pap  
licher G  
dass ma  
desselbe  
sehr la  
Nachthe  
für die  
Linien  
unschäc  
4—6 M  
Länge  
in einer  
da der  
einer s  
Länge  
Winkel  
Länge  
den Zu  
den Zei  
deutend



und vom Zeiger beschriebenen Papier; die Horizontallinien sind vom Zeiger während der Drehung des Cylinders geschrieben, die aufrechte Bogenlinie am Ende des Versuchs durch Hebung des Zeigers hervorgebracht; die Pfeile geben die Drehungsrichtung des Cylinders an. Die Zahlen bedeuten die Stunden der daneben geschriebenen Tageszeiten.

Bevor ich auf die Messung der Zuwachse eingehe, mögen hier noch einige Bemerkungen über die zweckmässige Wahl der Zeigerlänge Platz finden.

Wächst die Pflanze unterhalb des Befestigungspunktes des Fadens, z. B. um ein Mill. während einer Umdrehung des Cylinders, so wird ein ebensolanges Fadenstück auf der Rolle aufgewickelt und indem diese sich entsprechend dreht, sinkt die Zeigerspitze; der Bogen, den diese dabei beschreibt, ist nun  $n$  Mill. lang, wenn der Zeiger  $n$  mal so lang ist, als der Radius der Rolle. Es könnte nun scheinen, als ob die Beobachtungen um so genauer würden, je grösser man dieses Verhältniss  $n$ , welches ich einfach die Vergrösserung der Zuwachse nennen will, wählt. Das ist aber keineswegs der Fall, denn mit der Vergrösserung treten auch die Fehler des Apparates stärker hervor. Wollte man die Vergrösserung dadurch steigern, dass man bei nicht allzulänglichem Zeiger die Rolle möglichst klein nimmt, so würde eine etwaige Excentricität der Rolle sehr in's Gewicht fallen, die Unebenheiten des Fadens würden sich stärker als auf einer grossen Rolle geltend machen, auch würde ein Zuwachs der Pflanze um wenige Millimeter eine so starke Senkung des Zeigers bewirken, dass man das Papier sehr häufig wechseln müsste; wollte man dagegen bei beträchtlicher Grösse der Rolle die Vergrösserung dadurch sehr bedeutend steigern, dass man dem Zeiger eine sehr grosse Länge giebt, so würde das Gewicht desselben sofort Schwierigkeiten bereiten, er würde bei der nöthigen Dünne sehr labil werden, und auch hier hätte eine allzustarke Vergrösserung den Nachtheil, dass man das Papier zu oft wechseln müsste. — Maassgebend für die Wahl der Vergrösserung ist vielmehr, dass die stündlich geschriebenen Linien weit genug von einander abstehen, damit die Messungsfehler hierbei unschädlich werden; dazu genügt, dass die Bogenstücke zwischen ihnen 4–6 Mill. lang sind; ferner ist maassgebend, dass der Zeiger eine solche Länge habe, dass der von seiner Spitze beschriebene Bogen auf dem Papier in einem geeigneten Verhältniss zum Krümmungsradius des Cylinders stehe; da der Zeiger nämlich sich in einer senkrechten Ebene bewegt, aber auf einer senkrechten Cylinderoberfläche schreibt, so würde bei zu geringer Länge des Zeigers das Schreiben bald aufhören, wenn er einen zu grossen Winkel mit der Vertikale zu machen beginnt. Auch ist eine beträchtliche Länge des Zeigers deshalb wünschenswerth, damit die Bogenstücke zwischen den Zuwachslinien als grade Linien gemessen werden können. Um nun den Zeiger ziemlich lang zu machen, ohne dass die Vergrösserung zu bedeutend wird, muss auch die Rolle eine hinreichende Grösse haben, was



übrigens auch andere Vortheile mit sich bringt. Die Wahl der Vergrößerung müsste sich natürlich auch nach der Geschwindigkeit des Wachstums richten; so lange man es indessen mit Pflanzen zu thun hat, die in der Stunde um höchstens 1 bis 2 Mill. wachsen, kommt man mit der Einrichtung aus, die ich für meine sämtlichen unten mitgetheilten Beobachtungen benutzt habe; die Zeigerlänge beträgt nämlich nahezu 60 Ctm., der Rollenradius (d. h. in der Rinne gemessen) nahezu 5 Ctm.; wonach also die Vergrößerung, wie auch direkte Messung zeigt, eine 12fache ist.

Obwohl es im Allgemeinen ziemlich gleichgiltig ist, die Vergrößerung genau zu kennen, da man für Beantwortung der meisten Fragen nur die Verhältnisszahlen der Zuwachse zu kennen braucht, kann es doch der Controlle wegen erwünscht sein, die Vergrößerung genau zu bestimmen. Es ist das sehr einfach, wenn man den Radius der Rolle vom Centrum bis zum tiefsten Theil der Rinne genau messen kann, da dann der Quotient des Radius in die Zeigerlänge die Vergrößerung darstellt; allein diese Messung ist bei grösseren Rollen nicht leicht, und genau genommen muss die halbe Dicke des Fadens dem Rollenradius zugerechnet werden und auch diese Fadendicke ist nicht leicht zu bestimmen. Es ist daher zweckmässig die Vergrößerung direkt zu bestimmen, was sich in folgender Weise erreichen lässt.

Statt des Blumentopfs mit der Pflanze stellt man unter die Rolle einen schweren Ständer, der einen kleinen Schraubstock trägt; in diesen spannt man einen Millimeterstab, an welchem der Faden befestigt ist. Nachdem die Zeigerspitze an das berusste Papier des Cylinders angelegt und zur Ruhe gekommen ist, hebt man den Millimeterstab in dem geöffneten Schraubstock um genau 1 Ctm. und schraubt fest. Dasselbe Verfahren wiederholt man an verschiedenen Stellen des berusteten Papiers mehrfach; die mittlere Länge der so erhaltenen Bogen ist  $n$  Ctm. Theilt man nun den Bogen mittels des Zirkels in 10 gleiche Theile, so entspricht jeder einem Millimeter des Maassstabs u. s. w. und man kann den so getheilten Bogen dazu benutzen, auf dem schwarzen, fixirten Papier die Zuwachse unmittelbar in Millimetern abzulesen.

Die Messung der Zuwachse kann mittels des soeben beschriebenen getheilten Bogens auf Papier direkt geschehen, indem man denselben an die mit dem Zeiger geschlagene Bogenlinie anlegt und die Bogenlängen zwischen den parallelen von der Zeigerspitze gezeichneten Linien abliest. Ich habe es jedoch vorgezogen, die Bogenstücke zwischen den Zuwachslinien unmittelbar mit dem Millimeterlineal zu messen: so lange dieselben nur 15–20 Mill. lang sind, können sie bei der Länge meines Zeigers ohne irgend erheblichen Fehler als grade Linien betrachtet und als solche gemessen werden; in den Tabellen ist diess durch die Ueberschrift „Zuwachse in Millimetern am Bogen“ angedeutet. — Der Vollständigkeit wegen sei noch auf eine kleine Ungenauigkeit hingewiesen, die darin

liegt, da  
Bogen r  
Zuwachs  
entsprec  
änderun  
gleich z  
Mill. pro  
fehler b  
werden,  
so stellt  
mit dem  
verschie  
mit Ru  
beträcht  
Fe  
Apparat  
Faden  
die Gen  
sich z.  
änderun  
bezeichn  
A.  
an allen  
barkeit  
Bodens  
Wärmea  
ganz un  
Da  
Längenä  
darauf  
einfachs  
scharf  
länge a  
verkürz  
Fehler  
Apparat  
hängen  
Ausgieh  
sich mi  
einer P  
mir ber  
einzige  
1 Mill.



liegt, dass man die Zuwachse direkt auf dem mit dem Zeiger beschriebenen Bogen misst. Offenbar fallen die Durchschnittspunkte desselben mit den Zuwachslinien nicht auf die Stellen, die genau einer ganzen Umdrehung entsprechen. Da jedoch von einer zur andern Linie die seitliche Stellungsänderung der Zeigerspitze am Cylinder eine nur unbedeutliche im Vergleich zum Umfang des Cylinders ist, so lange die Zuwachse selbst 1—2 Mill. pro Stunde nicht überschreiten, so kann der so entstehende Messungsfehler bei Zuwachsen unter 2 Mill. pro Stunde unbedenklich vernachlässigt werden, zumal wenn man den Zeiger jedesmal am Anfang des Versuchs so stellt, dass er im Laufe desselben einen Winkel von höchstens  $25-30^\circ$  mit dem Horizont zu erreichen im Stande ist, was durch Einschiebung verschieden langer Drahtstücke am Faden erreicht werden kann; grade mit Rücksicht auf diese Verhältnisse ist es nöthig, dass der Zeiger eine beträchtliche Länge ohne zu starke Vergrößerung der Zuwachse habe.

**Fehlerquellen.** Vorausgesetzt, dass die Aufstellung der genannten Apparate sorgfältig geschehen, die Rollen gut abgedreht und centrirt, die Fäden richtig befestigt sind, so bleiben dennoch manche Bedenken gegen die Genauigkeit ihrer Angaben zu beseitigen. Diese Bedenken beziehen sich z. Th. auf Veränderungen an den Apparaten selbst, z. Th. auf Veränderungen an den beobachteten Pflanzen, durch welche die als Zuwachse bezeichneten Grössen mit beeinflusst sein können.

A. Durch den Apparat bedingte Fehler. a) Fehler, welche an allen drei Apparaten vorkommen, können entspringen aus der Dehnbarkeit und Hygroskopicität des Fadens, aus der Volumenänderung des Bodens im Blumentopf bei Veränderung seines Wassergehaltes. Die durch Wärmeausdehnung etwa bedingten Veränderungen können im Voraus als ganz unerheblich unbeachtet bleiben.

Da die durch die Dehnbarkeit und Elasticität des Fadens bedingten Längenänderungen der Fadenlänge proportional sind, so kommt es vor Allem darauf an, diese so viel als möglich zu vermindern; es lässt sich diess am einfachsten durch Einschaltung von Drahtstücken thun, die oben und unten scharf umgekrümmt sind; bei dem Zeiger am Faden kann so die Fadenlänge auf 20—30 Ctm., bei den beiden anderen Apparaten auf 10—12 Ctm. verkürzt werden. Um den aus der Dehnbarkeit des Fadens entspringenden Fehler zu beseitigen, genügt es, den Faden vor der Benutzung an dem Apparat unter derselben Spannung, die er später haben soll, längere Zeit hängen zu lassen und dann immer denselben Faden zu benutzen. Die Ausgiebigkeit der hygroskopischen Störungen eines solchen Fadens lässt sich mit Hilfe des Auxanometers leicht prüfen, indem man ihn statt an einer Pflanze, in einem Schraubstock befestigt. So fand ich bei der von mir benutzten Einrichtung, dass die Zeigerspitze bei 24 Umdrehungen eine einzige Linie auf dem berussten Papier hinterliess, die allerdings ungefähr 1 Mill. Breite hatte; dabei wechselte die Temperatur und die Luftfeuchtig-



keit in weiteren Grenzen, als bei den meisten Versuchsreihen mit Pflanzen. Es kommt somit auf eine Umdrehung ein durchschnittlicher Fehler von 0,04 Millimeter, was schon bei der Ablesung der multiplicirten Werthe des zweiten und dritten Apparates ausserhalb der Messbarkeit liegt und bei den direkten Zuwachsangaben des Zeigers am Faden gar nicht mehr in Betracht kommt, da dort der Fehler noch mit 42 zu dividiren wäre.

Viel grösser sind die Fehler, welche durch Zusammenziehung und Ausdehnung der Erde im Blumentopf entstehen können. Vor Allem ist es nöthig, dass man nur solche Pflanzen zum Versuch verwendet, die bereits Wochen oder Monate lang in demselben Blumentopf gewachsen sind, bei denen sich ein Gleichgewichtszustand der Erde hergestellt hat. Ist diess geschehen so kann man die Erde im Topf als unbeweglich betrachten, wenn man sie durch tägliches Giessen vor dem Versuch beständig feucht erhält. Um eine Vorstellung davon zu gewinnen, wie gross die Fehler sein können, welche durch starkes Austrocknen und nachträgliche Befechtung des Bodens verursacht werden, machte ich folgenden Versuch am Auxanometer. Ein Blumentopf von 15 Ctm. Höhe und 16 Ctm. Weite, d. h. von der mittleren Grösse derer, in denen die beobachteten Pflanzen standen, enthielt seit 4 Monaten den Wurzelstock einer Dahlia; die Erde war seit 14 Tagen nicht mehr gegossen worden und beträchtlich ausgetrocknet. Der Stumpf des vorjährigen, völlig verholzten Stammes ragte 3 Ctm. über die Erde hervor; an ihm wurde der Faden des Auxanometers mittels eines starken Drahtakens befestigt; die noch frischen Seitensprosse wurden entfernt. Bei den beiden ersten Umdrehungen fielen die vom Zeiger gezeichneten Linien fast genau auf einander; dann wurde die Erde begossen, so dass das Wasser reichlich unten herauslief (der Topf stand wie immer auf einer Glasplatte); der nächste Zeigerstrich fiel nun um 0,5 Mill. tiefer, der folgende um 3 Mill., der dritte um 2,5 Mill., der vierte um 1,5 Mill., der fünfte um 1,5 Mill. unter den je vorhergehenden; ein Zeichen, dass sich der Befestigungspunkt des Fadens um den 42. Theil dieser Werthe gehoben hatte. Die 17 folgenden Linien fielen sämmtlich unter einander und nahmen auf dem Papier eine Breite von 40 Mill. ein, indem ihre Entfernungen immer kleiner wurden; am folgenden Tage wurde abermals begossen, (nachdem der Zeiger tiefer gestellt war) und in der ersten Stunde fiel die Zeigerspitze um 1,2 Mill., in den sieben folgenden Stunden noch um 3,5 Mill.; die folgenden 44 Linien nahmen 3,3 Mill. Breite ein; als dann nochmals gegossen wurde, nahmen die folgenden 24 Striche unter einander fallend 3,5 Mill. Breite ein; nach abermaligem Giessen fielen die folgenden 22 Striche in ein Band von 2 Mill. Breite. Die Quellung des Bodens (an der wohl auch das Holz des Stumpfes theilnahm) hatte somit 4 Tage gedauert und die während dieser Zeit geschriebenen Striche nahmen auf dem berussten Papier 32,5 Mill. Höhe ein, was einer

Erhebung  
der Luft  
Erst  
weitere V  
Band vor  
stock be  
bei hohe  
Verdunst  
die in di  
Dara  
Zeit vor  
der Stan  
ferner,  
Versuchs  
änderung  
klein ist.  
stalten,  
Uebrigen  
während  
dass sie  
mit halb  
b) I  
Bei dem  
genannte  
vermuthe  
der wech  
meter ab  
Schraubs  
metrische  
das Fens  
Breite zu  
wickelnd  
schreibe  
schreibt,  
so unbet  
Messung  
Apparate  
ment de  
schiefen  
Spannun  
leidet, v  
nicht, e  
und je



Erhebung des Befestigungspunktes um 2,7 Mill. entspricht. Die Temperatur der Luft sank dabei langsam von 19,8 auf 17,7° R.

Erst in den nun folgenden 24 Stunden bewirkte das Begiessen keine weitere Veränderung mehr, die 24 folgenden Striche bildeten ein weisses Band von 1 Mill. Breite, als ob der Faden ebenso lange an einem Schraubstock befestigt gewesen wäre. In den nächsten 8 Tagen, wo der Topf bei hoher Lufttemperatur (20–45° R.) beträchtliche Wassermengen durch Verdunstung verlor, stieg die Zeigerspitze doch nur um etwa 2 Mill. zurück, die in dieser Zeit beschriebenen Linien bildeten ein einziges weisses Band.

Daraus geht nun hervor, dass die Erde des Topfes schon längere Zeit vor dem Versuch gleichmässig feucht gehalten werden muss, damit der Stand des Zeigers durch das Begiessen nicht weiter alterirt werde und ferner, dass, wenn die Erde vorher gesättigt war, man während einer Versuchsdauer von 6–8 Tagen nicht zu giessen braucht, weil die Niveauänderung durch Austrocknung zwischen je zwei Zuwachslinien unmessbar klein ist. Das wird sich bei anderen Erdmischungen vielleicht anders gestalten, der Versuch sollte aber auch nur die von mir benutzte controliren. Uebrigens wurden kleinere Töpfe (Versuch mit *Polemonium* und *Aquilegia*) während des Versuchs dadurch vor beträchtlicher Verdunstung geschützt, dass sie in einem sie eng umgebenden Zinkblechgefäss standen und oben mit halbirt Glasdeckeln bedeckt waren.

b) Fehler der Apparate mit Vergrösserung der Zuwachse. Bei dem Zeiger am Bogen und bei dem Auxanometer können ausser dem genannten noch andere Fehler die Beobachtung stören. — Die anfangs vermuthete mögliche Krümmung des Strohalmzeigers unter dem Einfluss der wechselnden Luftfeuchtigkeit erwies sich durch den Versuch am Auxanometer als ganz unbedeutend, indem bei Einspannung des Fadens in den Schraubstock binnen 24 Stunden, auch wenn Temperatur und psychrometrische Differenz stark schwankten (es wurde z. B. in einer Regennacht das Fenster geöffnet), die Linien des Zeigers in ein weisses Band von 1 Mill. Breite zusammenfielen. — Dem Umstand, dass der auf der Rolle sich aufwickelnde Faden, auch wenn er geglättet ist, noch Unebenheiten besitzt, schreibe ich es zu, dass die weissen Linien, die der Zeiger auf dem Papier schreibt, ab und zu kleine Hebungen und Senkungen zeigen, die jedoch so unbedeutend sind, dass sie, wie die Tabellen zeigen, das Resultat der Messungen nicht merklich stören. — Einen Fehler dieser vergrössernden Apparate hat man endlich darin zu vermuthen, dass das mechanische Moment des Zeigers an der Rolle sich ein wenig ändert, wenn er aus der Schiefen in die horizontale Lage, oder umgekehrt übergeht, wodurch die Spannung des Fadens und der Zug, den das wachsende Internodium erleidet, verändert werden muss. Ganz beseitigen lässt sich der Fehler wohl nicht, er wird aber um so weniger merklich, je schwerer die Rolle ist und je grösser das spannende Gewicht (Fig. 4 g); bei den unten mitgetheilten



Versuchen war dieses immer 20 Gramm. Der Verlauf der Zuwachs-Curven, an welchen sich die Wirkung dieses Fehlers geltend machen müsste, lässt übrigens nichts derartiges erkennen; auch ist die Aenderung des mechanischen Moments von einer Zuwachslinie zur anderen um so geringer, je geringer die Zuwachse selbst sind, je näher also die Linien, zwischen denen die Bogenstücke als Zuwachse gemessen werden, an einander liegen.

B. Durch die Pflanze bedingte Fehler. Diese können unter Umständen weit bedeutender werden, als die durch die Apparate gegebenen Fehler. Zunächst kommt es darauf an, nur solche Pflanzen zu benutzen, deren wachsende und tiefer liegende Internodien vollkommen grade sind und aufrecht stehen; am geeignetsten sind daher die Triebe aus Knollen, Zwiebeln, Rhizomen und perennirenden Wurzelstöcken, die gewöhnlich den Anforderungen genügen; auch hat man in diesen Fällen die Gewissheit, dass die Reservennahrung in hinreichend grosser Quantität vorhanden ist, um das Wachstum auch im Finstern und bei schwachem Licht längere Zeit ungestört verlaufen zu lassen.

Da die Versuche im Zimmer gemacht werden, so ist der wachsende Stengel immer auf verschiedenen Seiten ungleich beleuchtet und strebt sich heliotropisch zu krümmen. Bei einigermaassen dicken Internodien tritt diese Krümmung mit solcher Kraft auf, dass die durch das Gewicht an der Rolle bewirkte Spannung nicht hinreicht, den Stengel grade zu ziehen; ein Gewicht aber welches diess bewirken würde, könnte eine beträchtliche Dehnung des wachsenden Theils und eine Veränderung des Wachstums hervorrufen, worüber übrigens noch genaue Untersuchungen zu machen sind. Zum Glück lässt sich aber die heliotropische Krümmung vollständig beseitigen, in dem man einen Spiegel senkrecht und parallel dem beleuchtenden Fenster hinter der Pflanze, dieser möglichst nahe aufstellt; wird die Pflanze von zwei Fenstern aus verschiedener Richtung beleuchtet, so muss jedem Fenster ein Spiegel entsprechen. Die Stengel aller von mir benutzten Pflanzen blieben auf diese Weise vollständig grade und aufrecht.

Viel gefährlicher ist die Nutation wachsender Internodien; wo die Neigung dazu einmal vorhanden ist, wird man am besten thun die Pflanze nicht weiter für unsere Beobachtungen zu benutzen; ein Mittel, sie unschädlich zu machen, ist mir unbekannt, da auch hier die Krümmungen mit solcher Kraft auftreten, dass nur sehr beträchtliche Gewichte, welche die Gefahr des Reissens der Internodien nahe legen, sie überwinden könnten. Ich will bei dieser Gelegenheit die auffallende Thatsache nicht unerwähnt lassen, dass durch den dauernden Zug eines unbedeutenden Gewichts, wie ich es zur Spannung des Fadens benutze, Nutationen hervorgerufen oder verstärkt werden können: so z. B. an den Blütenstengeln von *Oxalis cernua* u. a., und an denen von *Echeverien*. Schon während der aufwärts gerichtete Zug des Gewichts von 10 Gramm im ersten, von

20—50  
viel stär  
nimmt r  
ein, die  
Ueb  
im Wach  
meiden,  
Zu  
Internod  
Dass wa  
zu const  
genauer  
auch die  
man nac  
lang den  
Ableseun  
rücksicht  
Dass ein  
Zug das  
durch m  
denke.  
Zuges ab  
thums z  
besassen  
Zeiten n  
Nac  
in unser  
muthung  
Umstand  
peratur  
grösser  
und die  
tate zei  
vollkom  
Be  
wurde s  
für die  
Fall sei  
schwank  
aufzuhä  
fern de  
nur 20-  
sorgt,



20–50 Gramm im zweiten Falle wirkt, bemerkt man Krümmungen, die viel stärker sind, als die gewöhnlichen Nutationen dieser Internodien; nimmt man das Gewicht ab, so treten in wenigen Minuten Krümmungen ein, die einen Halbkreis und mehr erreichen können.

Ueber die Veränderungen, welche durch Aenderung der Turgescenz im Wachsthum hervorgerufen werden können und die Art, sie zu vermeiden, wurde schon oben das Nöthige gesagt (unter I).

Zu beachten bleibt endlich noch die Dehnung, welche das wachsende Internodium durch den Zug des den Faden spannenden Gewichts erleidet. Dass wachsende Stengel in ziemlich hohem Grade dehnbar sind, ist leicht zu constatiren und sollte im Interesse der Mechanik des Wachstums einmal genauer untersucht werden. So wie die Dehnbarkeit des Fadens wird man auch die des wachsenden Stengels ausser Rechnung bringen können, wenn man nach der Zusammenstellung des Apparates die Pflanze einige Stunden lang dem Zug des Gewichtes ausgesetzt lässt, oder wenn man einfach die Ablesungen der ersten Versuchsstunden als unbrauchbar nicht weiter berücksichtigt; dass diess genügt, zeigen meine Tabellen und Curven. — Dass ein im Verhältniss zur Dicke des Stengels beträchtlicher dauernder Zug das Wachsthum ein wenig beschleunigt, davon habe ich mich 1870 durch mehrere Beobachtungen überzeugt, die ich zu vervollständigen gedenke. Bei der Geringfügigkeit des am Apparat auf die Pflanze wirkenden Zuges aber ist um so weniger eine ausgiebige Beschleunigung des Wachstums zu befürchten, als die benutzten Stengel meist dicke Internodien besaßen. Ob freilich ein dauernd gleichmässiger Zug zu verschiedenen Zeiten nicht etwa verschieden einwirkt, habe ich nicht untersucht.

Nach Aufzählung dieser beträchtlichen Zahl von Fehlerquellen, welche in unsere Beobachtungen einfließen, könnte der Leser leicht auf die Vermuthung kommen, dass die Resultate ziemlich ungenau seien. Allein der Umstand, dass man zur Ableitung der Beziehung des Lichts und der Temperatur zum Wachsthum Zahlen gewinnt, die selbst wenn die Fehler viel grösser wären, das Causalverhältniss deutlich hervortreten lassen, und die Uebereinstimmung der auf verschiedene Weise gewonnenen Resultate zeigt, dass die Genauigkeit der Beobachtungen für unseren Zweck vollkommen hinreicht.

Beobachtung der Temperatur und Luftfeuchtigkeit. Es wurde schon oben angedeutet, in wie weit die Angaben des Thermometers für die Pflanze selbst gelten; damit diess in möglichst hohem Grade der Fall sei, ist es nöthig, selbst in einem Zimmer mit geringen Temperaturschwankungen das Thermometer der beobachteten Pflanze möglichst nahe aufzuhängen; bei allen unten aufgezählten Beobachtungen war diess insofern der Fall, als das trockene wie das nasse Thermometer immer nur 20–30 Ctm. von der Pflanze entfernt war. Auch wurde dafür gesorgt, dass beide Thermometer immer denselben äusseren Bedingungen



ausgesetzt waren, unter denen die beobachtete Pflanze sich befand; stand diese frei in der Luft des Zimmers, so hingen auch die Thermometer frei daneben, wurde die Pflanze in einen Recipienten eingeschlossen, so wurde auch jedes der beiden Thermometer so behandelt, worüber die Anmerkungen vor den einzelnen Tabellen speciellere Auskunft geben. Die Thermometer waren in Zehntelgrade getheilt und jedes Paar vorher bezüglich ihrer Uebereinstimmung sorgfältig verglichen. Die nach CELSIUS getheilten sind aus mehreren Exemplaren als die am besten übereinstimmenden ausgesucht; die kleine Differenz ihrer Angaben wurde in Rechnung gebracht; die nach REAUMUR getheilten sind für psychrometrische Beobachtungen hergestellt.

Die psychrometrischen Differenzen wurden nicht deshalb beobachtet, um aus ihnen Schlüsse über die Verdunstung der Pflanze zu ziehen, da diese bei der geringen Transpirationsfläche einerseits, und bei der kräftigen Bewurzelung anderseits den Turgor der Pflanze und somit das Wachstum gewiss nicht merklich beeinflussen konnte; vielmehr kam es bei der Beobachtung des nassen Thermometers nur darauf an, die Controle dafür zu haben, dass die Luftfeuchtigkeit in der Umgebung der Pflanze innerhalb genügend enger Grenzen variire, um diese Variation als für unseren Zweck bedeutungslos betrachten zu können.

Die Ablesungen der Thermometer begannen gewöhnlich Morgens um 7 Uhr und wurden mit gewöhnlicher Ausnahme von 1 und 2 Uhr nach Mittag bis Abends 6 oder 8 Uhr fortgesetzt. Nächtliche Beobachtungen vorzunehmen war mir, bei der Entfernung meiner Wohnung vom Laboratorium, unmöglich. Um die Gewissheit zu haben, ob die Morgens um 7 Uhr beobachtete Temperatur auch das Minimum sei, wurde dicht neben dem Thermometer noch ein Minimumthermometer aufgestellt, welches vorher verglichen war; zeigte sich, dass das Temperaturminimum um 7 Uhr schon vorüber war, so wurde es in den Tabellen als um 6 Uhr eingetreten verzeichnet. — Dass in den Beobachtungsräumen vom Abend bis Morgen die Temperatur der Luft jemals eine vorübergehende Steigerung erfahren, habe ich durchaus nicht zu vermuthen; das Fallen des Thermometers vom Abend bis zum Morgen war also ein ununterbrochenes; bei der meist geringen Differenz zwischen Abend und Morgen durfte auch ohne erheblichen Fehler angenommen werden, dass das Sinken der Zeit proportional sei; jedenfalls darf ich annehmen, dass die so berechneten 3stündigen Temperaturmittel der Nächte höchstens um  $0,1^{\circ}$ , selten  $0,2^{\circ}$  von den wahren Werthen abweichen. Da es bei den dreistündigen Zuwachsen, die in mehreren Tabellen mitgetheilt sind, darauf ankommt, ihre Beziehung zu der in demselben Zeitraum herrschenden Temperatur zu kennen, so wurden immer vier Temperaturbeobachtungen zur Berechnung des Mittels verwendet; ist der Zuwachs z. B. für die Zeit von 9 bis 12 Uhr angegeben, so ist das Temperaturmittel aus den Ablesungen von 9, 10, 11, 12 Uhr gebildet.

Wo  
berechnet  
da wurde  
ihre Anza  
Zahl der  
und die S  
geringen  
denen des  
Rec  
pflanze,  
mit einer  
jene in  
sie in ei  
stimmter  
richtungen  
bestehen  
und beim  
unten off  
geschlossen  
Mitte offe  
geöffneter  
durch die  
Rande in  
wird mit  
Reibung  
mit ihren  
pienten e  
solche Vo  
kann au  
peraturse  
Versuchs  
die oben  
gedeckt  
Zinkcylin  
2) Reci  
scheiben  
dass sie  
Charnier  
lässt. U  
einem dr  
entsteht,  
lässt. D  
recipient



Wo die Mitteltemperaturen ganzer Tage aus Thermometerablesungen berechnet wurden, welche Morgens, Mittags und Abends gemacht waren, da wurde nicht einfach die Summe der abgelesenen Temperaturen durch ihre Anzahl dividirt, sondern die Mitteltemperatur jedes Zeitraums mit der Zahl der Stunden multiplicirt, diese Produkte für den ganzen Tag addirt und die Summe durch 24 dividirt; ein Verfahren, welches bei den ohnehin geringen Temperaturschwankungen allerdings Werthe liefert, welche von denen des einfacheren Verfahrens nur wenig abweichen.

Recipienten für die angekoppelte Pflanze. Um die Versuchspflanze, nachdem sie mittels des Fadens an die Rolle angekoppelt ist, mit einem Recipienten zu umgeben, der entweder nur die Aufgabe hat, jene in einem nahezu dampfgesättigten Raume verweilen zu lassen, oder sie in einen finsternen Raum einzuschliessen, oder endlich nur Licht bestimmter Färbung zu ihr gelangen zu lassen, benutze ich folgende Vorrichtungen: 1) Recipienten von Zinkblech (vergl. Fig. 1 B, E). Sie bestehen aus zwei Cylinderhälften, die hinten mit Charnier verbunden sind und beim Zuklappen vorn übergreifend einen Hohlcyylinder darstellen, der unten offen, oben durch zwei übereinandergreifende Deckelstücke so geschlossen ist, dass ein Loch von ungefähr 1 Ctm. Durchmesser in der Mitte offen bleibt. Ist die Pflanze nun angekoppelt, so bringt man den geöffneten Recipienten in geeignete Lage, klappt ihn zu, so dass der Faden durch die erwähnte Oeffnung geht und bohrt ihn mit dem unteren offenen Rande in die Erde des Blumentopfs; der offene Raum um den Faden wird mit drei Staniolplättchen so belegt, dass eben nur der Faden ohne Reibung durchtreten kann. Das trockene und nasse Thermometer werden mit ihrem unteren Theil in eben solche, auf feuchter Erde stehende Recipienten eingeschlossen und möglichst nahe an der Pflanze aufgestellt. Eine solche Vorrichtung, abwechselnd von der Sonne beschienen und beschattet, kann auch bei Versuchen über die Wirkung starker und rascher Temperaturschwankungen benutzt werden (Tabelle 5). Bei einigen der ersten Versuchsreihen benutzte ich statt dieser Recipienten Rollen von Stanniol, die oben mit einer durchlöcherten und mit Spalt versehenen Stanniolklappe gedeckt wurden. Je nach der Grösse der Versuchspflanze verwende ich Zinkcylinder von 20—30 Ctm. Höhe und 8—10 Ctm. Durchmesser. — 2) Recipienten von Glas; sie bestehen aus vier rechteckigen Glasscheiben von 10 Ctm. Breite und circa 30 Ctm. Höhe, die so gefasst sind, dass sie einen vierseitigen Kasten bilden, der sich an einer Kante mit Charnier öffnen, an der gegenüberliegenden durch einen Schieber schliessen lässt. Unten bleibt der Kasten offen, oben ist jede Hälfte desselben mit einem dreieckigen Deckstück so versehen, dass beim Schliessen eine Decke entsteht, die in der Mitte ein Loch für den Durchgang des Fadens übrig lässt. Die Anwendung geschieht in derselben Weise, wie bei den Blechrecipienten. Ich besitze solche Laternen von farblosem, rothem und



blauem Glase; auch wurden mit den farbigen bereits Versuchsreihen durchgeführt, die ich jedoch bei späterer Gelegenheit noch zu vervollständigen gedenke. — Man kann diese Laternen übrigens auch durch tubulirte Glocken ersetzen, die man zuerst über die Pflanze stülpt, nachdem an derselben ein Haken für den Faden oder die eingeschalteten Drahtstücke befestigt ist, die man dann durch den Tubulus (jedoch mit einiger Unbequemlichkeit) einhakt.

Endlich habe ich noch zu erwähnen, dass das Auxanometer bei allen vom März bis Juli 1871 gemachten Beobachtungen in einem Eckzimmer stand, von dessen Fenstern eines nach Ost, die beiden anderen nach Süd gerichtet sind. Zur Verfinsterung des Zimmers dienen mit dickem Wachs- tuch überzogene Holzrahmen, welche, an den Seiten gepolstert, in die Fensternischen eingeschoben werden können, so dass sie die Fenster vollständig schliessen. Fällt nur diffuses Tageslicht auf die Fenster, so bewirkt dieser Verschluss im Zimmer eine tiefe Finsterniss, die selbst nach mehreren Minuten die Erkennung der Gegenstände unmöglich macht; scheint die Sonne auf die Schirme, so tritt allerdings ein wahrnehmbarer Grad von Helligkeit im Zimmer ein.

Beurtheilung und graphische Darstellung der Zahlen. Hat man die Zahlenreihen der stündlichen Zuwachse, Lufttemperaturen, psychrometrischen Differenzen und sonstige Bemerkungen einer mehrtägigen Beobachtungsreihe vor sich, so ist es durchaus nicht leicht, aus denselben ohne Weiteres irgend ein bestimmtes Resultat betreffs der Einwirkung äusserer Agentien auf das Wachsthum abzuleiten. Die stündlichen Zuwachse schwanken unregelmässig auf und ab, Beziehungen zu Temperatur und Licht treten nur ab und zu klar hervor. In höherem Grade geschieht diess allerdings schon dann, wenn man statt der stündlichen Werthe die daraus berechneten zwei- oder dreistündigen Zuwachse und Mitteltemperaturen berechnet, aber auch so gewinnt man kaum ein klares Bild des inneren Zusammenhanges des Wachsthums und seiner Bedingungen; diess ist nur durch eine geeignete graphische Darstellung der Zahlenwerthe möglich, die merkwürdigerweise bisher keiner meiner Vorgänger benutzt hat und diese Unterlassung ist eine der Ursachen, warum manche Beobachter die wahren Resultate ihrer eigenen Beobachtungen nicht erkannten, wie ich noch im letzten Abschnitt zeigen werde. Ich habe nicht nur alle meine Beobachtungsreihen, sondern auch fast sämtliche Angaben meiner Vorgänger auf Coordinaten übertragen; meist habe ich die graphische Darstellung meiner Zahlen sogar auf zwei- oder drei- und mehrfach verschiedene Weise versucht, um ein möglichst anschauliches Bild der Vorgänge zu bekommen.

Die beigegebenen Tafeln mit den zugehörigen Erklärungen und Tabellen werden dem Leser hinreichend verständlich sein und kann ich mich hier ausführlicher Angaben über das Verfahren im Allgemeinen um so

mehr en-  
phische  
längst im  
weisen, d  
lich daru  
es sich  
die Mitte  
gilt; hat  
aus zwei  
ist, so  
Ordinate  
muss de  
Punkt d  
die Zuw  
gleichen  
einzutrag  
für die  
die Punk  
7 1/2 Uhr

Die  
vom An  
folgen 1  
plicirter

Et  
Periode)  
wurde  
getheilt;  
die ers  
erste C  
Messung  
10,2 un



mehr enthalten, als auf anderen Gebieten der Naturwissenschaft die graphische Darstellung von in Zahlen ausgedrückten Beobachtungen ja ohnehin längst im Gebrauch ist. Nur auf einen Punkt möchte ich besonders hinweisen, den der Ungeübte leicht übersehen könnte. Handelt es sich nämlich darum, Mittelwerthe auf den Coordinaten zu verzeichnen, so versteht es sich von selbst, dass man die ihnen entsprechenden Punkte auch auf die Mitte desjenigen Zeitraumes eintragen muss, für den der Mittelwerth gilt; hat man also z. B. die Mitteltemperatur der Nacht einzutragen, die aus zwei Beobachtungen von Abends 6 Uhr und Morgens 7 Uhr genommen ist, so muss der betreffende Punkt für die Temperaturcurve auf diejenige Ordinate gesetzt werden, welche  $12\frac{1}{2}$  Uhr Nachts entspricht; eben so muss der mittlere stündliche Zuwachs für diesen Zeitraum auf denselben Punkt der Zeitabszisse fallen; nimmt man statt der mittleren Zuwachse die Zuwachssummen für bestimmte Zeiträume, so sind dieselben an den gleichen Punkten, an welchen die mittleren Zuwachse stehen müssten, einzutragen; wird z. B. die Curve der dreistündigen Zuwachse verzeichnet für die Zeiten von 12—3 Uhr, 3—6 Uhr, 6—9 Uhr u. s. w., so müssen die Punkte für die dreistündigen Zuwachse auf die Zeiten  $1\frac{1}{2}$  Uhr,  $4\frac{1}{2}$  Uhr,  $7\frac{1}{2}$  Uhr u. s. w. fallen.

### III. Tabellen.

Die hier folgenden Beobachtungsreihen sind sämmtlich im Jahre 1871 vom Anfang März bis in den Juli gewonnen. Die Ordnung, in der ich sie folgen lasse, ist nicht chronologisch, sondern vom einfacheren zum complicirteren fortschreitend, wie noch weiter aus Abschnitt IV zu ersehen ist.

#### 1.

#### *Phaseolus multiflorus.*

Etiolirte Pflanze im finstern Zimmer beobachtet; Wachsthum (grosse Periode) der einzelnen Theile des epicotylen Internodiums. Das Internodium wurde am 19. April 4 Uhr Abends in 12 Stücke à 3,5 Mill. lang eingetheilt; die Stücke sind von unten nach oben mit *a* bis *m* bezeichnet; die erste Messung fand am 21. April 8 Uhr früh statt, aus ihr ist die erste Columnne der Zuwachse für 24 Stunden berechnet; die folgenden Messungen immer täglich um 8 Uhr früh. Temperatur beständig zwischen  $10,2$  und  $11,0^{\circ}$  R. — Messung mit Maassstab. — Vergl. p. 102.



Bezeichnung der je 3,5 Mill. langen Stücke.	Zuwachs bis 21. April.	Zuwachs bis 22. April.	Zuwachs bis 23. April.	Zuwachs bis 24. April.	Zuwachs bis 25. April.	Zuwachs bis 26. April.	Zuwachs bis 27. April.	Zuwachs bis 28. April.	Zuwachs bis 29. April.	Zuwachs bis 30. April.
oben m	Mill. 1,2	Mill. 1,5	Mill. 2,5	Mill. 5,5	Mill. 7,0	Mill. 9,0	Mill. 14,0	Mill. 10,0	Mill. 7,0	Mill. 2,0
l	1,5	1,5	6,0	9,0	9,5	9,5	3,5	1,0		
k	2,7	3,0	6,5	6,0	2,0					
i	3,9	2,5	3,0	1,0						
h	3,3	1,0	0,5							
g	1,8	0,5								
f	1,1	0,2								
e	0,6	0,3								
d	0,6									
c	0,3									
b	0,3									
unten a	0,3									
Summe der Par- tialzuwächse	17,6	16,5	18,5	24,5	18,5	18,5	17,5	14,0	7,0	2,0

2.

*Fritillaria imperialis.*

Grüne Pflanze im Licht und etiolirte Pflanze im Finstern. Zur Vergleichung der grossen Periode beider (vergl. Taf. I.). Ablesung der Zuwächse mittels Zeigers an Faden.

Zwei nahezu gleichgrosse Zwiebeln waren in gleiche Töpfe gleichzeitig eingepflanzt; die eine keimte in einem finsternen Zimmer, die andere an einem hellen Fenster; bei dieser begann die Beobachtung als das untere Internodium des Laub- und Blütenstengels 7 Mill., bei jener als es 22 Mill. über der Erde hoch war; der Faden war mittels eines Silberdraht-Häkchens unmittelbar unter dem ersten Laubblatt befestigt, die verzeichneten Zuwächse gelten daher ausschliesslich für das unterste Internodium. — Die beiden Apparate standen während der Beobachtungszeit neben einander auf einem Tisch; die grüne Pflanze erhielt nur diffuses Licht (nicht direkte Sonne) von zwei Ostfenstern aus 3 Meter und zwei Nordfenstern aus 2 Meter Entfernung; zwei Spiegel verhinderten die heliotropische Krümmung vollständig. Die daneben stehende etiolirte Pflanze war mit einem Hohlzylinder von Stanniol bedeckt und so verfinstert (vergl. p. 125). — Die Lufttemperatur ( $^{\circ}\text{C.}$ ) wurde an einem metallenen Maximum- und Minimum-Thermometer (von HERMANN und PFISTER), welches zwischen beiden Pflanzen stand, täglich dreimal, um 8 Uhr früh, 12 Uhr Mittag, 6 Uhr Abend abgelesen und aus diesen 6 Daten die täglichen Mitteltemperaturen (vergl. p. 125) berechnet; die täglichen Schwankungen waren gering und erreichten höchstens  $2^{\circ}\text{C.}$  in 24 Stunden. — Mit Ausnahme der trüben Tage am 20. März und 2.—5. April war das Wetter hell.



Tag.	Temp. °C. tägl. Mittel.	Tägl. Zuwachse in Millim. um 12 Uhr Mittag abgelesen.		Bemerkungen.
		grüne Pflanze.	etiol. Pflanze.	
19. bis 20. März	10,96 C.	Millim. 2,0		
21	10,5	5,2		
22	11,4	6,4		
23	12,2	6,8		
24	13,4	9,3	7,5	erster beobachteter Zuwachs der etiol. Pfl. von 12 Uhr Mittag 23. bis 12 Uhr Mittag 24. März; am 23. März ist das grüne Internodium 27,4 Mill., das etiol. 22 Mill. hoch über der Erde.
25	13,9	13,4	12,5	
26	14,6	12,2	12,5	
27	15,0	8,5	11,5	am 27. März 8 Uhr früh Erde beider Töpfe begossen.
28	14,3	10,6	14,2	
29	12,4	10,3	12,6	am 29. März 8 Uhr früh die etiol. Pflanze begossen.
30	12,0	6,3	15,9	am 30. März 8 Uhr früh die grüne Pflanze begossen.
1. April	11,2	4,7	16,6	
2	10,7	5,8	18,2	am 1. April 8 Uhr früh die grüne Pflanze begossen.
3	10,2	4,4	15,5	
4	9,4	3,8	14,0	
5	10,6	2,0	13,8	
6	10,7	1,2	11,9	
7	11,0	0,7	8,8	
8	11,0	0,0	4,4	
9	11,2		2,4	
10	11,5		0,6	
11	12,5		0,0	

In dem Zeitraum vom 23. März 12 Uhr Mittag bis zum 7. April 12 Uhr Mittag, wo beide Pflanzen gleichzeitig beobachtet wurden und wuchsen, betrug der Gesamtzuwachs der grünen 93,2 Mill., der der etiolirten 189,9; dieser war also mehr als doppelt so gross wie jener; ausserdem dauerte der Zuwachs des etiolirten Internodiums noch 3 Tage länger, als das des grünen; das Maximum der täglichen Zuwachse fällt bei dem grünen Internodium auf den 25. März, bei dem etiolirten auf den 1. April, also 6 Tage später. Da nach Beendigung der Beobachtungen sich fand, dass das Internodium unterirdisch und innerhalb der Zwiebel bei beiden Pflanzen 30 Mill. lang war, so ergibt sich die erreichte Gesamtlänge für das Grüne 120,7 Mill., für das etiolirte 214,6 Mill.

## 3.

## Hopfen.

Grüne Pflanzen im Finstern (Vergl. Taf. II.). Grosse Periode und Temperaturwirkung.

Zu den beiden folgenden Beobachtungsreihen wurden Pflanzen verwendet, welche, in grosse Töpfe gepflanzt, schon zweimal in diesen überwintert hatten. An beiden Exemplaren wurden sämtliche Sprosse, bis



auf je einen, zur Beobachtung besonders geeigneten, dicht an der Erde weggeschnitten. — Während der Beobachtungszeit waren die Sprosse mit tubulierten Glasglocken bedeckt, diese zum Zweck der Verdunkelung mit Bleifolie dicht umwickelt; in zwei anderen dicht daneben, auf feuchter Erde stehenden tubulierten Glasglocken befanden sich die Thermometer ( $^{\circ}\text{C.}$ ), in der einen das trockene, in der anderen das feuchte, welches Nachts  $0,25$  bis  $0,30$ , Tags  $0,30$  bis  $0,40$  weniger zeigte, als jenes. — Zuwachsablesungen an Millimetertheilung, an welcher sich der Zeiger mittels Faden und Rolle bewegte.

## No. I.

Die vier oberirdischen Internodien unter der Knospe des Sprosses haben am Anfang des Versuchs die Längen (von unten nach oben gezählt):  $90-31, -28-47$  Mill.; der Zuwachs findet an den 3 oberen Internodien, überwiegend am jüngsten statt.

Tag.	Tageszeit.	Temp. C. Mittel.	Zuwachse in Millim. Mittel pro Stunde.	Zuwachse in Millim. für ganze Tage 6 <sup>h</sup> Abd. — 6 <sup>h</sup> Abd.	Temp. C. Mittel für ganze Tage p. 125.
18. April	6 Ab.—8 Fr.	14,06	0,18 Mill.	8,5 Mill.	14,04
	8 Fr.—12 M.	15,0	0,40 „		
	12 M.—6 Ab.	15,3	0,73 „		
19. April	6 Ab.—8 Fr.	14,7	0,90 Mill.	26,7 Mill.	15,0
	8 Fr.—12 M.	14,7	1,17 „		
	12 M.—6 Ab.	16,1	1,58 „		
20. April	6 Ab.—8 Fr.	15,4	1,34 Mill.	35,0 Mill.	15,4
	8 Fr.—12 M.	15,2	1,65 „		
	12 M.—6 Ab.	15,7	1,73 „		
21. April	6 Ab.—8 Fr.	14,8	1,03 Mill.	25,0 Mill.	14,09
	8 Fr.—12 M.	14,8	1,12 „		
	12 M.—6 Ab.	15,4	1,00 „		
22. April	6 Ab.—8 Fr.	14,4	0,39 Mill.	7,0 Mill.	14,5
	8 Fr.—12 M.	14,3	0,27 „		
	12 M.—6 Ab.	15,6	0,07 „		

## No. II.

Das vorletzte Internodium unter der Knospe, das 3. von unten, ist in den letzten 5 Tagen am Licht nur um 12 Mill. gewachsen und bei Beginn des Versuchs 32 Mill. lang; das letzte Internodium unter der Knospe ist 20 Mill. lang und ergibt die in der Tabelle verzeichneten Zuwachse.



Tag.	Tageszeit.	Temp. C. Mittel.	Zuwachse in Millim. Mittel pro Stunde.	Zuwachse in Millim. für ganze Tage 6 <sup>h</sup> Abd. — 6 <sup>h</sup> Abd.	Temp. C. Mittel für ganze Tage
22. April	8 Fr.—12 M.	14,03	0,45 Mill.	} 19,0 Mill.	14,09
	12 M.—6 Ab.	15,6	0,75 „		
	6 Ab.—8 Fr.	14,8	0,91 „		
23. April	8 Fr.—12 M.	14,7	1,30 Mill.	} 25,0 Mill.	14,5
	12 M.—6 Ab.	14,9	1,03 „		
	6 Ab.—8 Fr.	14,2	0,97 „		
24. April	8 Fr.—12 M.	14,5	1,25 Mill.	} 26,0 Mill.	14,3
	12 M.—6 Ab.	15,4	1,75 „		
	6 Ab.—8 Fr.	14,0	0,75 „		
25. April	8 Fr.—12 M.	13,9	1,00 Mill.	} 17,2 Mill.	13,9
	12 M.—6 Ab.	14,8	1,25 „		
	6 Ab.—8 Fr.	13,3	0,44 „		
26. April	8 Fr.—12 M.	14,4	0,40 Mill.	} 4,8 Mill.	14,4
	12 M.—6 Ab.	15,0	0,45 „		
	6 Ab.—8 Fr.	13,7	0,04 „		

## 4.

*Fritillaria imperialis.*

Etiolierte Pflanze im Finstern; Wirkung starker Temperatur-Schwankungen auf das Wachsthum; (vergl. Taf. III.). Beobachtung der Zuwachse mittels des Zeigers am Bogen.

Zur Beobachtung diente ein im Finstern erwachsener Laubspross, dessen erstes Internodium am Anfang bereits 15 Ctm. hoch war; der Faden wurde unmittelbar unter dem ersten Blatt der noch nicht entfaltenen Laubknospe mittels eines Hakens von Silberdraht befestigt; die folgenden Angaben beziehen sich also ausschliesslich auf das erste Internodium. — Die Verdunkelung wurde durch einen Hohlcyylinder von Stanniol bewirkt; neben der Pflanze befanden sich die beiden Thermometer (<sup>0</sup>R), das eine mit trockener, das andere mit nasser Kugel; jedes mit seinem unteren Theil in einem Hohlcyylinder von Stanniol von der Grösse dessen, der die Pflanze bedeckte, umgeben; jeder dieser Cylinder steht auf der feuchten Erde eines Blumentopfes (vergl. p. 124). — Die Temperaturschwankungen wurden durch Heizung eines grossen eisernen Ofens im grössten Saale des Laboratoriums und gelegentlich durch Oeffnen von Thür und Fenster bewirkt. Der Apparat stand 5 Meter von dem Ofen entfernt und war durch einen grossen hölzernen Schirm vor der Strahlung desselben geschützt; die Temperaturänderungen am Apparat wurden demnach durch die Luftwärme des Saales vermittelt. Die Temperatur der Erde wurde durch ein in die Erde neben der Pflanze gestecktes Thermometer angegeben.



Tag.	Stunde der Ablesung.	Zuwachse pro Stunde. Bogen- grade.	Temp. °R.		psychrom. Diff. nasser Th. in Hülle.	Bemerkungen.
			Erde.	Luft in der Hülle.		
16. März	8 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup> fr.		11,20	11,80	0,40	um 8 <sup>h</sup> früh geheizt.
	10 „	1,06	12,3	14,2	0,70	
	11 „	2,10	14,0	16,6	0,9	
	12 Mittag	1,05	15,3	17,9	1,1	
	1 „	1,45	16,9	17,9	0,7	um 3 <sup>h</sup> Nachmittag Fenster und Thür geöffnet.
	3 „	2,05	16,3	17,0	0,5	
	4 „	2,20	14,8	14,7	0,1	
	5 „	1,90	13,6	13,3	0,1	
	6 Abend	1,60	12,7	12,4	0,3	über Nacht ein Fenster offen; um 8 <sup>h</sup> fr. geschlossen, um 9 <sup>h</sup> früh geheizt.
17. März	8 <sup>h</sup> fr.	1,00	7,8	8,4	0,2	
	9 „	0,70	8,3	9,4	0,7	
	10 „	0,25	10,0	13,8		
	11 „	1,35	12,2	14,5	0,5	
	12 Mittag	1,20	12,8	14,9	0,7	
	1 „	1,70	14,0	15,2	0,7	
	3 „	2,10	14,0	14,7	0,3	
	4 „	2,00	13,6	14,3	0,2	
	5 „	1,90	13,6	14,6	0,6	
	6 Abend	1,80	13,4	13,8	0,1	
18. März	8 <sup>h</sup> fr.	1,14	9,6	9,7	0,2	Ofen geheizt.
	9 „	0,50	11,2	14,3		
	10 „	2,00	13,2	15,6	0,9	
	11 „	2,50	13,6	15,1	0,5	
	12 Mittag	0,30	14,0	15,0	0,5	
	1 „	1,50	15,0	16,2	0,6	
	2 „	2,10	14,3	15,5	0,4	
	3 „	1,85	14,3	15,1	0,4	
	4 „	1,60	14,0	13,8	0,0	
	5 „	1,55	13,2	13,1	0,2	
19. März	6 Abend	1,40	12,7	12,7	0,2	Ofen geheizt.
	8 <sup>h</sup> fr.	0,83	9,0	9,4	0,2	
	9 „	0,45	9,3	10,3	0,6	
	10 „	0,10	11,2	13,9	1,1	
	11 „	1,30	12,6	14,9	1,1	
	12 Mittag	0,40	13,7	15,9	1,2	
	1 „	0,80	15,0	15,9	0,9	
	3 „	0,80	14,0	14,6	0,4	
	4 „	0,90	13,6	14,1	0,3	
	5 Abend	0,60	13,3	13,7	0,4	
20. März	8 <sup>h</sup> fr.	0,35	9,2	9,6	0,3	

## 5.

*Dahlia variabilis.*

Etiolierte Pflanze im Finstern (Zink-Recipient). Wirkung starker Temperaturschwankungen auf das Wachsthum (Taf. IV). Beobachtungen am Auxanometer, bei 12maliger Vergrößerung.

Der im Finstern austreibende Spross besass zwei oberirdische Internodien unter der Endknospe; am 1. Mai wurde der Faden unterhalb des ersten Blattpaares angekoppelt, um zu sehen, ob das untere Internodium



noch wächst; bis zum 2. Mai in 24 Stunden betrug die wirkliche Verlängerung bei 11—13° R. nur 0,58 Millimeter; dann wurde das obere Ende des zweiten Internodiums unmittelbar unter dem 2. Blattpaar angekoppelt; die mit dem 4. Mai beginnenden hier folgenden Zuwachsanangaben betreffen daher sicherlich nur das zweite Internodium. — Die Pflanze war während der Beobachtungszeit mit dem Zink-Recipienten umgeben (vergl. p. 125), und so gestellt, dass die Sonnenstrahlen denselben vor Mittag treffen und erwärmen konnten; durch einen vorgestellten Papierschirm konnte die Intensität der Strahlung vermindert werden. — Das Thermometer (R) befand sich mit seinem unteren Theil in einem gleichen, auf feuchter Erde stehenden Recipienten, der jedesmal derselben Strahlung dicht neben der Pflanze ausgesetzt wurde.

Tag.	Stunde.	Zuwachs in Mill. am Bogen.	Temp. R. im Reci- pienten.	Grösste Tempera- turschwankung in einer Stunde.	Bestrahlung.
4. Mai	6h fr.				
	7 "	2,8	11,07	4,40 aufwärts.	meist trüb, wol- kig; Wirkung der Strahlung aber merklich.
	8 "	2,5			
	9 "	3,0	13,9	4,2 abwärts.	
	10 "	2,5	12,7	0,04 abwärts, und	
	10h 30m fr.		12,3	2,00 aufwärts.	
	10h 50m "		14,3		
	11 fr.	3,6		2,02 abwärts.	v. 12 bis 12h 30m Sonne. um 12h 30 beschattet.
	12 Mittag	3,0	12,5	von 12—1h	
	12h 30m M.		16,3	3,8 aufwärts und	
	1 Mittag	7,2	15,6	0,7 abwärts.	
	2 "	4,5		2,07 abwärts.	
	3 "	4,0	12,9		
	4 "	4,3	13,0	0,04 aufwärts.	
	5 "	4,6	12,7	0,03 abwärts.	
	6 Abend	4,4	12,0	0,07 abwärts.	
	7 "	4,2			
	8 "	4,0			
	9 "	3,8			
	10 "	3,5			
	11 "	3,0			
	12 Nacht	2,5			
5. Mai	1 "	2,3			
	2 "	2,4			
	3 "	2,0			
	4 "	1,7			
	5 "	1,8			
	6h fr.	1,6			
	7 "	0,8	11,01	0,06 aufwärts.	der Himmel meist wolkig, zwischen 10 und 11h Sonne.
	8 "	1,5			
	9 "	2,0	12,3	0,2 aufwärts.	
	10 "	1,8	12,5	3,05 aufwärts.	
	11 "	2,2	16,0	2,2 abwärts.	
	12 Mittag	5,0	13,8		
	"	5,0		im Mittel	
	"	5,6		0,07 abwärts.	
	3 "	6,5	13,6		



Tag.	Stunde.	Zuwachs in Mill. am Bogen.	Temp. R. im Reci- pienten.	Grösste Tempera- turschwankung in einer Stunde.	Bestrahlung.
5. Mai	4 <sup>h</sup> Mittag	8,4	12,4	4,2 abwärts.	
	5 "	Neu ein- gestellt.	12,0		
	6 Abend		11,6		
	7 "	5,3			
	8 "	5,0			
	9 "	4,1			
	10 "	4,0			
	11 "	4,0			
	12 Nacht	3,6			
	1 "	3,4			
6. Mai	2 "	3,5		Himmel immer trüb.	
	3 "	3,8			
	4 "	4,0			
	5 "	4,0			
	6 <sup>h</sup> fr.	4,0			
	7 "	4,0	11,0		
	8 "	3,5	11,7		
	9 "	5,2	12,7		
	10 "	5,5	13,4		
	11 "	5,8	13,0		
	12 Mittag	6,0	13,1		
	1 "	7,0			
	2 "	6,5	12,6		
	3 "	5,5			
	4 "	5,8			
	5 "	6,3			
	6 Abend	6,0			
	7 "	5,8	11,0		
	8 "	6,0			
	9 "	5,0			
	10 "	4,7			
	11 "	4,3			
	12 Nacht	4,1			
7. Mai	1 "	4,0		Sonnenschein, mit Papierschirm geschattet.	
	2 "	3,6			
	3 "	3,3			
	4 "	2,6			
	5 "	2,6			
	6 <sup>h</sup> fr.	2,5	10,5		
	7 "	2,5			
	8 "	3,0	12,5		
	9 "	4,3	13,2		
	10 "	3,6	14,0		
	11 "	5,0	14,2		
	12 Mittag	5,2	15,3		
	1 "	4,5			
	2 "	3,6			
	3 "	2,8	12,7		

6.

*Fritillaria imperialis.*

Etiolierte Pflanze frei im finstern Zimmer. Wirkung geringer Temperaturschwankung. Grosse und tägliche Periode. Beobachtet mittels des Auxanometers, bei 12maliger Vergrößerung der Zuwachse.

Als das untere Internodium des im Finstern ausgetriebenen Laub-



sprosses 25 Mill. über der Erde lang war (sämmliche Laubblätter noch als Knospe zusammenschliessend), wurde der Faden mittels eines Hakens von Silberdraht unmittelbar unter Knospe befestigt und die Beobachtung begonnen. — Die Pflanze blieb unbedeckt, ebenso das trockene und feuchte Thermometer (R); ein drittes Thermometer steckte in der Erde des Blumentopfs neben der Zwiebel. — Den genau einstündigen Zuwachs-Angaben des Auxanometers entsprechen stündliche Temperaturbeobachtungen von Morgens 8 bis 12 Uhr und Nachmittags 3 bis 6 Uhr; aus jenen sind die dreistündigen Zuwachse, aus diesen die zugehörigen Mitteltemperaturen und psychrometrischen Differenzen berechnet (vergl. wegen der Nachttemperaturen p. 124).

## A. Nach dreistündigen Werthen.

Tag.	Stunde von—bis	Zuwachs in je 3 Stunden. Millim. am Bogen.	Mittel-Temp. °R.			Bemerkungen.
			Erde.	Luft.	psychr. Differ.	
27. März	3—6 Abend	10,7	13,4	13,8	2,4	
	6—9 „	10,7		13,6		
	9—12 Nacht	11,6		13,4		
28. März	12—3 „	15,4		13,2		
	3—6 früh	18,0		13,0		
	6—9 „	20,3	11,4	12,9	2,4	um 8h früh Erde begossen.
	9—12 Mittag	21,6	11,5	12,8	2,8	8—11h Mittag Sonne (d. h. die Sonnenstrahlen treffen die Aussenseite der die Südfenster deckenden schwarzen Schirme).
	12—3 „	26,5	11,5	12,8	2,8	
	3—6 Abend	28,0	11,4	12,4	2,9	
	6—9 „	24,8		11,9		
	9—12 Nacht	28,0		11,7		
	12—3 „	30,0		11,3		
29. März	3—6 früh	29,9		11,0		
	6—9 „	28,3	9,5	11,0	2,2	
	9—12 Mittag	31,7	10,1	11,7	2,4	um 12h Mittag neu eingestellt.
	12—3 „	41,8	11,0	11,7	2,5	
	3—6 Abend	39,0	10,5	11,5	2,8	
	6—9 „	36,7		10,9		
	9—12 Nacht	37,8		10,6		
	12—3 „	39,3		10,4		
	3—6 früh	39,4		10,2		
30. März	6—9 „	41,6	8,6	10,1	2,3	8h früh Erde begossen.
	9—12 Mittag	39,2	9,5	10,7	2,2	
	12—3 „	41,4	9,9	10,8	2,2	
	3—6 Abend	38,0	9,5	10,4	2,3	5h Abend neu eingestellt.
	6—9 „	23,5		10,0		
	9—12 Nacht	26,0		9,8		
	12—3 „	28,5		9,7		
	3—6 früh	31,2		9,5		
	6—9 „	34,7	7,9	9,4	2,0	
31. März	9—12 Mittag	35,8	8,3	9,5	2,0	10h Morgens Erde begossen.
	12—3 „	33,6	8,4	9,5	2,1	
	3—6 Abend	28,3	8,4	9,4	2,2	um 4h Abend neu eingestellt.
	6—9 „	21,5		9,0		
	9—12 Nacht	22,8		8,8		



Tag.	Stunde von—bis	Zuwachs in je 3 Stunden. Millim. am Bogen.	Mittel-Temp. °R.			Bemerkungen.
			Erde.	Luft.	psychr. Differ.	
1. April	12—3 Nacht	24,6		8,7		
	3—6 früh	25,2		8,5		
	6—9 „	27,3	7,2	8,3	2,1	9h Morgens begossen.
	9—12 Mittag	24,5	7,3	8,4	2,0	
	12—3 „	24,8	8,0	8,7	2,0	
	3—6 Abend	25,8	7,8	8,5	1,9	
	6—9 „	19,5		8,3		
	9—12 Nacht	24,9		8,2		
2. April	12—3 „	24,5		8,0		
	3—6 früh	25,2		7,9		
	6—9 „	26,5	6,6	7,8	1,9	seit 9h im unt. Zimmer geheizt. <sup>1)</sup>
	9—12 Mittag	24,1	7,2	8,5	1,9	12h Mittag neu eingestellt.
	12—3 „	17,4	7,5	9,2	2,0	
	3—6 Abend	19,0	7,6	8,9	1,8	
	6—9 „	21,9		8,5		
	9—12 Nacht	23,0		8,4		
3. April	12—3 „	21,5		8,3		
	3—6 früh	22,3		8,2		
	6—9 „	22,2	7,1	8,2	1,8	
	9—12 Mittag	15,0	7,6	8,8	1,6	9—1h Sonne; seit 9h im unteren Zimmer geheizt.
	12—3 „	21,4	8,0	9,3	1,7	
	3—6 Abend	25,9	8,2	9,2	1,7	
	6—9 „	23,5		9,1		
	9—12 Nacht	23,1		9,0		
4. April	12—3 „	28,0		8,9		
	3—6 früh	26,5		8,8		
	6—9 „	27,5	7,8	8,8	1,7	seit 9h im unt. Zimmer geheizt.
	9—12 Mittag	24,3	8,5	9,7	1,8	9—4 Sonne.
	12—3 „	22,3	9,2	10,4	2,0	12h Mittag neu eingestellt.
	3—6 Abend	28,4	9,3	10,5	1,8	
	6—9 „	22,1		10,3		
	9—12 Nacht	17,5		10,2		
5. April	12—3 „	20,6		10,1		
	3—6 früh	20,4		10,0		
	6—9 „	22,8	8,7	10,3	1,9	
	9—12 Mittag	19,8	9,2	10,0	2,0	
	12—3 „	18,9	9,1	9,9	1,9	
	3—6 Abend	17,9	9,0	9,8	1,9	
	6—9 „	10,5		9,6		
	9—12 Nacht	9,9		9,5		
6. April	12—3 „	8,8		9,3		
	3—6 früh	8,8		9,2		
	6—9 „	8,4	8,0	9,0	1,7	
	9—12 Mittag	7,5	8,1	9,0	1,7	
	12—3 „	6,9	8,1	9,0	1,7	
	3—6 Abend	6,6	8,2	8,9	1,7	
	6—9 „	7,3		8,9		
	9—12 Nacht	6,4		8,8		
7. April	12—3 „	6,9		8,8		
	3—6 früh	6,3		8,7		
	6—9 „	6,2	7,6	8,8	1,6	
	9—12 Mittag	5,1	8,7	9,5	1,6	
	12—3 „	6,5	9,4	9,9	1,7	

1) Das Zimmer im 2. Stockwerk, wo das Auxanometer aufgestellt ist, steht durch eine 4 □ Fuss grosse Oeffnung mit dem darunter liegenden Zimmer des ersten Stockes



Das Internodium hatte am Anfang des Versuchs über der Erde (von der Grenze des oberen Zwiebelrandes bis zur Basis des untersten Laubblattes, wo der Faden eingehakt war) die Höhe von 25 Mill.; nach Beendigung der Beobachtungen (am 8. April 8 Uhr früh) betrug diese 193,1 Mill.; der Zuwachs während der Beobachtungsdauer, inclusive der Zeit vom 7. April 3 Uhr Nachmittag bis 8. April 8 Uhr früh betrug also 168 Mill. Der oberirdische Theil des Internodiums war vor Beginn des Versuchs durch schwarze Striche in fünf gleichhohe Stücke à 5 Mill. eingetheilt worden, welche von unten nach oben gezählt, mit den Buchstaben *a*, *b*, *c*, *d*, *e* bezeichnet sein mögen. Nach Beendigung der Beobachtungen waren die Längen dieser Stücke

$a = 19,5$  Mill.;  $b = 26,5$ ;  $c = 33,6$ ;  $d = 45,5$ ;  $e = 29,5$  Mill.

Nach Abzug der ursprünglichen Länge jedes Stückes von 5 Mill., erhält man die Zuwächse

für  $a = 14,5$ ;  $b = 21,5$ ;  $c = 28,6$ ;  $d = 40,5$ ;  $e = 24,5$  Mill.

Ausserdem war aber während des Versuchs unterhalb *a* ein neues Stück von der Länge 38,5 Mill. herausgeschoben, durch Verlängerung des in der Zwiebel steckenden Stückes von 32 Mill. Länge.

Demnach ist das Wachsthum dieses Internodiums ungleichmässig an verschiedenen Querschnitten und zwar in basifugaler Richtung zunehmend; indem sich das in der Zwiebel steckende Stück von 32 Mill. Länge nur um 38,5 Mill., das über der Zwiebel befindliche von 25 Mill. ursprünglicher Höhe aber um 168 Mill. verlängerte; an diesem Theil nahm das Wachsthum von *a* bis *d* zu, nur das oberste Stück *e* wuchs langsamer, war aber bei Beendigung des Versuchs noch nicht ausgewachsen.

#### B. Theil der vorigen Tabelle A.

Tag.	Stunde von—bis	$\frac{z}{t}$	$\frac{z}{t-4}$	$\frac{z}{t-6}$
1. April	12—3 Nacht	28	52	89
	3—6 früh	29	56	101
	6—9 „	33	63	119
	9—12 Mittag	29	56	102
	12—3 „	29	53	92
	3—6 Abend	30	57	103
	6—9 „	23	45	85
	9—12 Nacht	30	59	113
	12—3 „	34	64	122
2. April	3—6 früh	32	65	133
	6—9 „	34	67	147

(Fortsetzung der Tabelle auf pag. 138.)

in Verbindung; dieses wurde, um die Temp. bei der immer zunehmenden Abkühlung des Wetters, nicht allzustark sinken zu lassen, geheizt; es wurde so eine sehr langsame Erwärmung des Beobachtungsraumes künstlich erzielt.



Tag.	Stunde von—bis	$\frac{z}{t}$	$\frac{z}{t-4}$	$\frac{z}{t-6}$
2. April	9—12 Mittag	28	54	96
	12—3 „	18	33	53
	3—6 Abend	24	39	65
	6—9 „	25	49	88
3. April	9—12 Mittag	28	52	96
	12—3 „	26	50	93
	3—6 früh	27	53	104
	6—9 „	27	53	104
	9—12 Mittag	17	34	53
	12—3 „	23	40	65
	3—6 Abend	27	49	84
	6—9 „	26	46	76
4. April	9—12 Nacht	26	46	77
	12—3 „	34	57	96
	3—6 früh	30	55	87
	6—9 „	34	57	98
	9—12 Mittag	25	43	66
	12—3 „	24	35	54
	3—6 Abend	27	44	63
	6—9 „	24	35	54
	9—12 Nacht	17	28	42

C. Grosse Periode aus der Tabelle A berechnet.

Tag.	mittlere Tages- temp. R.	z.	$\frac{z}{t}$	$\frac{z}{t-4}$	$\frac{z}{t-6}$
28. März	12,06	182,6	14,5	21,2	27,7
29. „	11,2	275,2	24,6	38,2	53,0
30. „	10,3	288,4	28,0	45,8	67,7
31. „	9,3	236,4	25,4	44,6	71,6
1. April	8,45	196,6	23,3	44,2	80,2
2. „	8,4	184,3	21,6	41,2	75,5
3. „	8,8	174,9	19,6	36,4	62,4
4. „	9,7	196,6	20,2	34,5	53,1
5. „	9,9	140,8	14,2	23,8	36,1
6. „	9,0	60,7	6,7	12,1	20,2

7.

#### *Dahlia variabilis.*

Etiolirter Spross im Finstern, d. h. im finstern Zimmer und von einem Zink-Recipienten umgeben. Verhalten des Wachstums bei sehr geringer Temperaturschwankung. Beobachtung am Auxanometer; 12fache Vergl. der Zuwachse.

Diese Tabelle enthält die stündlichen Beobachtungen vom 7.—13. Juni, aus denen die betreffenden 3stündigen Angaben der Tabelle 8



welche vom 2.—16. Juni sich erstreckt, berechnet sind. Die Pflanze, welche schon vom 2.—5. Juni im Finstern, d. h. vom Zinkrecipienten umgeben, aber in einem durch ein Fenster erhellten Zimmer, beobachtet worden war, wurde während der Zeit vom 7.—13. Juni bei noch vollständigerem Schutz gegen Strahlung und Temperaturschwankungen beobachtet, indem sie nicht nur von dem Zinkrecipienten umgeben blieb, sondern auch das Zimmer durch Verschluss der drei Fenster mit schwarzen Schirmen verdunkelt wurde. Der Spross war unter dem 3. Blattpaar an den Faden gekoppelt; das unterste Internodium Anfangs 52 Mill., das 2. Internodium 55 Mill., das 3. Internodium 45 Mill. lang; die Zuwachse gelten demnach für dieses dritte Internodium. — Das trockene und nasse Thermometer ( $^{\circ}$ R.) in je einem Zinkrecipienten, gleich dem die Pflanze bedeckenden, steckend, neben der Pflanze aufgestellt. Das nasse Thermometer zeigte um 0,1—0,2 $^{\circ}$  R. weniger als das trockene.

Tag.	Stunde.	Zuwachs in Mill. am Bogen.	Temp. $^{\circ}$ R. im Zink- recipienten.	Tag.	Stunde.	Zuwachs in Mill. am Bogen.	Temp. $^{\circ}$ R. im Zink- recipienten.
7. Juni	6 Abend		44,40	9. Juni	4 Nacht	5,5	
	7 "	2,6			5 "	5,2	
	8 "	3,2			6 früh	5,5	
	9 "	5,0			7 "	5,5	40,70
	10 "	4,6			8 "	5,6	40,8
	11 "	4,0			9 "	5,6	40,8
	12 Nacht	3,6			10 "	5,3	40,9
8. Juni	1 "	3,2			11 "	5,6	41,0
	2 "	3,5			12 Mittag	5,6	41,1
	3 "	3,5			1 "	5,6	
	4 "	3,6			2 "	5,6	
	5 "	3,6			3 "	5,4	41,2
	6 früh	3,0			4 "	5,6	41,3
	7 "	3,4	40,6		5 "	5,6	41,4
	8 "	3,3	40,6		6 Abend	5,6	41,3
	9 "	2,6	40,8		7 "	5,4	
	10 "	3,0	40,9		8 "	5,2	
	11 "	5,6	41,0		9 "	5,3	
	12 Mittag	5,6	41,0		10 "	5,0	
	1 "	6,0			11 "	5,0	
	2 "	5,8	41,2		12 Nacht	5,5	
	3 "	5,5	41,2	10. Juni	1 "	5,5	
	4 "	5,4	41,2		2 "	5,4	
	5 "	5,0	41,2		3 "	5,0	
	6 Abend	5,2	41,2		4 "	5,5	
	7 "	5,4			5 "	5,4	
	8 "	4,5			6 früh	5,7	
	9 "	4,8			7 "	5,7	40,8
	10 "	4,8			8 "	5,0	41,0
	11 "	5,0			9 "	6,0	41,2
	12 Nacht	5,0			10 "	5,8	41,4
9. Juni	1 "	5,0			11 "	6,0	
	2 "	4,6			12 Mittag	6,4	41,5
	3 "	5,0			1 "	6,0	



Tag.	Stunde.	Zuwachs in Mill. am Bogen.	Temp. or. im Zink- recipienten.	Tag.	Stunde.	Zuwachs in Mill. am Bogen.	Temp. or. im Zink- recipienten.
40. Juni	2 Mittag	5,5		41. Juni	12 Nacht	5,0	
	3 "	6,5	11,6	42. Juni	4 "	5,2	
	4 "	neu ein- gestellt	12,0		2 "	4,6	
	5 "	4,4	11,7		3 "	4,7	
	6 Abend	4,5			4 "	4,7	
	7 "	4,6			5 "	4,5	
	8 "	4,8			6 früh	4,8	
	9 "	5,2			7 "	5,0	11,9
	10 "	6,0			8 "	5,0	12,1
	11 "	7,0			9 "	5,3	
41. Juni	12 Nacht	6,0			10 "	5,3	
	1 "	5,8			11 "	5,4	12,2
	2 "	6,0			12 Mittag	5,0	12,2
	3 "	6,0			1 "	5,0	
	4 "	6,0			2 "	4,6	12,3
	5 "	6,2			3 "	4,8	12,3
	6 früh	6,0			4 "	5,3	12,3
	7 "	6,3			5 "	4,6	12,3
	8 "	6,5	11,6		6 Abend	4,4	12,3
	9 "	7,0	11,8		7 "	4,3	
	10 "	7,2	12,0		8 "	5,3	
	11 "	7,0	12,2		9 "	5,0	
	12 Mittag	6,5	12,6		10 "	4,8	
	1 "	6,4			11 "	4,4	
	2 "	5,8		43. Juni	12 Nacht	4,3	
	3 "	5,2	12,3		4 "	5,3	
	4 "	4,6			2 "	5,4	
	5 "	4,7			3 "	5,0	
	6 Abend	4,6			4 "	5,0	
	7 "	4,6			5 "	4,6	
	8 "	4,5			6 früh	5,0	
	9 "	4,3			7 "	5,4	12,0
	10 "	4,2			8 "	5,6	12,1
	11 "	4,6			9 "	5,0	12,1

## 8.

*Dahlia variabilis.*

Etiolierte Pflanze im Finstern. Einwirkung sehr geringer Strahlung und kleiner Temperaturschwankungen auf das Wachsthum. Beobachtungen am Auxanometer; 12malige Vergr. der Zuwachse.

Die hier folgende Tabelle umfasst drei Beobachtungsreihen an einem und demselben etiolirten Spross, um den Einfluss mehr oder minder vollkommenen Schutzes gegen Licht- und Wärmestrahlung so wie gegen Temperaturschwankungen kennen zu lernen. — Während der ersten und dritten Beobachtungsreihe war die Pflanze nur von einem Zinkrecipienten umgeben, das Zimmer aber durch ein Süd Fenster erleuchtet, doch so, dass direktes Sonnenlicht den Apparat nicht treffen konnte; während der zweiten Beobachtungsreihe wurden alle drei Fenster mit schwarzen Schirmen be-



deckt. — Die beiden Thermometer (R) steckten mit ihren unteren Theilen in Zinkrecipienten, von gleicher Form und Grösse, wie der die Pflanze bedeckende; das nasse zeigte beständig  $0,1-0,3^{\circ}$  R. weniger als das trockene. — Die Blätter der Pflanze waren bis zur Knospe abgeschnitten, an den Schnittflächen wurde während der ganzen Beobachtungszeit beständig Wasser ausgeschieden. — Bei der ersten Beobachtungsreihe war der Faden unter dem zweiten, bei der zweiten unter dem dritten, bei der dritten unter dem vierten Blattpaar befestigt; das zugehörige (resp. 2., 3., 4.) Internodium war am Anfang jeder Reihe jedesmal 15 Mill. lang; doch wuchsen auch die unteren Internodien noch mit. — Die dreistündigen Angaben der Tabelle sind aus den einstündigen Beobachtungen berechnet (wegen der Nachttemperaturen vergl. p. 124).

## Reihe A.

Diffuses Tageslicht durch ein Südfenster; Pflanze unter Zinkrecipienten.

Tag.	Stunde von—bis	Zuwachs in 3 St. Mill. am Bogen.	3stündige Temperatur-mittel $^{\circ}$ R.	Tag.	Stunde von—bis	Zuwachs in 3 St. Mill. am Bogen.	3stündige Temperatur-mittel $^{\circ}$ R.
2. Juni	12—3 Mittag	12,1	15,3	4. Juni	12—3 „	15,9	13,3
	3—6 Abend	10,0	14,9		3—6 früh	17,4	13,2
	6—9 „	15,6	14,4		6—9 „	13,0	13,0
	9—12 Nacht	19,8	14,2		9—12 Mittag	13,4	13,0
3. Juni	12—3 „	23,6	14,0		12—3 „	13,0	12,7
	3—6 früh	26,8	13,8		3—6 Abend	11,6	12,3
	6—9 „	26,5	14,1		6—9 „	10,7	12,1
	9—12 Mittag	21,2	14,5		9—12 Nacht	12,3	12,0
	12—3 „	18,4	14,4	5. Juni	12—3 „	14,6	11,9
	3—6 Abend	14,4	14,0		3—6 früh	15,2	11,8
	6—9 „	14,2	13,8		6—9 „	12,9	11,7
	9—12 Nacht	17,0	13,5		9—12 Mittag	11,5	11,9

## Reihe B.

Zimmer verfinstert; Pflanze im Zinkrecipienten.

Tag.	Stunde von—bis	Zuwachs in 3 St. Mill. am Bogen.	3stündige Temperatur-mittel $^{\circ}$ R.	Tag.	Stunde von—bis	Zuwachs in 3 St. Mill. am Bogen.	3stündige Temperatur-mittel $^{\circ}$ R.
7. Juni	6—9 Abend	10,8	11,00	9. Juni	12—3 Nacht	14,6	10,9
	9—12 Nacht	12,2	10,9		3—6 früh	16,2	10,8
8. Juni	12—3 „	10,2	10,8		6—9 „	16,7	10,8
	3—6 früh	10,2	10,7		9—12 Mittag	16,5	10,9
	6—9 „	9,0	10,7		12—3 „	16,6	11,1
	9—12 Mittag	14,2	10,9		3—6 Abend	16,8	11,3
	12—3 „	17,3	11,1		6—9 „	15,9	11,3
	3—6 Abend	15,6	11,2		9—12 Nacht	15,5	11,1
	6—9 „	14,7	11,2	10. Juni	12—3 „	15,9	11,0
	9—12 Nacht	14,8	11,1		3—6 früh	16,6	10,9



Tag.	Stunde von—bis	Zuwachs in 3 St. Mill. am Bogen.	3stündige Temperatur-mittel °R.	Tag.	Stunde von—bis	Zuwachs in 3 St. Mill. am Bogen.	3stündige Temperatur-mittel °R.
10. Juni	6—9 früh	16,7	11,0	11. Juni	9—12 Nacht	13,8	11,9
	9—12 Mittag	17,9	11,4	12. Juni	12—3 „	14,5	11,8
	12—3 „	18,0	11,6		3—6 früh	14,0	11,7
	3—6 Abend	13,3	11,7		6—9 „	15,3	11,8
	6—9 „	14,6	11,6		9—12 Mittag	15,7	12,2
	9—12 Nacht	19,0	11,6		12—3 „	14,4	12,3
11. Juni	12—3 „	17,8	11,6		3—6 Abend	14,3	12,3
	3—6 früh	18,2	11,6		6—9 „	14,6	12,3
	6—9 „	19,8	11,7		9—12 Nacht	13,5	12,2
	9—12 Mittag	20,7	12,2	13. Juni	12—3 „	15,7	12,1
	12—3 „	17,4	12,4		3—6 früh	14,6	12,0
	3—6 Abend	13,9	12,2		6—9 „	16,0	12,1
	6—9 „	13,4	12,1				

## Reihe C.

Diffuses Tageslicht durch ein Südfenster; Pflanze im Zinkrecipienten.

Tag.	Stunde von—bis	Zuwachs in 3 St. Mill. am Bogen.	3stündige Temperatur-mittel °R.	Tag.	Stunde von—bis	Zuwachs in 3 St. Mill. am Bogen.	3stündige Temperatur-mittel °R.
14. Juni	12—3 Mittag	14,5	14,05	15. Juni	3—6 Abend	14,3	15,6
	3—6 Abend	8,7	14,2		6—9 „	16,3	15,3
	6—9 „	8,2	13,9		9—12 Nacht	17,3	15,3
	9—12 Nacht	8,8	13,9	16. Juni	12—3 „	17,3	15,2
15. Juni	12—3 „	12,0	13,9		3—6 früh	17,5	15,1
	3—6 früh	12,0	13,8		6—9 „	16,4	15,3
	6—9 „	11,6	14,2		9—12 Mittag	15,8	16,6
	9—12 Mittag	9,7	15,3		12—3 „	14,2	17,0
	12—3 „	10,8	15,8		3—6 Abend	13,5	16,9

## 9.

## Dahlia variabilis.

Etiolierte Pflanze im Finstern. Tägliche und grosse Periode des Wachstums. Ablesung der Zuwachse am Maassstab mittels Zeigers am Faden (vergl. p. 114).

Der im Finstern erwachsene Spross wurde nach Ankoppelung des Fadens mit einem Zinkrecipienten umgeben; der Apparat stand dicht an einem Nordfenster, neben ihm die beiden Thermometer ( $C^0$ ), das trockene und nasse, in je eine auf feuchter Erde stehende tubulirte Glasglocke eingesenkt; das nasse Thermometer zeigte Morgens um 7—8<sup>h</sup> um  $0,2^0 C.$



Mittags um 0,3°, Abends meist 0,3°C. weniger als das trockene<sup>1)</sup>. Bei Anfang des Versuchs war das unterste Internodium 17 Mill., das zweite 36 Mill., das dritte, an dessen oberem Ende der Faden befestigt war, 4 Mill. lang; nach Beendigung der Beobachtungen zeigte sich, dass das erste um 1 Mill., das zweite um 124 Mill., das dritte um 100 Mill. sich verlängert hatte; die Zuwachsangaben beziehen sich also fast ausschliesslich auf die beiden jüngeren Internodien.

Tag.	Stunde der Ablesung.	Mittlere Temp. °C. in diesem Zeitraume.	Zuwachs im Mittel pro Stunde.	Zuwachs in 24 Stunden.	Mittlere Tages-temperatur.
27. April	von 6 <sup>h</sup> Abend bis 8 <sup>h</sup> früh	14,91	0,60		
	12 Mittag	14,7	0,75	16,5 Mill.	14,55
28. April	6 Abend	15,5	0,88		
	8 früh	14,6	0,92		
	12 Mittag	14,4	0,97	22,8 Mill.	14,6
29. April	6 Abend	14,9	1,00		
	8 früh	14,2	1,11		
	12 Mittag	15,0	1,50	30,4 Mill.	14,7
30. April	6 Abend	15,5	1,43		
	8 früh	14,7	1,59		
	12 Mittag	15,4	0,77	34,8 <sup>2)</sup> Mill.	15,0
1. Mai	5 Abend	15,5	1,60		
	7 früh	14,4	1,28		
	12 Mittag	14,4	1,84	32,8 Mill.	14,5
2. Mai	6 Abend	15,0	1,20		
	7 früh	14,4	1,42		
	12 Mittag	14,3	1,44	28,8 Mill.	14,3
3. Mai	6 Abend	14,8	1,17		
	7 früh	14,0	1,07		
	12 Mittag	14,2	1,35	26,8 Mill.	14,3
4. Mai	6 Abend	15,1	1,02		
	9 früh	14,3	0,75		
	12 Mittag	14,6	1,00	18,9 Mill.	14,7
5. Mai	6 Abend	15,6	0,77		
	7 früh	14,0	0,70		
	12 Mittag	14,4	0,52	13,1 Mill.	14,3
	6 Abend	15,2	0,25		

## 10.

*Aquilegia viscosa.*

Grüne Pflanze im Licht. Differenz des Wachstums bei Tag und Nacht unter dem Einfluss von Licht- und Temperaturschwankung. Beobachtung mittels Zeigers am Faden (p. 141).

Die Pflanze war im Topf erwachsen und hatte vor dem Versuch einige

<sup>1)</sup> Die Temperaturen wurden von früh 7 oder 8<sup>h</sup> bis Mittag und von 3<sup>h</sup> bis Abends 6<sup>h</sup> stündlich notirt, danach die Mittel für die drei Tageszeiten berechnet.

<sup>2)</sup> Wegen der Beobachtung 5<sup>h</sup> Abends statt 6<sup>h</sup> Abends am 30. Mai ist der an diesem Tage beobachtete Zuwachs von 33,3 um 4,5 Mill. vermehrt, der des folgenden von 34,3 um 4,5 Mill. vermindert worden.



Wochen im Freien gestanden. — Zur Beobachtung diente der Blütenstengel, der oben einige junge Blütenknospen trug; das unterste gestreckte Internodium desselben (oberhalb der Laubrosette am Boden) war bei Beginn des Versuches 45 Mill., das zweite 65 Mill., das dritte 11 Mill. lang; unter dem Blatt dieses Internodiums wurde der Faden befestigt. — Der Apparat stand an einem Nordfenster, ein Spiegel, diesem parallel dicht hinter der Pflanze aufgestellt, verhinderte die heliotropische Krümmung vollständig. — Die beiden Thermometer hingen nahe neben der Pflanze und wurden von Morgens bis Abends (mit Ausschluss von 1 und 2 Uhr Nachmittag) stündlich abgelesen; das nasse Thermometer zeigte Morgens um 7 Uhr 1,09 bis 1,08 weniger, die Differenz stieg bis Mittag auf 2,09 oder 2,05 und erhielt sich bis zum Abend so.

Tag.	Tageszeit.	Stunde von bis	Zuwachs Mittel pro Stunde.	Mittel-Temperatur °C	Beleuchtung.
			Mill.		
3. Mai	Nacht	6 Ab.—7 Fr.	0,80	14,90	
	Vormittag	7 Fr.—12 M.	0,56	14,6	hell
	Nachmittag	12 M.—6 Ab.	0,95	15,5	hell
4. Mai	Nacht	6 Ab.—9 Fr.	1,31	14,9	
	Vormittag	9 Fr.—12 M.	1,10	14,8	trüb
	Nachmittag	12 M.—6 Ab.	1,23	15,6	hell
5. Mai	Nacht	6 Ab.—7 Fr.	1,17	14,6	
	Vormittag	7 Fr.—12 M.	0,92	14,4	trüb
	Nachmittag	12 M.—6 Ab.	1,10	14,8	trüb
6. Mai	Nacht	6 Ab.—8 Fr.	1,60	14,0	
	Vormittag	8 Fr.—12 M.	1,50	14,5	trüb
	Nachmittag	12 M.—7 Ab.	0,47	14,8	trüb
7. Mai	Nacht	7 Ab.—8 Fr.	0,91	14,1	
	Vormittag	8 Fr.—12 M.	0,90	15,0	hell
	Nachmittag	12 M.—5 Ab.	1,06	15,3	hell
8. Mai	Nacht	5 Ab.—7 Fr.	1,00	14,4	
	Vormittag	7 Fr.—12 M.	0,72	14,8	trüb
	Nachmittag	12 M.—6 Ab.	0,90	15,0	trüb
9. Mai	Nacht	6 Ab.—7 Fr.	0,91	14,1	
	Vormittag	7 Fr.—12 M.	0,58	14,3	trüb
	Nachmittag	12 M.—6 Ab.	0,82	14,8	hell
10. Mai	Nacht	6 Ab.—7 Fr.	0,8	13,9	
	Vormittag	7 Fr.—12 M.	0,52	14,3	hell
	Nachmittag	12 M.—6 Ab.	0,87	15,3	hell

## 44.

*Dahlia variabilis.*

Grüne Pflanze im Lichte (Taf. V). Tägliche Periode unter dem Einfluss von Licht- und Temperaturschwankung. Beobachtung am Auxanometer:  
12malige Vergr. der Zuwachse.

Der Faden wurde unter dem dritten Blattpaar befestigt, dieses sowie die beiden unteren Paare abgeschnitten; die Schnittwunden bluteten be-



ständig während der Beobachtungszeit. — Die Pflanze stand 2 Meter vom Ost- und Süd Fenster entfernt, und erhielt nur diffuses Tageslicht; um die Morgensonne abzuhalten, wurde täglich Abends um 6 Uhr das Ostfenster mit einem schwarzen Schirm verstellt, der Morgens um 7 Uhr wieder entfernt wurde; zwei dicht hinter der Pflanze, den beiden Fenstern parallel aufgestellte Spiegel hinderten die heliotropische Krümmung vollständig. — Zur Beseitigung allzugrosser Schwankungen der psychrometrischen Differenz und Erhaltung einer höheren Luftfeuchtigkeit wurden täglich Morgens um 7 Uhr die Dielen des Zimmers mit Wasser besprengt. — Die beiden Thermometer hingen frei neben der Pflanze.

## A. Stündliche Beobachtungen.

Tag.	Stunde.	Zuwachs in 4 St. Mill. am Bogen.	Temp. °R.		Beleuchtung.
			Luft.	psychr. Differenz.	
23. Mai	8 früh		12,8	2,5	} sehr hell.
	9 "	7,3	13,3	2,5	
	10 "	5,6	14,0		
	11 "	5,2	14,3	2,8	
	12 Mittag	5,5	15,5	2,8	
	1 "	6,0			} hell.
	2 "	5,8			
	3 "	5,4	14,4	2,7	
	4 "	4,5	13,9	2,6	
	5 "	5,0	13,9	2,7	
	6 Abend	4,5	13,8	2,6	
	7 "	3,5			
24. Mai	8 "	6,5			
	9 "	9,2			
	10 "	6,0			
	11 "	5,2			
	12 Nacht	6,5			
	1 "	6,6			
	2 "	7,4			
	3 "	6,5			
	4 "	7,3			
	5 "	7,6			
	6 früh	8,0	12,5		} sehr hell.
	7 "	11,8	13,5	2,5	
	8 "	16,0	14,9	2,5	
	9 "	7,8	15,2	3,0	
	10 "	8,5	15,2	2,4	
	11 "	12,4	15,2	2,4	
	12 Mittag	9,6	15,2	2,3	
	1 "	8,3	15,2	2,2	
	2 "	7,2			
	3 "	6,3	14,8	2,3	
	4 "	6,5	14,7	2,2	
	5 "	4,3	14,6	2,2	
	6 Abend	6,0	14,5	2,4	
	7 "	7,3			
	8 "	12,5			
	9 "	9,5			
	10 "	10,0			



Tag.	Stunde.	Zuwachs in 4 St. Mill. am Bogen.	Temp. °R.		Beleuchtung.
			Luft.	psychr. Differenz.	
24. Mai	11 Abend	10,0			
	12 Nacht	11,0			
25. Mai	1 „	11,9			
	2 „	11,2			
	3 „	12,2			
	4 „	13,5			
	5 „	13,5			
	6 früh	13,5	13,5		
	7 „	16,5	14,3	1,4	} sehr hell.
	8 „	19,3	15,3	2,1	
	9 „	10,5	15,7	2,4	
	10 „	16,3	15,8	2,0	
	11 „	15,0	15,9	1,9	
	12 Mittag	13,2	15,9	2,1	
	1 „	11,5			
	2 „	9,0			
	3 „	6,6	15,6	2,1	} hell.
	4 „	5,0			
	5 „	5,5			
	6 Abend	4,8	15,1		
	7 „	4,5			
	8 „	6,5	14,9	1,6	
	9 „	11,0			
	10 „	11,0			
	11 „	11,0			
	12 Nacht	12,8			
26. Mai	1 „	13,0			
	2 „	12,3			
	3 „	15,0			
	4 „	14,0			
	5 „				
	6 früh	Neu ein- gestellt	13,8		
	7 „				
	8 „		16,2	2,4	} sehr hell.
	9 „	8,4	16,7	2,4	
	10 „	16,7	16,7	2,3	
	11 „	16,5	16,8	2,1	
	12 Mittag	13,0	16,9	2,2	
	1 „	9,0			
	2 „	7,0			
	3 „	5,6	16,7	2,4	} hell.
	4 „	6,0	16,5	2,3	
	5 „	4,5	16,4	2,2	
	6 Abend	3,8	16,2	1,9	
	7 „	5,2			
	8 „	11,7			
	9 „	13,0			
	10 „	11,5			
	11 „	8,8			
	12 Nacht	8,5			
27. Mai	1 „	7,0			
	2 „	15,2			
	3 „	17,0			
	4 „	15,3			
	5 „	17,5			
	6 früh	19,5	14,7		} sehr hell.
	7 „	23,5	15,7		



Tag.	Stunde.	Zuwachs in 4 St. Mill. am Bogen.	Temp. °R.		Beleuchtung.
			Luft.	psychr. Differenz.	
27. Mai	8 früh	45,5	46,9	4,9	sehr hell.
	9 „	44,0	47,3	2,0	
	10 „	43,0	47,5	2,0	
	11 „	8,4	47,8	2,0	
	12 Mittag	4,5	47,8	2,1	
	1 „	3,0			
	2 „	4,0			
	3 „	1,2	47,2	2,0	

## B. Dreistündige Werthe nach der Tabelle A berechnet.

Tag.	Stunde von—bis	Zuwachs in 3 St. Mill. am Bogen.	Mittel- Temp. °R. der drei Stunden.	z	
				t—40	
23. Mai	9—12 Mittag	46,3	44,3	38	
	12—3 „	47,2	44,8	35	
	3—6 Abend	44,0	43,9	36	
	6—9 „	19,2	43,6	53	
	9—12 Nacht	47,7	43,3	54	
24. Mai	12—3 „	20,2	43,0	67	
	3—6 früh	22,9	42,7	85	
	6—9 „	35,6	44,0	89	
	9—12 Mittag	30,5	45,2	58	
	12—3 „	21,8	45,4	43	
	3—6 Abend	46,8	44,6	36	
	6—9 „	29,3	44,4	67	
	9—12 Nacht	34,0	44,4	76	
25. Mai	12—3 „	35,3	43,9	91	
	3—6 früh	40,5	43,6	112	
	6—9 „	46,3	44,7	98	
	9—12 Mittag	44,5	45,8	76	
	12—3 „	27,4	45,7	47	
	3—6 Abend	45,3	45,4	28	
	6—9 „	22,0	45,0	44	
	9—12 Nacht	37,8	44,6	82	
26. Mai	12—3 „	40,3	44,3	94	
	3—6 früh	neu ein- gestellt			
	6—9 „				
	9—12 Mittag	46,2	46,8	68	
	12—3 „	21,6	46,8	32	
	3—6 Abend	44,3	46,4	22	
	6—9 „	29,9	46,0	49	
	9—12 Nacht	28,8	45,6	51	
27. Mai	12—3 „	39,2	45,4	77	
	3—6 früh	52,3	44,9	107	
	6—9 „	50,0	46,4	84	
	9—12 Mittag	25,9	47,6	34	
	12—3 „	5,2	47,5	0,7	



## 12.

*Dahlia variabilis.*

Grüne Pflanze im Licht (Taf. VI). Tägliche Periode unter dem Einfluss der Licht- und Temperaturschwankung. Beobachtung am Auxanometer; 12malige Vergrößerung der Zuwachse.

Bei einem am Südfenster erwachsenen Spross, dessen erstes, zweites und drittes Internodium bereits aufgehört hatten zu wachsen, war das 4. Internodium 50 Mill. lang und noch im Wachsthum begriffen, das 5. 7 Mill. lang, begann eben kräftig sich zu verlängern; dieses wurde unter seinem Blattpaar angekoppelt; die verzeichneten Zuwachse beziehen sich also auf das 4. und 5. Internodium; am Ende des Versuchs, nach 136 Stunden war das 4. Internodium 101 Mill., das 5. 43 Mill. lang; der Zuwachs beider zusammengenommen betrug also 87 Mill. direkt mit dem Maassstab gemessen; die Summe der stündlichen Messungen dividirt durch 12 ergibt aber 90,5 Mill. Zuwachs; die Differenz von 3,5 Mill. kommt zum Theil auf die Ungenauigkeit der direkten vier Messungen, z. Th. auf die kleinen Fehler bei den 136 Messungen der stündlichen Zuwachse auf dem berussten Papier. — Die Pflanze stand während der Beobachtung 2 Meter vom Ost- und Südfenster entfernt und erhielt Tags nur diffuses Licht; um das direkte Sonnenlicht am Morgen abzuhalten, wurde das Ostfenster täglich um 7 Uhr Abends mit einem schwarzen Schirm verstellt, der am folgenden Morgen um 7 Uhr, wenn die Sonnenstrahlen die Pflanze nicht mehr treffen konnten, wieder entfernt wurde. Zwei Spiegel, dicht hinter der Pflanze, den beiden Fenstern parallel aufgestellt, hinderten die heliotropische Krümmung vollständig. — Zur Beseitigung allzustarker Schwankungen der psychrometrischen Differenz in der Umgebung der nicht bedeckten Pflanze wurden bei Beginn des Versuchs, dann täglich Morgens um 7 Uhr, einigemal auch nach Mittag die Dielen des Zimmers mit Wasser übergossen; das trockene und nasse Thermometer hingen nahe neben der Pflanze, deren Blätter ausserhalb der Knospe abgeschnitten waren.

## A. Stündliche Beobachtungen.

Tag.	Stunde.	Zuwachs in 1 St. Mill. am Bogen.	Temp. °R.		Beleuchtung.
			Luft.	psychr. Differenz.	
19. Juni	5—6 Abend	3,0	17,6	2,4	{ trüb.
	7 Abend	3,0	17,4	2,4	
	8 „	3,3			
	9 „	4,8			
	10 „	5,0			
	11 „	4,8			
	12 „	4,0			
20. Juni	1 Nacht	5,0			



Tag.	Stunde.	Zuwachs in 4 St. Mill. am Bogen.	Temp. °R.		Beleuchtung.
			Luft.	psychr. Differenz.	
20. Juni	2 Nacht	5,0			
	3 "	5,8			
	4 "	6,1			
	5 "	5,8			
	6 früh	4,3			
	7 "	6,5	16,5	1,5	trüb.
	8 "	8,0	17,3	2,1	
	9 "	14,0	17,3	2,1	
	10 "	14,3	17,2	2,0	heiter.
	11 "	15,6	17,5	2,0	
	12 Mittag	10,0	17,3	2,0	
	1 "	7,1	17,4	2,0	trüb.
	2 "	4,8			
	3 "	3,4	17,3	2,0	
	4 "	2,2	17,2	2,0	
	5 "	2,4			
	6 Abend	2,5	16,5	1,9	
	7 "	4,3	16,4	1,8	
	8 "	5,1			
	9 "	6,5			
	10 "	5,8			
21. Juni	11 "	7,3			
	12 Nacht	8,1			
	1 "	8,8			
	2 "	9,6			
	3 "	10,8			
	4 "	11,5			
	5 "	12,5			
	6 "	13,5			
	7 früh	15,5	15,7	2,7	hell.
	8 "	12,4	17,6	2,4	
	9 "	12,5	16,5	2,1	
	10 "	17,0			trüb.
	11 "	10,5			
	12 Mittag	10,3	16,9	2,2	
	1 "	7,0			trüb.
	2 "	5,5	16,6	2,0	
	3 "	neu ein- gestellt	16,3	2,0	
	4 "	4,5	16,2	1,7	
	5 "	4,2			
	6 Abend	3,5	15,8	1,5	
	7 "	5,6	15,7	1,4	
	8 "	5,0			
	9 "	11,0			
	10 "	9,0			
22. Juni	11 "	9,0			
	12 Nacht	9,2			
	1 "	10,4			
	2 "	11,0			
	3 "	11,5			
	4 "	12,0			
	5 "	11,6			
	6 früh	11,0			
	7 "	12,4	15,5	2,1	heiter.
	8 "	12,5	16,5	2,3	
	9 "	11,0	15,9	1,9	
	10 "	12,2	15,8	1,9	



Tag.	Stunde.	Zuwachs in 1 St. Mill. am Bogen.	Temp. °R.		Beleuchtung.
			Luft.	psychr. Differenz.	
22. Juni	11 früh	12,6	15,8	2,2	heiter.
	12 Mittag	10,0	16,1	2,2	
	1 „	7,2			
	2 „	5,2			
	3 „	4,5	16,4	2,2	
	4 „	4,0	15,8	1,8	
	5 „	3,6	15,8	1,7	
	6 Abend	3,0	15,6	1,6	
	7 „	4,3	15,4	1,5	
	8 „	7,0			
	9 „	11,0			
	10 „	9,5			
	11 „	7,5			
	12 Nacht	8,0			
23. Juni	1 „	10,8			heiter.
	2 „	10,4			
	3 „	11,6			
	4 „	12,0			
	5 „	11,2			
	6 früh	10,6			
	7 „	11,5	15,4	1,5	
	8 „	13,5	16,9	1,6	
	9 „	12,4	16,8	1,5	
	10 „	neu ein- gestellt	16,5	1,6	
	11 „	13,5			
	12 Mittag	7,8	16,5	1,3	
	1 „	3,5			
	2 „	3,5			
	3 „	3,0	16,5	1,4	
	4 „	2,6	16,2	1,3	
	5 „	3,5			
	6 Abend	2,5	15,9	1,3	
	7 „	4,2	15,8	1,3	
	8 „	7,2			
	9 „	8,0			
	10 „	8,0			
	11 „	7,5			
24. Juni	12 Nacht	8,5			trüb.
	1 „	9,6			
	2 „	10,2			
	3 „	10,4			
	4 „	11,0			
	5 „	11,5			
	6 früh	10,8			
	7 „	11,5	15,1	1,3	
	8 „	12,3			
	9 „	9,0	15,6	1,5	
	10 „	9,5	16,1	1,7	
	11 „	9,5	16,0	1,6	
	12 Mittag	7,6	16,4	1,8	
	1 „	5,0			
	2 „	5,3			
	3 „	4,0	16,4	1,3	
	4 „	2,0	16,4	1,3	
	5 „	1,8			
	6 Abend	3,0	15,9	1,2	
	7 „	4,2	15,8	1,1	



Tag.	Stunde.	Zuwachs in 4 St. Mill. am Bogen.	Temp. °R.		Beleuchtung.
			Luft.	psychr. Differenz.	
24. Juni	8 Abend	6,5			
	9 „	8,0			
	10 „	6,0			
	11 „	5,8			
	12 Nacht	6,8			
25. Juni	1 „	7,5			
	2 „	8,0			
	3 „	9,0			
	4 „	9,0			
	5 „	9,0			
	6 früh	9,5			
	7 „	11,5	15,3	1,3	
	8 „	10,2	15,2	1,3	
	9 „	9,0	15,2	1,3	

## B. Dreistündige Werthe nach der Tabelle A berechnet.

Tag.	Stunde von—bis	Zuwachs in 3 St. Mill. am Bogen.	Temp. wäh- rend des drei- stünd. Zeit- raumes.	in runden Zahlen	
				z t—10	z t—15
19. Juni	6—9 Abend	11,1	17,2	15	5
	9—12 Nacht	13,8	17,0	19	7
20. Juni	12—3 „	15,8	16,9	23	8
	3—6 früh	16,2	16,7	24	9
	6—9 „	28,5	16,9	41	15
	9—12 Mittag	39,9	17,3	54	17
	12—3 „	15,3	17,3	21	7
	3—6 Abend	7,1	17,0	10	3,5
	6—9 „	15,9	16,4	25	11
	9—12 Nacht	21,2	16,2	34	18
	12—3 „	29,2	16,0	48	29
	3—6 früh	37,5	15,8	65	47
21. Juni	6—9 „	40,4	16,6	63	29
	9—12 Mittag	37,8	16,7	56	22
	12—3 „	17,5	16,6	26	11
	3—6 Abend	12,2	16,1	20	11
	6—9 „	21,6	15,7	38	31
	9—12 Nacht	27,2	15,6	48	32
	12—3 „	32,9	15,6	59	55
	3—6 früh	34,6	15,5	63	69
	6—9 „	35,9	15,9	61	39
	9—12 Mittag	34,8	15,9	59	39
22. Juni	12—3 „	16,9	16,1	28	15
	3—6 Abend	10,6	15,8	18	13
	6—9 „	22,3	15,4	41	56
	9—12 Nacht	25,0	15,4	46	62
	12—3 „	32,8	15,4	61	82
	3—6 früh	33,8	15,4	63	84
	6—9 „	37,4	16,1	61	34
	9—12 Mittag	34,3	16,6	52	21
	12—3 „	10,0	16,5	15	7
	3—6 Abend	8,6	16,2	14	7



Tag.	Stunde von—bis	Zuwachs in 3 St. Mill. am Bogen.	Temp. während des dreistünd. Zeitraumes.	in runden Zahlen	
				$\frac{z}{t-10}$	$\frac{z}{t-15}$
23. Juni	6—9 Abend	19,4	15,8	33	24
	9—12 Nacht	24,0	15,6	43	40
24. Juni	12—3 „	30,2	15,4	56	75
	3—6 früh	33,3	15,2	64	166
	6—9 „	32,8	15,3	62	109
	9—12 Mittag	26,6	16,0	44	27
	12—3 „	14,3	16,4	22	10
	3—6 Abend	6,8	16,2	11	6
	6—9 „	18,7	15,8	32	23
	9—12 Nacht	18,6	15,7	33	26
25. Juni	12—3 „	24,5	15,5	44	49
	3—6 früh	27,5	15,4	54	69
	6—9 „	30,7	15,2	59	153

## 43.

*Polemonium reptans.*

Grüne Pflanze im Licht (Taf. VII). Tägliche Periode unter dem Einfluss der Licht- und Temperaturschwankung. Beobachtung am Auxanometer; 12malige Vergr. der Zuwachse.

Die Pflanze hatte im Topf überwintert; die Sprosse wurden bis auf einen mit sechs gefiederten Blättern versehenen Blütenstengel weggeschnitten; an diesem wurde der Faden über dem 6. Blatt dicht unter der Knospe befestigt. Die Gesamtfläche der 6 Blätter nach beendigem Versuch mittels einer getheilten Glasscheibe gemessen, betrug annähernd 25 Quadracentimeter. Der Stengel hatte von der Basis bis zum Befestigungspunkt des Fadens am Anfang des Versuchs 81,5 Mill. Höhe; eine mit schwarzen Strichen angedeutete Theilung desselben in gleiche Stücke zeigte am Ende des Versuchs, dass das untere 24 Mill. lange Stück gar nicht mehr gewachsen war, die anderen aber um so mehr, je näher sie dem Gipfel lagen; das Wachsthum war also ein entschieden basifugales. — Der Topf stand während der Beobachtung in einem, ihn eng umschliessenden Blechgefäß und war mit einem den Stengel durchlassenden halbirt Glasdeckel bedeckt. — Die Pflanze, sowie die beiden in ihrer Nähe befindlichen Thermometer waren der Luft des Zimmers frei ausgesetzt. — Die Beleuchtung erfolgte vorwiegend durch das 4 Meter entfernte Südfenster, zum Theil durch das 2 Meter entfernte Ostfenster; direkte Sonnenstrahlen wurden von der Pflanze wie von den Thermometern durch einen Papierschirm, der aber noch sehr helles Licht durchliess, abgehalten.



## A. Stündliche Beobachtungen.

Tag.	Stunde.	Zuwachs Mill. am Bogen.	Temp. °R.		Beleuchtung.
			Luft.	psychr. Differenz.	
23. April	11 früh		11,9	1,8	trüb.
	12 Mittag	6,0	11,8	1,7	
	1 "	3,3			
	2 "	3,0			heiter.
	3 "	1,5	12,0	1,8	
	4 "	1,5	12,0	1,7	
	5 "	1,7			
	6 Abend	1,5	11,7	1,8	
	7 "	2,8			
	8 "	1,5			
	9 "	1,5			
	10 "	1,3			
	11 "	2,0			
	12 Nacht	2,5			
24. April	1 "	2,7			trüb.
	2 "	3,0			
	3 "	3,2			
	4 "	3,5			
	5 "	3,5			
	6 früh	3,8			trüb.
	7 "	3,3	11,0	1,7	
	8 "	3,5	11,3	1,7	
	9 "	3,2	11,3	1,7	
	10 "	2,2	11,4	1,8	
	11 "	2,2	11,6	1,8	seit 11 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup> Sonne hinter Schirm.
	12 Mittag	3,8	11,8	1,9	
	1 "	3,1			heiter.
	2 "	2,6			trüb.
	3 "	2,8	12,1	1,9	heiter.
	4 "	3,3	11,9	2,0	
	5 "	1,8	11,8	1,8	
	6 Abend	1,5	11,8	1,9	
	7 "	1,0			
	8 "	1,2			
	9 "	1,5			
	10 "	1,5			
	11 "	1,5			
	12 Nacht	1,7			
25. April	1 "	2,0			sehr trüb.
	2 "	1,6			
	3 "	2,0			
	4 "	2,0			
	5 "	2,4			
	6 früh	2,7			
	7 "	2,1	10,8	1,6	
	8 "	2,0	10,9	1,6	
	9 "	1,8	11,1	1,8	
	10 "	1,5	10,9	1,6	
	11 "	1,6	11,0	1,7	heiter.
	12 Mittag	1,5	11,4	1,8	
	1 "	2,2			
	2 "	3,6			
	3 "	2,5	11,6	1,9	
	4 "	2,0	11,7	1,9	
	5 "	1,0	11,5	1,9	



Tag.	Stunde.	Zuwachs Mill. am Bogen.	Temp. °R.		Beleuchtung.	
			Luft.	psychr. Differenz.		
25. April	6 Abend	4,0	11,4	1,9	heiter.	
	7 "	2,0				
	8 "	2,3				
	9 "	2,2				
	10 "	3,5				
	11 "	3,8				
	12 Nacht	4,2				
26. April	1 "	3,8	10,7 11,0 11,8 12,0 12,8 12,6  12,2 12,0 11,9 11,8  12,2 13,0 13,1 12,7  12,5 12,5 12,1	1,9 1,9 2,0 2,0 2,2 2,0  1,9 1,9 1,9 1,8  2,0 2,1 2,2 2,0  2,1 2,1 1,9	heiter.       Sonne auf dem Schirm.	
	2 "	4,0				
	3 "	4,2				
	4 "	4,8				
	5 "	5,5				
	6 früh	5,7				
	7 "	3,5				
	8 "	3,5				
	9 "	3,5				
	10 "	3,6				
	11 "	3,5				
	12 Mittag	3,8				
	1 "	6,2				heiter.       Sonne auf dem Schirm. weisse Wolke.
	2 "	7,6				
	3 "	6,0				
	4 "	5,3				
	5 "	4,5				
	6 Abend	5,0				
	7 "	3,5				
	8 "	3,3				
	9 "	5,6				
	10 "	4,5				
	11 "	5,0				
	12 Nacht	5,0				
	27. April	1 "			4,8	11,2
2 "		5,2				
3 "		5,4				
4 "		6,5				
5 "		6,5				
6 früh		7,5				
7 "		5,5				
8 "		5,0				
9 "		3,2				
10 "		4,8				
11 "		4,5				
12 Mittag		8,5				
1 "		8,4	trüb.			
2 "		8,4				
3 "		6,8				
4 "		5,5				
5 "		5,0				
6 Abend		4,6				
7 "		4,0				
8 "		4,3				
9 "		7,0				
10 "		6,4				
11 "		6,7				
28. April	12 Nacht	6,3		12,1	1,9	
	1 "	6,5				
	2 "	6,3				
	3 "	6,8				



Tag.	Stunde.	Zuwachs Mill. am Bogen.	Temp. °R.		Beleuchtung.
			Luft.	psychr. Differenz.	
28. April	4 Nacht	7,4			
	5 "	8,0			
	6 früh	8,4			
	7 "	6,4	11,3	1,8	
	8 "	7,0	11,8	1,8	Sonne auf Schirm.
	9 "	6,3	11,7	1,8	sehr trüb.
	10 "	7,8	11,6	1,8	Regen.
	11 "	5,0	11,8	1,8	trüb.
	12 Mittag	5,0	12,1	1,9	Sonne—trüb.
	1 "	8,0			" "
	2 "	7,5			" "
	3 "	9,8	11,9	1,8	trüb.
	4 "	5,6	12,1	1,9	} heiter.
	5 "	3,5	12,0	1,8	
	6 Abend	3,0	11,9	1,7	
	7 "	3,2			
	8 "	5,5			
	9 "	8,5			
	10 "	7,2			
	11 "	6,8			
29. April	12 Nacht	6,5			
	1 "	6,0			
	2 "	6,4			
	3 "	6,5			
	4 "	7,4			
	5 "	8,0			
	6 früh	7,5			
	7 "	4,5	11,5	1,8	heiter.
	8 "	3,2	11,7	1,8	weisse Wolken.
	9 "	2,6	12,0	1,9	" "
	10 "	6,4	12,3	1,9	trüb und hell.
	11 "	5,7	12,4	2,0	sonnig.
	12 Mittag	7,0	12,4	2,0	weisse Wolken.
	1 "	6,5			"
	2 "	6,5			"
	3 "	7,0	12,7	2,0	"

## B. Dreistündige Werthe nach Tabelle A.

Tag.	Stunde von—bis	3stündige Zuwachse Mill. am Bogen.	Mitteltemp. der Luft °R. für 3 St.	$\frac{z}{t-10}$
23. April	12—3 Mittag	7,8	11,9	4,4
	3—6 Abend	4,7	11,9	2,5
	6—9 "	5,8	11,6	3,6
	9—12 Nacht	5,8	11,4	4,4
24. April	12—3 "	8,9	11,3	6,8
	3—6 früh	10,8	11,1	9,8
	6—9 "	10,0	11,2	8,3
	9—12 Mittag	8,2	11,5	5,5
	12—3 "	8,5	11,9	4,5



Tag.	Stunde von—bis	3stündige Zuwachse Mill. am Bogen.	Mitteltemp. der Luft 9R. für 3 St.	z 1—10
24. April	3—6 Abend	6,6	11,9	3,5
	6—9 „	3,7	11,7	2,2
	9—12 Nacht	4,7	11,4	3,3
25. April	12—3 „	5,6	11,3	4,3
	3—6 früh	7,1	11,1	6,4
	6—9 „	5,9	10,9	6,6
	9—12 Mittag	4,6	11,1	4,2
	12—3 „	8,3	11,5	5,5
	3—6 Abend	4,0	11,5	2,7
	6—9 „	6,5	11,3	5,0
26. April	9—12 Nacht	11,5	11,1	10,5
	12—3 „	12,0	11,0	12,0
	3—6 früh	16,0	10,8	20,0
	6—9 „	10,5	11,5	7,0
	9—12 Mittag	10,9	12,3	4,7
	12—3 „	19,8	12,4	8,2
	3—6 Abend	14,8	12,0	7,4
	6—9 „	12,4	11,7	7,2
	9—12 Nacht	14,5	11,6	9,0
27. April	12—3 „	15,4	11,4	11,0
	3—6 früh	20,5	11,3	15,8
	6—9 „	13,7	11,8	7,6
	9—12 Mittag	17,8	12,8	6,4
	12—3 „	23,6	12,6	9,4
	3—6 Abend	15,1	12,4	6,3
	6—9 „	15,3	12,0	7,6
	9—12 Nacht	19,4	11,8	10,8
	12—3 „	19,6	11,6	12,2
28. April	3—6 früh	23,5	11,4	16,7
	6—9 „	19,4	11,6	12,1
	9—12 Mittag	17,8	11,8	9,9
	12—3 „	25,3	12,0	12,6
	3—6 Abend	12,1	12,0	6,0
	6—9 „	17,2	11,8	9,5
	9—12 Nacht	20,5	11,7	12,1
	12—3 „	18,6	11,7	10,9
	3—6 früh	22,9	11,6	14,3
29. April	6—9 „	10,3	11,7	6,0
	9—12 Mittag	19,1	12,3	8,3
	12—3 „	20,0	12,6	7,7

## 14.

*Richardia aethiopica.*

Grüne Pflanze am Licht. Tägliche Periode unter dem Einfluss der Licht- und Temperaturschwankung. Beobachtung am Auxanometer; 12malige Vergr. der Zuwachse.

Zur Beobachtung diente der Blüthenschaft einer seit dem Vorjahr im Topf vegetirenden Pflanze; die das Internodium umhüllende Blattscheide wurde beseitigt, ein vollständig entwickeltes Blatt weggeschnitten, ein



Seitenspross mit noch nicht entfaltetem Laubblatt (welches sich während des Versuchs nicht ganz entfaltete) aber stehen gelassen. Die noch zusammengewickelte Spatha sammt dem Spadix wurde über der Basis abgeschnitten, der Faden unter der Insertion jener befestigt. Von der Oberfläche des Bodens bis zum Faden mass das Internodium 220 Mill.; in gleichen Entfernungen aufgetragene schwarze Striche zeigten nach Beendigung des Versuchs, dass das unterste Stück von 17 Mill. Länge gar nicht gewachsen war, dass das Wachsthum nach oben hin stark zunahm; die angegebenen Zuwächse betreffen demnach nur die vom Licht getroffenen Theile des dunkelgrün gefärbten Internodiums. — Die Pflanze stand frei, unbedeckt, 1 Meter vom Süd Fenster entfernt, ohne von der Sonne getroffen zu werden, also nur von diffusum Licht beleuchtet; ein Spiegel hinderte die heliotropische Krümmung vollständig. — Die beiden Thermometer hingen frei neben der Pflanze. — Der Querschnitt des Spadix schied in den Nächten vom 16. zum 17., vom 17. zum 18. Wasser aus, was in der Nacht vom 18. zum 19. April unterblieb. — Wegen der Dicke und Rigidität des Schaftes wurde ein Gewicht von 50 Gramm vorn an die Rolle gehängt.

## A. Stündliche Beobachtungen.

Tag.	Stunde.	Zuwachs Mill. am Bogen.	Temp. °R.		Beleuchtung.
			Luft.	psychr. Differenz.	
16. April	7—8 früh	2,8	11,5	1,9	heiter.
	9 früh	2,5	11,4	1,9	
	10 „	2,0	11,2	1,9	trüb.
	11 „	1,9	11,5	2,0	
	12 Mittag	2,2	11,6	1,9	heiter.
	1 „	1,7			
	2 „	2,0			Regen.
	3 „	2,5	11,8	2,0	
	4 „	2,0	11,7	2,0	„
	5 „	2,0	11,6	1,9	
	6 Abend	2,0	11,5	1,9	„
	7 „	2,3	11,4	1,9	
	8 „	1,8			„
	9 „	1,5			
17. April	10 „	1,5			trüb; Erde begossen.
	11 „	1,5			
	12 Nacht	1,5			„
	1 „	2,0			
	2 „	2,5			„
	3 „	2,8			
	4 „	2,8			„
	5 „	2,8			
	6 früh	2,6			„
	7 „	2,9			
	8 „	3,2	10,9	1,6	„
	9 „	3,0	11,0	1,7	
	10 „	3,1	11,1	1,7	„
	11 „	2,7	11,1	1,8	
	12 Mittag	3,3	11,1	1,7	„



Tag.	Stunde.	Zuwachs Mill. am Bogen.	Temp. °R.		Beleuchtung.
			Luft.	psychr. Differenz.	
17. April	1 Mittag	2,3			} heiter.
	2 "	2,4			
	3 "	2,2	11,5	1,8	
	4 "	2,7	11,5	1,7	} trüb.
	5 "	2,5	11,4	1,8	
	6 Abend	3,0	11,3	1,8	
	7 "	2,4			}
	8 "	1,6			
	9 "	1,6			
	10 "	1,6			}
	11 "	1,6			
	12 Nacht	1,7			
18. April	1 "	2,4			}
	2 "	3,0			
	3 "	3,3			
	4 "	3,5			} heiter.
	5 "	3,3			
	6 früh	3,2	11,0		
	7 "	2,9			}
	8 "	3,9	11,2	1,7	
	9 "	3,5	11,8	1,9	
	10 "	3,0	11,6	1,9	} weisse Wol- ken.
	11 "	2,3	11,5	1,8	
	12 Mittag	2,5	11,5	1,8	
	1 "	2,5			}
	2 "	2,7			
	3 "	2,4	11,6	1,8	
	4 "	2,5	11,5	1,7	} trüb.
	5 "	2,3	11,5	1,7	
	6 Abend	2,3	11,5	1,7	
	7 "	2,4			}
	8 "	2,4			
	9 "	2,4	11,2	1,6	
	10 "	2,4			}
	11 "	2,4			
	12 Nacht	2,0			
19. April	1 "	2,4			}
	2 "	2,3			
	3 "	2,5			
	4 "	2,7			}
	5 "	2,6			
	6 früh	3,0	11,0		
	7 "	3,2			}
	8 "	3,6	11,3	1,6	
	9 "	3,8	11,7	1,7	
	10 "	3,6	12,3	1,7	} trüb.
	11 "	3,2			
	12 Mittag	2,8	12,0	1,6	
	1 "	3,1			}
	2 "	3,0			
	3 "	2,7			
	4 "	2,5			} heiter.
	5 "	2,5			
	6 Abend	2,5			
	7 "	2,4			}
	8 "	2,4			
	9 "	2,5			
	10 "	2,0			}



Tag.	Stunde.	Zuwachs Mill. am Bogen.	Temp. °R.		Beleuchtung.
			Luft.	psychr. Differenz.	
19. April	11 Abend	2,4			
	12 Nacht	2,5			
20. April	1 „	2,5			
	2 „	2,4			
	3 „	3,0			
	4 „				
	5 „				
	6 früh		44,8	4,6	

## B. Dreistündige Werthe nach Tabelle A berechnet.

Tag.	Stunde von—bis	3stündige Zuwachse Mill. am Bogen.	Temp. °R. für 3 Stunden.	z t—10
16. April	9—12 Mittag	6,4	44,4	4,3
	12—3 „	6,2	44,7	3,6
	3—6 Abend	6,0	44,6	3,7
	6—9 „	5,6	44,4	4,0
	9—12 Nacht	4,5	44,2	3,7
17. April	12—3 „	7,3	44,4	6,6
	3—6 früh	8,2	44,0	8,2
	6—9 „	9,4	44,0	9,4
	9—12 Mittag	9,4	44,4	8,3
	12—3 „	6,6	44,3	5,4
	3—6 Abend	8,2	44,4	5,8
	6—9 „	5,6	44,3	4,3
	9—12 Nacht	4,9	44,2	4,4
	12—3 „	8,7	44,4	7,9
18. April	3—6 früh	10,0	44,0	10,0
	6—9 „	10,3	44,3	7,9
	9—12 Mittag	7,8	44,6	4,9
	12—3 „	7,6	44,6	4,8
	3—6 Abend	7,4	44,5	4,7
	6—9 „	6,3	44,3	4,8
	9—12 Nacht	6,2	44,2	5,2
	12—3 „	6,9	44,4	6,3
	3—6 früh	8,3	44,0	8,3
19. April	6—9 „	10,6	44,3	8,4
	9—12 Mittag	9,6	42,0	4,8
	12—3 „	8,8	42,2	4,0
	3—6 Abend	7,5	42,4	3,4
	6—9 „	7,3	42,2	3,3
	9—12 Nacht	6,6	42,4	3,4
	12—3 „	7,9	42,0	4,0
20. April	12—3 „	7,9	42,0	4,0



## 45.

*Dahlia variabilis.*

Grüne Pflanze im Finstern. Beobachtung am Auxanometer; 42malige Vergrößerung der Zuwachse.

Ein am Südfenster erwachsener grüner Spross, dessen 2. Internodium 84 Mill., das 3. aber erst 27 Mill. lang war, wurde unter dem dritten Blattpaar in gewohnter Weise angekoppelt; mit dem Zinkrecipienten bedeckt, ebenso das trockene und nasse Thermometer in solche eingeschlossen und dann während der Beobachtungsdauer das Zimmer dunkel gehalten. — Das nasse Thermometer zeigte beständig 0,1—0,2° R weniger als das trockene. — Da es während der ganzen Beobachtungszeit regnete, so war das durch die Fensterschirme und den Recipienten zur Pflanze gelangende Licht schon Anfangs nicht sehr intensiv.

Tag.	Stunde.	Zuwachs pro Stunde in Mill. am Bogen.	Lufttempera- tur °R. im Recipienten.	3stündige Zuwachse.
25. Juni	10 früh		15,4	
	11 „	5,0	15,0	
	12 Mittag	12,8	14,9	
	1 „	9,0		
	2 „	10,8		26,3
	3 „	6,5	14,8	
	4 „	7,4	14,7	
	5 „	8,0	14,7	23,4
	6 Abend	8,0	14,7	
	7 „	6,8		
	8 „	7,2		24,8
	9 „	7,8		
	10 „	6,8		
	11 „	8,0		24,4
	12 Nacht	9,6		
26. Juni	1 „	12,2		
	2 „	13,0		37,7
	3 „	12,5		
	4 „	14,5		
	5 „	14,0		33,3
	6 früh	10,8		
	7 „	10,3	13,9	
	8 „	9,5	13,8	29,4
	9 „	9,3	13,8	
	10 „	8,2	13,8	
	11 „	8,6	13,8	24,8
	12 Mittag	8,0	13,8	
	1 „	9,5		
	2 „	8,2	13,7	26,7
	3 „	9,0	13,6	
	4 „	9,8	13,6	
	5 „	9,8		30,8
	6 Abend	11,2	13,5	



Tag.	Stunde.	Zuwachs pro Stunde in Mill. am Bogen.	Lufttempera- tur °R. im Recipienten.	3stündige Zuwachse.
26. Juni	7 Abend	11,2		37,0
	8 "	12,5		
	9 "	13,3		
	10 "	14,2		43,0
	11 "	14,5		
27. Juni	12 Nacht	14,3		
	7 früh		12,50	

## 16.

*Dahlia variabilis.*

Grüner Spross im Finstern (wie bei Tabelle 15).

Tag.	Stunde.	Zuwachs pro Stunde in Mill. am Bogen.	Temp. °R. im Reci- pienten.	3stündige Zuwachse.
2. Juli	9 früh		15,2	42,3
	10 "	3,0	15,3	
	11 "	5,8		
	12 Mittag	3,5	15,6	40,6
	1 "	3,5		
	2 "	3,5		
	3 "	3,6	16,0	41,8
	4 "	4,0		
	5 "	4,0	16,4	
	6 Abend	3,8	16,1	46,8
	7 "	4,8		
	8 "	5,5		
3. Juli	9 "	6,5		24,5
	10 "	7,5		
	11 "	8,0		
	12 Nacht	9,0		34,7
	1 "	10,0		
	2 "	11,5		
	3 "	13,2		44,2
	4 "	14,0		
	5 "	14,0		
	6 früh	13,2		38,4
	7 "	13,4	16,0	
	8 "	12,0		
	9 "	13,0	16,5	38,4
	10 "	13,0	16,7	
	11 "	12,4		
	12 Mittag	13,0	16,9	38,9
	1 "	12,5		
	2 "	13,4		
	3 "	13,0	17,0	42,4
	4 "	13,8		
	5 "	14,0	16,9	
	6 Abend	14,6	16,8	



Tag.	Stunde.	Zuwachs pro Stunde in Mill. am Bogen.	Lufttempera- tur °K. im Recipienten.	3stündige Zuwachse.
3. Juli	7 Abend	neu ein- gestellt		50,8
	8 "	47,5		
	9 "	47,2		
	10 "	49,0		
	11 "	49,5		58,0
	12 Nacht	49,5		
4. Juli	1 "	20,4		64,4
	2 "	20,0		
	3 "	21,0		
	4 "	20,5		
	5 "	20,8		59,6
	6 früh	18,3		
	7 "	18,5	16,2	60,5
	8 "	20,5	16,6	
	9 "	21,5	16,7	
	10 "	19,5		64,5
	11 "	22,0	17,0	
	12 Mittag	20,0	17,1	
	1 "	20,0		65,0
	2 "	22,0		
	3 "	22,0	17,0	

## IV. Ergebnisse der Beobachtungen.

1) Die schon im 1. Abschnitt als grosse Periode bezeichnete Thatsache, dass ein wachsender Pflanzentheil zunächst mit kleinen Zuwachsen beginnt, dann immer schneller wächst, ein Maximum der Wachsthumsgeschwindigkeit erreicht und dann immer langsamer wächst, bis endlich Stillstand eintritt, wird durch die Tabellen 1, 2, 3 sowie durch Tafel I und II erläutert. Tabelle I zeigt, wie an einem wachsenden Internodium jeder einzelne Abschnitt eine grosse Periode besitzt, wie die älteren Abschnitte bereits aufgehört haben zu wachsen oder sich in den letzten Phasen ihrer grossen Periode befinden, während die jüngeren erst zu wachsen beginnen; ferner, dass sich aus diesen grossen Perioden der einzelnen Querabschnitte, die grosse Periode des ganzen Internodiums summiert. — Tabelle 2 und Tafel I lässt die Beziehungen des Lichtes der Temperatur und der Bodenfeuchtigkeit zum Verlauf der grossen Curve erkennen: das im Licht gewachsene Internodium erreicht sein Maximum früher als das etiolirte im Finstern, die Ausgiebigkeit des Wachstums ist in allen Phasen seiner Periode geringer als bei diesem, auch hört das Wachstum früher auf. Die Vergleichung der Temperaturcurve mit der Zuwachscurve lässt erkennen, dass die grosse Periode von dem Verlauf der Temperaturschwankungen in hohem Grade unabhängig ist; das grüne Inter-

nodium während befindet Phase, absteigen zackunge des wie mit den nicht erl Bodens (lasste; i Hinblick nahme u Tabelle Internodi die täglic Retardati geltend drei gleic verlaufen nodiums Fern in C na Tabelle dabei tritt Phase an Dass dies zeigt die die herrs dirt sind peratur Curve au die Tabo fahren v grossen I gleich die der Nach mit dem Betracht grossen C bei 14,6 der Zuw 2) I Arbeiten



nodium erreicht hier sein Maximum vor, das etiolirte lange nach dem während dieser Zeit eingetretenen Temperaturmaximum; die grosse Periode befindet sich bei dem etiolirten Internodium noch in der aufsteigenden Phase, während die Temperatur stetig fällt, jene dagegen bleibt in der absteigenden Phase, während diese sich wieder hebt. Die starken Auszackungen der beiden grossen Curven sind wenigstens z. Th. Wirkungen des wiederholten Begiessens der Erde, wie die Vergleichung der Tabelle mit den Curven erkennen lässt. Die Methode der Beobachtung lässt jedoch nicht erkennen, inwieweit die Befeuchtung etwa eine Aufquellung des Bodens (die hier fehlerhafter Weise als Zuwachs auftreten würde) veranlasste; ich glaube jedoch, da die Erde immer ziemlich feucht blieb, im Hinblick auf das unter II Mitgetheilte, dass das Begiessen die Wasseraufnahme und den Turgor, in Folge dessen die Zuwachse gesteigert hat. — Tabelle 3 und Tafel II lassen ebenfalls die grosse Periode wachsender Internodien deutlich genug erkennen; zugleich bemerkt man, wie die durch die täglichen Temperaturschwankungen veranlassten Beschleunigungen und Retardationen des Wachstums als Auszackungen der grossen Curve sich geltend machen; und ausserdem zeigt der Spross Nr. I (Tabelle 3), dass drei gleichzeitig wachsende Internodien zusammen eine sehr regelmässig verlaufende grosse Curve bilden, die sich von der eines einzelnen Internodiums (No. II) in der Form kaum unterscheidet.

Ferner ist noch auf die grosse Periode in Tabelle 6 hinzuweisen, die in C nach Tageswerthen dargestellt und so übersichtlicher gemacht ist. Tabelle 6 C zeigt in der Columnen z diese Tageszuwächse unmittelbar; dabei tritt eine Unregelmässigkeit darin auf, dass während der absteigenden Phase am 4. April eine vorübergehende Wachstumszunahme stattfindet. Dass diess in irgend einer Weise von der Temperaturschwankung abhängt, zeigt die Vergleichung der folgenden Columnen, wo die Zuwächse durch die herrschende Temperatur  $t$ , dann durch  $t-4$ , endlich durch  $t-6$  dividirt sind; je höher man den Nullpunkt der zur Division benutzten Temperatur nimmt, desto mehr wird die Ungleichförmigkeit im Sinken der grossen Curve ausgeglichen, was besonders dann auffällt, wenn man diese in den durch die Tabelle C gegebenen vier Formen graphisch darstellt (über dieses Verfahren vergl. weiter unten). — Endlich giebt Tabelle 9 den Verlauf der grossen Periode bei nahezu constanter Temperatur für ganze Tage und zugleich die Schwankungen der Zuwächse am Vormittag, Nachmittag und in der Nacht. Obgleich hier zufällig das Steigen und Fallen der Temperatur mit dem Steigen und Fallen der Zuwächse zusammenfällt, zeigt doch die Betrachtung der Tagesmittel ohne Weiteres, dass diess nicht die Ursache der grossen Curve ist; man beachte, dass am 28. April der Zuwachs 22,8 Mill. bei 14,6° C., am 4. Mai der Zuwachs 32,8 Mill. bei 14,5° C., am 4. Mai der Zuwachs 18,9 bei 14,07 stattfand.

## 2) Einfluss der veränderlichen Temperatur auf den stünd-



lichen und täglichen Gang des Wachstums. Die zur Feststellung dieses Einflusses unternommenen Beobachtungen wurden immer an etiolirten Pflanzen im Finstern gemacht, die zu diesem Zweck im Finstern erwachsen waren, um so die Störungen zu vermeiden, die möglicherweise daraus entstehen, dass eine am Licht erwachsene Pflanze erst nach und nach in den Zustand übergeht, welcher dem Lichtmangel entspricht.

Die Resultate sind auffallend verschieden, je nachdem die Temperatur rasch und kräftig schwankt oder sehr langsam und wenig schwankt; im ersten Fall folgt die Zuwachscurve der Temperaturcurve so, dass sie diese gewissermaassen nachbildet, im zweiten Fall dagegen machen sich andere Einflüsse geltend, welche den Effect der sehr geringen Temperaturschwankungen überwiegen.

Unter raschen und starken Temperaturschwankungen verstehe ich hier jedoch nur, dass die Lufttemperatur in der Nähe der Pflanze stündlich um einen oder einige ganze Grade (C. oder R.) wechselt; viel stärkere Schwankungen, etwa um  $10^{\circ}$  (C. oder R.) und mehr in der Stunde möchte ich desshalb nicht anwenden, weil es dann ungewiss ist, ob dieselben auch rasch genug in die Pflanze selbst übergehen, was bei der geringen Leitungsfähigkeit des Zellgewebes sehr fraglich und nicht leicht zu controliren ist. Unter sehr schwachen und langsamen Temperaturschwankungen verstehe ich solche, die in einer Stunde nur ein oder wenige Zehntel eines Grades (R. oder C.) betragen.

Die Betrachtung der Curven auf Tafel III und IV zeigt deutlich, wie bei raschem und starkem Auf- und Absinken der Temperatur die Curve der Zuwachse ebenfalls und gleichmässig auf- und absteigt. Temperatur- und Wachsthumcurve sind einander sehr ähnlich, ohne jedoch vollständig parallel zu laufen, was zumal auf Tafel III nicht der Fall ist. Ein ähnliches Verhalten tritt übrigens auch bei geringeren Temperaturschwankungen auf Tafel II hervor, wo jedoch noch deutlich zu bemerken ist, wie bei der auf- und absteigenden Phase der grossen Periode die Temperaturschwankung nur geringen Effect auf das Wachsthum übt, selbst von den inneren Wachsthumursachen überwogen wird, während zur Zeit des Maximums der grossen Periode, also zur Zeit der grössten Wüchsigkeit der Pflanze eine grössere Aehnlichkeit der bedingenden und der bedingten Curve hervortritt.

Es zeigt sich also, dass zur Zeit der stärkeren Wachsthumfähigkeit der Pflanze (in der Mitte der grossen Periode) Temperaturschwankungen von einem bis einigen Graden in der Stunde das Wachsthum mächtig verändern, und zwar so, dass dem Steigen der Temperatur ein Steigen, dem Fallen der Temperatur ein Fallen der Zuwachse entspricht. Jedenfalls erleidet hierdurch die Angabe KÖPPEN's, wonach Temperaturschwankungen an sich das Wachsthum verlangsamen, eine Einschränkung; denn dieser Satz im weiteren Sinne genommen, würde verlangen, dass einer Tem-

peratur  
was nie  
KÖPPEN  
dass de  
grösser  
Schwan  
object  
es hier  
thumscu  
Dag  
man die  
von ein  
3 Stun  
üben,  
Einwirk  
bestimm  
3)  
und n  
Die im  
10 bis  
auf Taf  
vom Ab  
um eine  
und ras  
hebt; d  
dauern,  
Abend  
Zuwachs  
Tage un  
vorüber  
den Ein  
dem ich  
lässt sic  
nur ein  
Steigeru  
von ein  
teten Te  
lich dur  
nur wer  
eingetre  
kleinsten  
Tabellen  
seines E



peratursteigerung ein gleichzeitiges Fallen der Zuwachscurve entspreche, was nicht der Fall ist. Ich möchte jedoch noch nicht behaupten, dass Körpex's Angabe desshalb überhaupt unrichtig sei; denn es wäre möglich, dass der Gesamttzuwachs meiner Pflanzen während der Versuchszeiten grösser gewesen wäre, wenn die mittlere Temperatur, die sich aus den Schwankungen ergibt, geherrscht hätte, wofür es mir an einem Vergleichsobject fehlt. Weitere Versuche mögen darüber entscheiden. Mir genügt es hier, gezeigt zu haben, dass innerhalb gewisser Grenzen die Wachsthumscurve mit der Temperatureurve gleichsinnig steigt und fällt.

Dagegen ist aus den Tabellen 6, 7, 8, 9 zu ersehen, besonders wenn man die Zahlen auf Coordinaten überträgt, dass Temperaturschwankungen von einem oder wenigen Zehntelgraden in einer Stunde oder gar in 3 Stunden keinen merklichen Einfluss auf den Gang des Wachstums üben, dass dann offenbar innere Ursachen und sehr schwache äussere Einwirkungen, auf die ich zurückkomme, die Form der Wachsthumscurve bestimmen.

3) Wirkung des periodischen Wechsels von Tageslicht und nächtlicher Dunkelheit auf den täglichen Gang des Wachstums. Die im April, Mai, Juni gemachten Beobachtungen, welche auf den Tabellen 10 bis 14 verzeichnet sind, noch mehr die danach entworfenen Curven auf Tafel V, VI, VII zeigen, dass im Allgemeinen die Wachsthumscurven vom Abend bis Morgen steigen, auch wenn die Temperatur in der Nacht um einen Grad oder mehr fällt; dass sie nach Sonnenaufgang plötzlich und rasch fallen, obgleich die Temperatur sich um mehrere Zehntel Grade hebt; dieses Fallen kann wie auf Tafel V und VI bis zum Abend fort-dauern, so dass täglich eine einfache Periode derart hervortritt, dass vom Abend bis Morgen Steigerung, vom Morgen bis Abend Verminderung der Zuwachse herrscht; nicht selten, zumal dann, wenn die Temperatur am Tage um einige Grade steigt, tritt jedoch um Mittag oder Nachmittag eine vorübergehende Zunahme der Wachsthumsgeschwindigkeit auf, die indessen den Eintritt des abendlichen Minimums nicht hindert. Durch ein Verfahren, dem ich zunächst nur den Werth eines empirischen Kunstgriffes beilege, lässt sich darthun, dass die am Tage eintretende Steigerung in der That nur eine Wirkung der höheren Temperatur ist, während die nächtliche Steigerung und das Sinken am Morgen oder während des ganzen Tages von einer anderen Ursache bewirkt wird. Nennt man nämlich die beobachteten Temperaturen  $t$  und dividirt man die dreistündigen Zuwächse sämmtlich durch die Werthe  $t-n$ , wobei  $n$  von Null bis zu einer Zahl steigt, die nur wenig unterhalb des kleinsten  $t$  liegt, so zeigt sich, dass die am Tage eingetretene Hebung um so vollständiger verschwindet, je näher  $n$  dem kleinsten Werthe von  $t$  rückt, ohne doch mit ihm zusammenzufallen; die Tabellen 41 B, 42 B, 44 B liefern einige Proben dieses Verfahrens und seines Erfolges. Tabelle 43 B zeigt jedoch, dass dieses Verfahren nicht



immer genügt, um die Erhebung der Zuwachscurve am Tage ganz zu beseitigen; vollständiger wird diess in diesem Falle durch Division der Zuwachse mit  $(t-10)^2$  erreicht. Jedenfalls zeigt dieses Verfahren, das, wie oben bereits erwähnt, auch zur Rectification der grossen Curve benutzt werden kann, dass solche Zacken der Zuwachscurve, welche sich durch dasselbe beseitigen lassen, Functionen der Temperatur sind, und zugleich wird daraus ersichtlich, dass die Beziehung der Temperatur zum Wachsthum eine sehr merkwürdige und complicirte sein muss.

Der Erfolg der Division der Zuwachse durch die Werthe  $t-n$  oder auch  $(t-n)^2$  wird auf den Tafeln an den mit  $\frac{z}{t-10} \dots$  bezeichneten Curven besonders anschaulich, auch darin, dass das Maximum der corrigirten täglichen Zuwachsperiode öfter auf eine frühere Morgenstunde fällt, als das unmittelbar beobachtete Zuwachsmaximum, wie auf Tafel VI; dieser Erfolg entspricht nämlich vollkommen der Deutung, welche man der täglichen Periode des Wachsthum einer im Licht vegetirenden Pflanze geben muss.

Das Steigen der Zuwachscurve vom Abend bis zum Morgen, ebenso wie das plötzliche Fallen derselben nach Sonnenaufgang und bis zum Abend kann kaum anders als dahin gedeutet werden, dass sowohl die Beschleunigung, welche das Wachsthum durch die Dunkelheit erfährt, als auch die Retardation, die das Licht bewirkt (eine Thatsache, die durch das Wachsthum gleichartiger Pflanzen im Finstern und im Licht hinreichend sicher gestellt ist), nicht plötzlich eintreten, sondern nach und nach; dass die am Tage durch das Licht beeinflusste Pflanze mit Eintritt der Nacht nicht sofort den höchstmöglichen Zuwachs erreicht, den sie im Dunkeln haben kann, sondern erst nach und nach; der durch das Licht inducirte Zustand langsameren Wachsthum braucht längere Zeit, um in den der Dunkelheit entsprechenden Zustand schnelleren Wachsthum überzugehen, was sich eben in dem beständigen Steigen der Zuwachscurve vom Abend bis zum Morgen ausspricht; ebenso kann das Fallen der Zuwachscurve vom Morgen bis zum Abend einfach darauf zurückgeführt werden, dass der Zustand grosser Wüchsigkeit, den die Pflanze in der Nacht erreicht hat, unter dem Einfluss des Lichts nur nach und nach einem neuen Zustande weicht, der dem Wachsthum im Licht entspricht; obgleich die bis Mittag zunehmende Lichtintensität gewiss mit dazu beiträgt, das Sinken der Zuwachse bis Mittag zu begünstigen, ist das weitere Sinken am Nachmittag, also bei abnehmender Lichtstärke doch ein Beweis, dass die blosser Dauer der Beleuchtung in dem angegebenen Sinne wirkt. Wenn das nächtliche Steigen der Zuwachscurve schon vor Sonnenuntergang beginnt, so wird das auf die schon um diese Zeit eintretende beträchtliche Lichtabnahme zurückzuführen sein. Die tägliche Periode des Wachsthum einer dem Wechsel von Tag und Nacht bei geringer Temperaturschwankung

unterlie-  
klärung  
starken  
niedrige  
mehr a  
einstwe  
Die  
periode  
der Pfla  
sehr g  
wurde.  
ständen  
langsam  
auch la  
Schwan  
Die Ers  
und ich  
geringer  
Zimmer  
herrsche  
dass e  
einigen  
sie doc  
selbst,  
und le  
mässig  
Periodic  
Verlauf  
Beobach  
dem un  
merklic  
Viel de  
Darstell  
nicht u  
Bestätig  
Tagespe  
der Zu  
eine Fo  
mässig  
entnehr  
Be  
Finstern  
Finstern



unterliegenden Pflanze findet so ihre genügende und sehr einfache Erklärung. Ob diese Periode auch im Freien unter dem Einfluss einer starken Erhebung der Temperatur am Mittag und einer beträchtlichen Erniedrigung derselben am Morgen noch zu beobachten ist, oder nicht vielmehr ausgeglichen, selbst in eine entgegengesetzte umgewandelt wird, mag einstweilen unentschieden bleiben.

Die Kenntniss der durch das Licht bewirkten täglichen Wachstumsperiode giebt uns nun auch den Schlüssel zur Erklärung des Verhaltens der Pflanzen im finstern Zimmer oder unter einem Blechrecipienten bei sehr geringer Temperaturschwankung, worauf schon oben hingewiesen wurde. Die Tabellen 6, 7, 8 zeigen, dass die Pflanzen unter diesen Umständen vom Morgen bis gegen Mittag oder selbst bis zum Abend immer langsamer wachsen, während die Zuwachse bis zum Morgen sich, wenn auch langsam und unbeträchtlich, vergrössern, wenn auch die schwachen Schwankungen der Temperaturcurve den gegensinnigen Verlauf nehmen. Die Erscheinung kann also unmöglich der Temperatur zugeschrieben werden, und ich glaube, es bleibt nichts anderes übrig, als sie dem ausserordentlich geringen Helligkeitsgrade zuzuschreiben, der Tags in dem verdunkelten Zimmer oder innerhalb des mässig hellen Zimmers in einem Zinkrecipienten herrscht. So wenig glaublich diese Annahme erscheint, wenn man beachtet, dass es sich hier um eine Helligkeit handelt, die das Auge selbst nach einigen Minuten Verweilens in dem dunkeln Raum kaum wahrnimmt, findet sie doch, abgesehen von der Geringfügigkeit der Zuwachs-Schwankungen selbst, ihre Bestätigung durch Tabelle 8; dort tritt nämlich in der ersten und letzten Beobachtungsreihe A und C, wo die Pflanze innerhalb des mässig erhellten Zimmers nur unter einem Blechrecipienten vegetirte, die Periodicität noch deutlich genug hervor, zumal wenn man den gegensinnigen Verlauf der Temperaturcurve beachtet; bei der zwischen beiden liegenden Beobachtungsreihe B dagegen, wo die Pflanze im finstern Zimmer unter dem undurchsichtigen Recipienten stand, wird die tägliche Periode fast unmerklich, die Zuwachscurve folgt den stärkeren Temperaturschwankungen. Viel deutlicher als in den Tabellen tritt dieses Verhalten in graphischer Darstellung derselben hervor, die ich hier jedoch, um die Zahl der Tafeln nicht unmässig zu häufen, dem Leser selbst überlassen muss. Eine weitere Bestätigung dafür, dass die geringe Helligkeit in dem dunkeln Räume die Tagesperiode veranlasst, möchte ich auch darin finden, dass bei Division der Zuwachse durch  $t$  oder  $t-n$  die an sich schwach angedeutete Periode eine Form und einen Ausdruck gewinnt, als ob die Pflanze in einem mässig hellen Zimmer vegetirte, wie beispielsweise aus Tabelle 6 B zu entnehmen ist.

Bei den Tabellen 6 bis 8 handelt es sich um etiolirte Pflanzen im Finstern; dass auch grüne Pflanzen in tiefer, wenn auch nicht absoluter Finsterniss (unter einem Blechrecipienten im mässig hellen diffusen Tages-



licht) noch die entsprechend geschwächte Tagesperiode erkennen lassen, ist aus unseren Tabellen 15 und 16 zu entnehmen.

Aus meinen im Jahre 1870 gemachten Beobachtungen, wo grüne, am Licht erwachsene Pflanzen, ebenfalls unter verdunkelnden Umhüllungen beobachtet wurden, die aber weniger gut schlossen, als meine Zinkrecipienten von 1871, glaubte ich schliessen zu müssen<sup>1)</sup>, dass die durch das Licht inducirte Tagesperiode auch unabhängig von demselben im Finstern noch einige Tage fortdaure, eine Ansicht, die ich nach dem Mitgetheilten jedoch nicht mehr festhalten möchte.

4) Uebereinstimmung der durch das Licht inducirten täglichen Wachstumsperiode mit der Periodicität der Gewebespannung und der Blattbewegungen. KRAUS<sup>2)</sup> und MILLARDET<sup>3)</sup> haben durch zahlreiche Messungen bewiesen, dass die Gewebespannung wachsender Pflanzentheile unter dem Einfluss von Tageslicht und Nachtdunkelheit periodische Aenderungen ihrer Intensitäten zeigt, die der Zeit nach mit den Stellungsänderungen periodisch beweglicher Blätter so zusammenfallen, dass diese Bewegungen selbst als Folgen der Aenderungen der Gewebespannung aufgefasst werden können. Ich wähle der Kürze wegen diese Ausdrucksweise, da nach MILLARDET (p. 30) die Coincidenz beider insofern nicht ganz zutrifft, als das Hauptminimum der Gewebespannung im Stamm um Mittag, das in den Blättern gegen Abend oder Anfang der Nacht eintritt, die Coincidenz würde vielleicht vollständiger sein, wenn man der Temperatur und der Transpiration genauer, als es geschehen ist, Rechnung trüge, wodurch die „secundären Oscillationen“ gewiss mehr zurücktreten würden. Beurtheilt man nun dementsprechend die Aenderungen der Gewebespannung nach den Stellungsänderungen periodisch beweglicher Blätter, für welche MILLARDET sehr zahlreiche Beobachtungen an *Mimosa pudica* machte, so überrascht die ausserordentliche Uebereinstimmung der täglichen Periode der Spannungsänderung mit der des Wachstums, wenn beide Erscheinungen unter dem Einfluss des Wechsels von Tageslicht und Nachtdunkelheit stattfinden. MILLARDET's Spannungscurven (l. c. Pl. I, II, III) stimmen in ihrem Verlauf ganz auffallend mit dem der Zuwachscurven auf unseren Tafeln V, VI, VII überein; auch sie steigen vom Abend bis zum frühen Morgen, sinken dann plötzlich und erreichen ihren tiefsten Stand am Abend; auch sie steigen am Mittag oder Nachmittag ein- bis zweimal unbedeutend empör (MILLARDET's secundäre Maxima und Minima<sup>4)</sup>), was den ähnlichen Erhebungen der Wachstums-

1) Verhandl. der physik. medic. Gesellsch. in Würzburg, 4. Febr. 1874.

2) KRAUS: botan. Zeitg. 1867 p. 422 und p. 441; ferner Ergänzung seiner Angaben betreffs der nächtlichen Spannungsänderungen in MILLARDET's cit. Schrift p. 60 unten.

3) MILLARDET: Nouvelles recherches sur la périodicité de la tension; étude sur les mouvements périod. et paraton. de la sensitive; Strassburg 1869 p. 30.

4) Wenn das grosse Maximum und das kleinste Minimum von MILLARDET's Spannungs-

curven  
was die  
lich auch  
mit diese  
Das  
spannung  
Abend a  
des Licht  
punkte,  
der Tag  
schwind  
bewiesen  
Die  
Wachsth  
Aenderu  
Auf- u  
Analog  
O. p. 1  
Oscillati  
lässt; v  
riodische  
Stellung  
Einfluss  
stattfind  
können.  
Gra  
es, die  
der Zuw  
muthung  
solche  
wie ma  
Die  
keit un  
der ver  
wird au  
Gewebe  
Erschein  
Aenderu  
curven n  
zu beme  
einstimm  
Stellung  
1) M



curven entspricht, die ich als Temperaturwirkungen nachgewiesen habe, was die secundären Maxima und Minima der Spannungcurve wahrscheinlich auch sein werden, wenigstens stimmen MILLARDET's Temperaturangaben mit dieser Annahme sehr wohl überein.

Dass die tägliche Periode, welche sich in der Steigerung der Gewebespannung, vom Abend bis zum Morgen und im Sinken derselben bis zum Abend ausspricht, gleich der entsprechenden der Zuwachse eine Function des Lichts ist, folgt schon aus dem Umstand, dass ihre beiden Wendepunkte, das Maximum und Minimum mit dem Eintreten und Schwinden der Tageshelligkeit zusammenfallen, noch mehr aber aus ihrem Verschwinden in anhaltender Dunkelheit, wie bereits KRAUS (a. a. O. p. 125) bewiesen hat.

Die Uebereinstimmung der Curven der Gewebespannung und des Wachstums geht aber noch weiter; die oben erwähnten stossweisen Aenderungen des Wachstums in kurzen Zeiträumen, welche ein beständiges Auf- und Abschwanken der Wachsthumcurve veranlassen, finden ihr Analogon auch im Verhalten der Gewebespannung; schon KRAUS fand (a. a. O. p. 125), dass die letztere im Finstern mehr oder weniger regelmässige Oscillationen in sehr kurzen (etwa zweistündigen) Zeitintervallen erkennen lässt; vermöge des Zusammenhangs der Gewebespannung mit den periodischen Blattbewegungen spricht sich diess auch in den fortwährenden Stellungsänderungen der beweglichen Blätter aus, die sowohl unter dem Einfluss des Lichts<sup>1)</sup> als auch nachher längere Zeit im Finstern so rasch stattfinden, dass sie selbst von Viertel- zu Viertelstunde notirt werden können.

Grade diese beständigen Schwankungen der Gewebespannung waren es, die mich zuerst auf den Gedanken brachten, Mittel zur Bestimmung der Zuwachse in sehr kurzen Zeiträumen aufzusuchen, indem ich die Vermuthung hegte, dass den Schwankungen der Gewebespannung auch überall solche des Wachstums entsprechen würden, eine Vermuthung, die sich, wie man sieht, in ganz überraschender Weise bestätigt hat.

Die Gewebespannung wird durch ungleiche Wachstumsgeschwindigkeit und durch ungleiche physikalische und physiologische Eigenschaften der verschiedenen Gewebeschichten eines Organs hervorgerufen, anderseits wird auch die Mechanik des Wachstums durch die bereits hervorgerufene Gewebespannung nothwendig mit bedingt; es ist daher zu erwarten, dass Erscheinungen der Spannungsänderungen auch gewöhnlich oder immer auf Aenderungen des Wachstums und umgekehrt hindeuten, dass äussere

curven nicht bis auf die Stunde mit denen unserer Zuwachscurven coincidiren, so ist zu bemerken, dass auch die letzteren unter sich nicht immer in dieser Hinsicht übereinstimmen, was nicht allein von der Tageslänge abhängt, sondern auch von der Stellung der Pflanze im Zimmer, der Lage der Fenster und anderen Nebenumständen.

<sup>1)</sup> MILLARDET a. a. O. Planche II, III, IV und SACHS: Flora 1863. p. 468.



Agentien, wie Wärme, Licht und Feuchtigkeit der Umgebung, auf Wachstum und Gewebespannung gleichsinnig und gleichzeitig einwirken werden. Die genaue Erforschung dieser Verhältnisse aber hat nicht nur insofern Werth, als sie den Schlüssel zur Erklärung mancher specieller Lebenserscheinungen der Pflanzen auffinden lehrt, sondern noch mehr insofern, als dadurch die Grundlagen einer mechanischen Theorie des Wachstums dieser hervorragenden und allgemeinsten Lebenserscheinung, gewonnen werden.

### V. Literatur.

Die ziemlich ausgedehnte und in mancher Beziehung reichhaltige Literatur unseres Gegenstandes ist insofern einigermaassen unerfreulich, als bisher kein Beobachter die hier einschlägigen Fragen sich selbst klar gemacht hat; obwohl man stillschweigend oder ausdrücklich anerkannte, dass das Wachstum von verschiedenen Bedingungen abhängt, beobachtete man doch immer unter Umständen, wo sämtliche Wachstumsbedingungen gleichzeitig grossen Schwankungen unterlagen, so dass es unmöglich war, zu entscheiden, ob und inwieweit die beobachteten Schwankungen des Wachstums den Veränderungen der Temperatur, des Lichts, der Feuchtigkeit oder inneren Ursachen zuzuschreiben seien; von diesem Vorwurf sind selbst die so sorgfältig interpretirten Beobachtungen HARTING's und die mühsamen Messungen CASPARY's nicht frei zu sprechen. Offenbar muss die Erforschung einer Erscheinung, die von  $n$  Bedingungen abhängt, davon ausgehen, womöglich  $n-1$  dieser Bedingungen constant zu machen und nur die eine, deren Effect geprüft werden soll, variiren zu lassen, und offenbar muss nach und nach jede der  $n$  Bedingungen in einer besonderen Beobachtungsreihe als variable auftreten, während sie in den anderen constant bleibt. Dieses allein zum Ziel führende Verfahren, welches ich zuerst bei meinen Beobachtungen über die Keimungstemperaturen einschlug<sup>1)</sup>, war schon von selbst dadurch ausgeschlossen, dass man die Pflanzen im Freien, oder im Gewächshause oder in einem gewöhnlichen Wohnzimmer beobachtete, wo Temperatur, Licht und Feuchtigkeit mannigfach combinirten Schwankungen unterliegen. Je nachdem zufällig die eine oder die andere der Wachstumsbedingungen alle anderen überwog, konnte man bald der einen bald der anderen eine ganz besondere Bedeutung für das Wachstum und seine tägliche Periode zuschreiben, wenn man nicht beachtete, dass in einem anderen Falle wieder eine andere Ursache prävaliren könne. So enthält denn die Literatur, in dem Zustande, wie ich sie vorfinde, nicht eine Reihe feststehender wissenschaftlicher Sätze, auf denen sich weiter

<sup>1)</sup> SACHS: Physiol. Unters. über die Abhängigkeit der Keimung von der Temperatur in Pringsh. Jahrb. für wiss. Bot. 1860. Bd. II. p. 338.



hauen liesse, sondern vielmehr ein massenhaft angehäuften Rohmaterial von Beobachtungen, welche erst kritisirt und gedeutet werden müssen, um Resultate zu ergeben. Diess hier bis in's Einzelne durchzuführen wäre indessen unzweckmässig und unnöthig, da man mit demselben Aufwand an Zeit und Mühe neue Beobachtungen nach dem richtigen Prinzip anstellen kann. Wenn ich im Folgenden eine gedrängte Uebersicht der Literatur gebe, so geschieht es zum Theil, um zu zeigen, dass ich die Bemühungen meiner Vorgänger sorgfältig geprüft habe, vorwiegend aber möchte ich darthun, dass die verschiedenen Angaben derselben einander nur scheinbar widersprechen, und dass man, von den unter I entwickelten Gesichtspunkten ausgehend und auf Grund der unter IV gewonnenen Resultate, den Beobachtungen mehrfach andere Deutungen geben kann und muss, als es durch die Beobachter selbst geschehen ist. Ich werde zunächst jedoch nur diejenigen Arbeiten berücksichtigen, welche neben den Messungen an Pflanzen noch die Temperatur und andere Bedingungen berücksichtigen, die anderen, die selbst dieser geringen Anforderung nicht entsprechen, mögen am Schlusse noch erwähnt werden.

Wie schon oben erwähnt, haben es die Beobachter versäumt, ihre Zahlenreihen graphisch darzustellen; ich habe diess, um ein klares Bild ihrer Angaben zu gewinnen, nachgeholt, aus tausenden von Zahlen die Curven der Zuwachse und Temperaturen, zuweilen auch die der Luftfeuchtigkeit verzeichnet; meine Kritik stützt sich vorwiegend auf den Verlauf dieser Curven.

CHRISTOPH JACOB TREW (1727)<sup>1)</sup> dürfte wohl der Erste gewesen sein, der es unternahm, die Längenzuwachse in gleichen Zeiten mit den Temperaturen der Luft, dem Zustand des Wetters, besonders der Beleuchtung und der Barometerstände zu vergleichen; er wurde zu seinen Beobachtungen, wie die Mehrzahl seiner Nachfolger, durch die Entwicklung eines Blütenstammes von *Agave americana* veranlasst, den er täglich leider nur einmal maass, obgleich er die Temperaturen und sonstigen Umstände täglich dreimal verzeichnete (5 Uhr Morgens, 12 Mittag, 9 Abend). So geben also seine Beobachtungen keine Auskunft über den Gang des Wachstums innerhalb eines Tages, wohl aber über den Verlauf desselben im Grossen und Ganzen vom 9. Mai bis 19. Juni. TREW überlässt es dem Leser, aus seinen Tabellen Resultate zu gewinnen und CASPARY (Flora 1836. p. 463) behauptet, „es lasse sich aus ihnen nicht einmal ein Parallelismus zwischen Wachsthum und Wärme erkennen“; das würde nun an und für sich nur beweisen, dass andere Ursachen neben der Temperatur vorwalten, die Curvenzeichnung aber zeigt, dass CASPARY'S Folgerung unrichtig ist, denn die Curve der täglichen Zuwachse steigt und fällt neunmal gleichzeitig mit dem Steigen und Fallen der Temperaturcurve, wenn auch die

<sup>1)</sup> CUN. J. TREW in Fränkische Acta erudita et curiosa 1727 p. 381.



kleineren Zacken beider Curven mehrfach nicht übereinstimmen; auch die zweitägigen Zuwachse zeigen eine ähnliche Abhängigkeit von der Temperatur in vier Perioden und es ist daher gewiss, dass in diesem Falle der Verlauf des Wachstums durch die Temperaturschwankungen ganz vorwiegend bestimmt wurde, dass die anderen Wachstumsursachen davon überwogen wurden. Nach den von TREW gemachten Temperaturangaben<sup>1)</sup> lässt sich zwar die Form der Temperaturcurve bestimmen, nicht aber die absolute Höhe der einzelnen Temperaturen nach unseren jetzigen Thermometern beurtheilen; doch ist es wahrscheinlich, dass die Schwankungen, in Graden nach Celsius oder Réaumur ausgedrückt, sich als sehr beträchtliche herausstellen würden, und daraus erklärt sich leicht, dass die Wachstumscurve der Temperaturcurve ziemlich genau in ihren grossen Schwingungen folgt, obgleich alle anderen Bedingungen ebenfalls sehr variabel waren; ebenso dürfte es der Grösse der Temperaturschwankungen zuzuschreiben sein, dass selbst die grosse Periode des Wachstums nur undeutlich zu erkennen ist.

Viel jünger, als die Beobachtungen unseres Landsmannes TREW, sind die des Franzosen VENTENAT, nämlich von 1793; mir war es unmöglich, das Original<sup>2)</sup> zu vergleichen; CASPARY, der es offenbar vor sich hatte, sagt (Flora 1856 p. 161): „MEYEN giebt an, dass schon VENTENAT 1793 am Blüthenschaft von *Fourcroya gigantea* beobachtet habe, dass er bei Tage schneller wachse als des Nachts. Diess ist ein Irrthum. VENTENAT hat nach der l. c. mitgetheilten Beobachtungstafel den Schaft nur alle 24, 48 oder 72 Stunden gemessen, woraus sich die Angabe MEYEN'S nicht folgern lässt; auch erwähnt VENTENAT l. c. das von MEYEN angegebene Resultat sonst nicht, leitet überhaupt aus seinen Messungen des Schaftes, mit denen er Thermometerbeobachtungen verbunden hatte, kein Resultat ab.“

Die ersten Beobachtungen über die täglichen Schwankungen des Wachstums sind demnach die von MEYER 1827 und MULDER 1829.

ERNST MEYER<sup>3)</sup> liess im September 1827 den Blüthenschaft von *Amaryllis Belladonna*, der sich sehr rasch verlängert, Morgens um 6 Uhr,

1) TREW benutzte ein Thermometrum florentinum, an welchem der Stand ober- und unterhalb eines „punctum temperati“ in positiven und negativen Werthen nach Zollen und Linien abgelesen wurde; wo dieser Punkt mittlerer Wärme lag, ist nicht zu bestimmen, für unseren Zweck aber auch gleichgültig, da es nur auf die Schwankungen der Temperatur, nicht auf ihre absoluten Werthe ankommt; zur Vergleichung mit der Wachstumscurve berechnete ich die täglichen Mittel aus TREW'S Angaben. — Ueber das Thermometrum florentinum vergl. auch GERLER'S physik. Wörterbuch IX. p. 857.

2) Bullet. soc. philom. 1795. I. p. 65.

3) E. MEYER: „Beob. über Pflanzenwachsthum in Bezug auf die versch. Tageszeiten“ in den Verhandl. des Vereins zur Beförd. des Gartenbaues in den k. preuss. Staaten. Berlin Bd. V. 1829. p. 110. — CASPARY nennt diese Arbeit (Flora 1856. p. 162)



Mittags um 12 Uhr, Abends 6 Uhr messen und zugleich den Thermometerstand in dem Gewächshaus, worin die Pflanze stand, beobachten. „Es ergibt sich, sagt er, dass die Pflanze von 6 Uhr Morgens bis 6 Uhr Abends, aber bei erhöhter Einwirkung von Licht und Wärme, fast noch einmal so rasch wuchs, als von Abends 6 Uhr bis Morgens 6 Uhr. Der Einfluss der Wärme auf das schnellere Wachsthum am Tage scheint sich daraus zu ergeben, dass die Zunahme bei geringerer Wärme geringer war, bei wiederum vermehrter Wärme beträchtlicher.“ Fast ebenso naiv, wie das Unternehmen, dergleichen beobachten zu lassen, ist die Bemerkung: „Welcher Antheil aber der Einwirkung des Lichts gebühre, liess sich nicht ausmitteln, weil eine Entziehung desselben nicht nur die Wärme vermindert, sondern auch der Gesundheit der Pflanze geschadet und mithin den ganzen Versuch unsicher gemacht haben würde.“ — Dass trotz des Wechsels von Tageslicht und Nachtdunkelheit die Temperatur doch den Ausschlag gab, und eine Verminderung des Wachsthum nicht einmal am Vormittag aufkommen liess, ist leicht erklärlich, wenn man in den Tabellen sieht, dass die Temperatur Morgens zwischen 9 und 14° R., Mittags zwischen 12 und 22°, Abends zwischen 14—18° stand, dass die Schwankung vom Morgen bis Mittag meist 8—9° R. betrug.

Ausführlicher, aber nicht viel besser sind E. MEYER's Beobachtungen im März 1829 an 42 Keimpflanzen von Weizen und Gerste, die er in Töpfen im Wohnzimmer cultivirte. Die Temperatur des Zimmers, neben den Pflanzen, am Fenster gemessen, sank Morgens niemals unter 13° R., stieg aber durch Heizung des Ofens schon um 8 Uhr früh auf 14—16° R., war von 10 Uhr früh bis 6 Uhr Abends 16—17,5° R. (oder mehr), um bis 10 Uhr Abend bis auf c. 14,7 oder 15,7 zu sinken. „Das Licht wirkte durch die grossen Fensterscheiben fast eben so stark auf die eingeschlossenen Pflanzen, als ob sie im Freien gestanden hätten.“ Die Erde wurde mässig feucht gehalten; gemessen wurde in zweistündigen Intervallen von 8 Uhr früh bis Abends 10 Uhr, mit dem Zollstab von der Oberfläche der Erde bis zur Spitze des jedesmal jüngsten, sich entwickelnden Blattes, so dass also in der Zahlenreihe Messungen verschiedener Blätter in einander verwebt sind.<sup>2)</sup> Die Tabellirung der Beobachtungen ist wenig übersichtlich und nur mit grossem Zeitverlust gelingt es, sich selbst ein Urtheil über

die spätere der beiden von MEYER und giebt den Jahrgang 1837 der gen. Zeitschr. dafür an, obgleich Bd. V, p. 110 richtig cit. ist; es fällt diess umsomehr auf, als MEYER selbst in seiner anderen Arbeit gleich Eingangs auf diese Beobachtungen an *Amaryllis* hinweist.

<sup>1)</sup> E. MEYER: „Ueber das periodische tägliche Wachsthum einiger Getreidearten“; *Linnaea* 1829. p. 98.

<sup>2)</sup> Es wäre allerdings möglich, dass die Zuwachse consecutiver Blätter ähnlich in einander greifen, wie die der Internodien eines Stengels (s. unter I), worüber indess noch nichts bekannt ist.



diese zu bilden, da der Verfasser in der Originaltabelle nicht einmal die Zuwachse, sondern nur die Längen der Pflanzen in Duodecimalmaass angiebt, aus denen man jene erst berechnen liess. MEYER selbst sagt p. 108: „Durchgängig finden wir das Wachsthum von 8 Uhr Vormittags bis 8 Uhr Nachmittags grösser, als in der anderen, nächtlichen Hälfte des Tages. Durchgängig finden wir es gleichfalls grösser in den 6 Stunden von 8 Uhr Vormittags bis 2 Uhr Nachmittags, als in den 6 folgenden Stunden. Bei jeder Pflanze bemerken wir zwei Beschleunigungen und zwei Verminderungen des täglichen Wachstums; die erste Beschleunigung fast bei allen Pflanzen zwischen 8 und 10 Uhr Vormittags, die zweite von längerer Dauer zwischen 12 und 4 Uhr Nachmittag.“ Die weiteren Interpretationsversuche MEYER's sind unklar und zeugen von dem geringen Geschick für derartige Dinge, das am Anfang dieses Jahrhunderts bei den Botanikern leider so häufig war. Ich habe nach seinen Haupttabellen die Temperatur- und Wachsthumscurven für die Pflanzen *a*, *b* und *g* construiert, und finde, dass beide Curven in ihren Hauptschwingungen gleichsinnig verlaufen, nur ist das Steigen und Fallen der Temperaturcurve vom Morgen über Mittag bis zum Abend und frühen Morgen ein ziemlich ruhiges, während die Curve der Zuwachse am Tage zwei bis drei tiefe Zacken darbietet; auf die plötzliche Erhebung der Zuwachse bis 10 oder 12 Uhr Vormittag, folgt eine Verminderung, die ich, da sie in die Zeit der höchsten Temperatur fällt, für eine Wirkung des Lichts halte; diese wird durch die dauernd höhere Temperatur jedoch zum Theil überwogen, was sich in einer bald grösseren, bald geringeren, bald früher, bald später am Nachmittag eintretenden Erhebung der Zuwachsecurve ausspricht. Im Ganzen ist also eine gewisse Aehnlichkeit im Gang der Wachsthumscurven mit dem auf unseren Tafeln V, VI, VII wohl vorhanden, aber offenbar durch Nebeneinflüsse und durch die in der Messungsweise liegenden Ungenauigkeiten vielfach entstellt. MEYER scheint nicht daran gedacht zu haben, dass das Licht am Tage der das Wachsthum beschleunigenden Wirkung der Temperaturerhöhung entgegenwirkt, eine Thatsache, die man längst vorher aus den Untersuchungen BONNET's und anderer hätte folgern können; ja MEYER scheint das Tageslicht für einen den Längenzuwachs geradezu beschleunigenden Factor gehalten zu haben, wie ich aus dem Text p. 444 schliessen möchte.

Interessanter, und an wissenschaftlicher Ausbeute reicher sind die Beobachtungen MULDER's über das Wachsthum des Blattes von *Urania speciosa*<sup>1)</sup> (1829). Am 9. Juni wurde die Spitze des zur Beobachtung bestimmten Blattes über der es verhüllenden Scheide sichtbar; der Stand dieser Spitze wurde an dem nicht mehr wachsenden Stiel des nächst benachbarten Blattes durch einen Strich bezeichnet und von diesem

1) MULDER in Bijdragen tot de natuurkundige Wetenschappen verzamelt door RAAK HALL, VROLIK en MULDER. Amsterdam 1829 IV. p. 254.

aus immer  
dann entf  
Blattstiel  
Morgens  
sie umfas  
stand des  
hat auch  
in einer  
Mühe for  
habe die  
eine Tab  
peraturcu  
Verlauf,  
ist die Z  
gegensein  
fällt die  
jene; die  
Zuwachse  
die Maxim  
kungen d  
der Temp  
maassen  
thums ein  
weilen an  
4—4 Uh  
Temperat  
meist üb  
auch ein  
die Temp  
dieses W  
Stillstand  
immer z  
auch am  
Untersch  
bestand d  
dick) war  
meter sp  
8—11 U  
dieses T  
innere,  
sich nich

4) Es



aus immer gemessen; diess geschah vom 12. Juni bis 25. Juni Abends, dann entfaltete sich die Blattspreite am folgenden Tag, auch kam jetzt der Blattstiel zum Vorschein. — Die Beobachtungen wurden meist von 5 Uhr Morgens bis 12 Uhr Nachts in ein- bis zweistündigen Intervallen gemacht; sie umfassen ausser den Zuwachsen auch die Lufttemperatur und den Zustand des Himmels (Helligkeit, Bewölkung, Regen). Aehnlich wie MEYER hat auch MULDER seine sehr zahlreichen und anstrengenden Beobachtungen in einer so wenig übersichtlichen Weise mitgetheilt, dass es viel Zeit und Mühe fordert, sie in eine der Beurtheilung günstige Form zu bringen; ich habe die drei Tabellen l. c. p. 254, 257 und die der Tageszuwachs in eine Tabelle zusammengestellt und nach dieser die Zuwachse und Temperaturcurve entworfen; beide Curven zeigen einen verhältnissmässig ruhigen Verlauf, täglich einmal auf- und absteigend (nur am 16., 17., 24. Juni ist die Zuwachscurve zackig); merkwürdig ist aber, dass sie immerfort gegensinnig verlaufen, d. h. während die Temperaturcurve Vormittag steigt, fällt die Zuwachscurve, während diese vom Mittag bis Morgen steigt, fällt jene; die Maxima der Temperatur am Mittag fallen über die Minima der Zuwachse, die Minima der Temperatur am frühen Morgen beinahe über die Maxima der Zuwachse. Es zeigt diess ohne Weiteres, dass die Schwankungen des Wachstums in diesem Falle nicht oder nicht unmittelbar von der Temperatur abhängen. MULDER selbst fasst seine Resultate folgendermassen zusammen: „Man findet, dass Mittags ein Stillstand des Wachstums eintritt, der immer mit 11 Uhr begann und meist bis 1 Uhr, bisweilen auch bis 4 Uhr dauerte. Das Wachstum war im ersten Falle von 1—4 Uhr immer gering; meist 1 Strich (niederl.) in 3 Stunden. Die Temperatur war zur Zeit des Stillstandes (11—1 Uhr) zwischen 74—88° F., meist über 80°; der Himmel hell oder wenig bewölkt mit Sonnenschein, auch einmal trüb. Bei dem sehr geringen Wachstum von 1—4 Uhr war die Temperatur 70—88°, meist über 80° F. Beachtung verdient auch, dass dieses Wachstum immer bei sinkender Temperatur eintrat, während der Stillstand bei steigender stattfand (das Letzte ist nach der Tabelle nicht immer zutreffend und unwesentlich). — Es ist aber auch ein Tag, wo auch am Mittag pro Stunde 1 selbst 3 Strich (niederl.) zuwachsen. Der Unterschied in den äusseren Verhältnissen<sup>1)</sup> an diesem Tage (17. Juni) bestand darin, dass die Luft schon seit Morgens trüb und feucht (betrocken en dick) war, während kein Sonnenschein wahrgenommen wurde; das Thermometer spielte von 11—4 Uhr zwischen 70—72° F.; — auch war das von 8—11 Uhr (Vormittag) besonders stark (9 Strich in 3 St.) — der Zustand dieses Tags schien mit einem nächtlichen übereinzukommen. Ob auch innere, in der Pflanze selbst gelegene Ursachen mitgewirkt haben, lässt sich nicht beweisen, doch ist es nicht wahrscheinlich; in der Nacht, die

<sup>1)</sup> Es sei hier bemerkt, dass die nächtlichen Zuwachse bis über 7 Strich erreichen.



auf diesen Tag folgte, war das Wachsthum nicht stark u. s. w. „Man könnte, fährt MULDER fort, aus den zwei genannten Punkten die Folgerung ableiten, dass bei den höchsten Wärmegraden und Einwirkung des Sonnenlichts kein Wachsthum in die Länge der Blätter stattfindet.“

Vergleiche ich nun diese Ergebnisse mit meinen auf Tafel V, VI, VII verzeichneten, so finde ich eine überraschende Uebereinstimmung; offenbar ist das Steigen der Zuwachscurve bis zum frühen Morgen bei stetig sinkender Temperatur eine Wirkung der Dunkelheit, die sich von Stunde zu Stunde steigert; ebenso das Sinken der Zuwachse vom frühen Morgen bis Mittag eine Folge der immer zunehmenden Lichtwirkung, welche hier die beschleunigende Wirkung der steigenden Temperatur überwiegt; dass das Steigen der Zuwachse schon am Nachmittag wieder eintritt, (um bis zum frühen Morgen zu dauern), lässt sich aus der nun abnehmenden Lichtwirkung bei noch immer hoher Temperatur erklären. Bei der von MULDER beobachteten Pflanze mag aber noch ein Umstand mitgewirkt haben, der bei meinen Beobachtungen ganz ausser Betracht kommt; die beträchtliche Verdunstungsfläche, welche die mächtigen Blätter der *Urania* darstellen, musste mit steigender Temperatur und Lichtintensität am Tage dahin wirken, die ganze Pflanze, also auch das beobachtete wachsende Blatt, wasserärmer zu machen, und diess umsomehr, als um diese Zeit auch die psychometrische Differenz sich beträchtlich gesteigert haben mag; es musste demnach der Turgor der Pflanze und zumal des wachsenden Blattes und in Folge dessen die Wachsthumsgeschwindigkeit sich vermindern; so konnte die retardirende Wirkung, welche das Licht auf das Wachsthum direkt ausübt, mit der Verminderung des Turgors zusammen das Wachsthum gradezu auf Null reduciren; mit abnehmender Lichtintensität nahm am Nachmittag dann auch die Temperatur ab, und in Folge dessen die relative Luftfeuchtigkeit zu, der Turgor begann zu steigen und mit ihm die stündlichen Zuwachse.

Nicht so befriedigend und klar sind die Resultate von MULDER's Beobachtungen über das Längenwachsthum einer Blüthe von *Cactus grandiflorus*<sup>1)</sup> 1829); hier stand das Wachsthum Nachts still, oder es war doch sehr gering, dagegen war es Tags, besonders am Mittag, am stärksten. — Die nach seinen Zahlen entworfene Wachsthumscurve zeigt zumal am 22. und 23. Juli einen ungemein unruhigen Gang, sie springt unregelmässig auf und ab; mit Ausnahme des 24. Juli erkennt man jedoch leicht, dass die Zuwachse mit der Temperatur im Allgemeinen steigen und fallen. Das Verhalten des Wachsthum ist also, trotzdem dass die Pflanze dem Lichteinfluss ausgesetzt war, grade das entgegengesetzte von dem des Wachsthum des *Uraniablattes*, und diess erscheint mit Rücksicht auf die Natur

<sup>1)</sup> MULDER in *Bijdragen tot de natuurkundige Wetenschappen verzameld door VAN HALL, VROLIK, MULDER* IV. 1829. p. 420.

der Pflanze  
hier durch  
als bei  
Turgors  
blättrigen  
der Transpi-  
entscheidend  
Zu-  
von Agave  
gemessen  
3,4—15,  
denn aus  
eine deut-  
erkennen  
und dre-  
Senkung  
der Zuwach-  
tägigen  
dass für  
Wachsthum  
Das  
dem Gange  
von Agave  
graphisch  
achtungs-  
die ande-  
Abends,  
1 Mittag  
Tabellen  
der Luft  
in Verbin-  
keit (tot-  
aber Nach-  
bellen  
ich habe  
berechnete  
Pflanzen  
sinnig, n-  
ab. Vor

<sup>1)</sup> Zu-  
p. 11. 4  
<sup>2)</sup> in  
VAN DER



der Pflanze erklärlich; die retardirende Wirkung des Tageslichts wurde hier durch die Wirkung der Temperaturerhöhung umsomehr überwogen, als bei der geringen Verdunstungsfläche des Cactus die Verminderung des Turgors am Tage wegfiel oder doch unbedeutend war; bei der grossblättrigen *Urania* wurde das Wachsthum von dem Licht und der Wirkung der Transpiration, bei dem massiven Cactus wurde es von der Temperatur entscheidend beeinflusst.

ZUCCARINI<sup>1)</sup> beobachtete 1833 das Wachsthum eines Blütenstammes von *Agave lurida*; er wurde vom 4. Mai bis 18. Juni täglich nur einmal gemessen; die täglichen Mitteltemperaturen schwankten in dieser Zeit von 3,4—15,2° R., das Wetter war sehr veränderlich; dementsprechend schwankt denn auch die Curve der Tageszuwächse unregelmässig auf und ab, ohne eine deutliche Beziehung zur Temperatur oder auch nur die grosse Periode erkennen zu lassen; nimmt man dagegen die dreitägigen Mitteltemperaturen und dreitägigen Zuwächse, so findet man, dass den vier Hebungen und Senkungen der Temperaturecurve ebenso viele Hebungen und Senkungen der Zuwachscurve entsprechen, eine Erscheinung, die bei Curven aus mehrtagigen Zuwächsen und Mitteltemperaturen gewöhnlich hervortritt und zeigt, dass für grössere Zeiträume gewöhnlich die Temperatur den Gang des Wachstums entscheidend bestimmt.

Das soeben Gesagte findet seine Bestätigung auch, wenn man die von dem Gärtner DOMMELAER in VAN DER HOPP's Garten an zwei Blütenstämmen von *Agave americana* gemachten, von DE VRIESE mitgetheilten Beobachtungen<sup>2)</sup> graphisch darstellt. Eine der beiden Pflanzen stand während der Beobachtungszeit (vom 31. Mai bis 13. August 1835) in einem Gewächshause, die andere in freier Luft. Gemessen wurde täglich zweimal, Morgens und Abends, meist um 7 oder 8 Uhr, die Temperatur aber viermal (8 Uhr früh, 1 Mittag, 7 und 10 Uhr Abend) beobachtet. — DE VRIESE zieht aus den Tabellen den Schluss, das Wachsthum hänge zumeist von der Temperatur der Luft ab; das beinahe beständig schwächere Wachsthum Nachts stehe in Verbindung mit der niedrigeren Temperatur und der geringeren Feuchtigkeit (tot de mindere opklimming van vocht; die relative Feuchtigkeit ist aber Nachts gewöhnlich grösser). Viel mehr lässt sich aus den langen Tabellen der unzweckmässig eingerichteten Beobachtungen nicht ersehen; ich habe die Zuwächse und Mitteltemperaturen für je zwei Tage daraus berechnet und auf Coordinaten übertragen; die Wachsthumscurven beider Pflanzen gehen mit der der Temperatur in ihren grossen Schwingungen gleichsinnig, nur zwischen dem 16. und 26. Juli weicht die im Haus stehende Pflanze ab. Von der grossen Periode des Wachstums ist nur der Anfang und

<sup>1)</sup> ZUCCARINI in Nova Acta Acad. Caes. Leopold. Carol. nat. curios. Vol. XVI. pars II. 1833. p. 673.

<sup>2)</sup> in der Tijdschrift voor natuurlijke Geschiedenis en Physiologie uitgegev. door VAN DER HOOVEN en DE VRIESE. Amsterdam 1838. p. 51.



das Ende deutlich zu erkennen; eine beträchtliche Depression der Temperatur von Mitte Juni bis Anfang Juli und eine folgende beträchtliche Hebung bewirkt eine tiefe Senkung und nachherige Hebung der Zuwachscurven, durch welche der Verlauf der grossen Periode fast unkenntlich wird.

Während die bisher erwähnten Beobachter mit naiver Einfachheit ihre Beobachtungen mittheilen und nur schüchtern Versuche zur Deutung derselben wagen, tritt uns nun eine Abhandlung HARTING's<sup>1)</sup> (1842) mit dem vollen Bewusstsein der Wichtigkeit und Schwierigkeit der Aufgabe und sonach mit ganz anderen Ansprüchen auf Beachtung entgegen, die natürlich auch die Kritik entschiedener herausfordern. Bei der hier nöthigen Kürze muss ich mich jedoch darauf beschränken, HARTING's Arbeit dem ernstesten Studium derer, die in dieser Richtung ferner thätig sein wollen, zu empfehlen, da sie in Bezug auf die Discussion der Resultate den Erwartungen, die man bei dem Namen HARTING's hegt, durchaus entspricht; auffallend ist es aber, dass ein Forscher von so bedeutender Begabung sich entschliessen konnte, seine Beobachtungen im Freien zu machen, mit einer Pflanze (*Humulus Lupulus*), die sich sehr leicht im Topf cultiviren lässt. So war er genöthigt, neben den Messungen der Zuwachse, um wissenschaftlichen Anforderungen gerecht zu werden, auch zu beobachten, 1) den Regenschirm, 2) das Psychrometer (dessen Angaben ganz überflüssiger Weise in Luftfeuchtigkeiten umgerechnet sind), 3) das Barometer, 4) das Wetter, d. h. Helligkeit, Bewölkung des Himmels, 5) Richtung und Kraft des Windes; 6) ein Thermometer im Boden, eines in der Luft. Da die Pflanze den grössten Theil des Tages von der Sonne beschienen werden konnte, so haben die Angaben dieser Thermometer sowohl, als auch die psychrometrischen Differenzen eine nur sehr mittelbare Beziehung zur Pflanze selbst. Wie complicirt und gar nicht mehr zu beherrschen die so gewonnenen Beobachtungen werden, zeigen die Tabellen A und B, wo man nicht weniger als 48 Columnen von Zahlen und Zeichen übersehen soll, um all die Beziehungen des Wachstums zu erkennen. Dabei muss man die Aufmerksamkeit auf drei Stengel theilen, deren einer schon Mitte Juni kränkelte, während ein zweiter abbrach und nur einer ungestört fortwuchs. Beobachtet wurde um 7 Uhr Morgens, 3 Uhr Nachmittag, 11 Uhr Abends; es liegt auf der Hand, dass bei dieser Eintheilung des Tages die Wirkung des Lichts unmöglich deutlich hervortreten konnte; die Nacht von 11 Uhr Abend bis 7 Uhr früh gerechnet, kann man allenfalls gelten lassen; die Zeit von 7 Uhr früh bis 3 Uhr aber umfasst allzugrosse Temperaturschwankungen, ebenso die von 3 Uhr bis 11 Uhr Abends, wo noch dazu

1) P. HARTING Waarnemingen over den groei der Planten en de omstandigheden die daarop invloed hebben (Tijdschrift voor natuurlijke geschiedenis en physiol. uitgeg. door VAN DER HOOVEN EN DE VRIESE. Leiden 1842 T. IX. p. 297).



die ersten Stunden intensives Tageslicht, die folgenden aber Nachtdunkelheit umfassen.

HARTING wählte den Hopfen zu seinen Messungen seines besonders raschen Wachsthum's wegen, ferner weil bei der Form der Terminalknospe die Messung bis auf 0,5 Mill. genau gemacht werden kann, endlich weil das frühzeitig im Jahr beginnende und lang dauernde Wachsthum eine mindestens fünf Monate hindurch fortgesetzte Beobachtung erlaubt. — Da bei dem Hopfen immer nur die 2—3 unter der Knospe befindlichen Internodien im Wachsthum begriffen sind, so gelten die beobachteten Zuwächse für diese allein, aber auch für sie zusammengekommen (vergl. oben p. 163).

Wer die von HARTING selbst gezogenen Schlüsse übersichtlich beisammen zu sehen wünscht, findet sie am Ende seiner Abhandlung, noch bequemer in der botanischen Zeitung 1843 p. 99—101; ich glaube jedoch dem Leser verständlicher zu werden, wenn ich das Wichtigste aus der Abhandlung selbst hervorhebe; p. 310 heisst es: „Wenn wir nun das Wachsthum dieser drei Stengel unter einander vergleichen, dann fallen sogleich die grosse Ungleichheit und die geringe Uebereinstimmung in's Auge, die nicht allein in grösseren Zeitabschnitten, sondern vor Allem in den täglichen Messungen wahrgenommen wurden. Nur selten hält das Wachsthum dieser, doch völlig gleichen äusseren Einflüssen unterliegenden Stengel, gleichen Schritt; den einen Tag nimmt der eine, den folgenden der andere stärker an Länge zu, ohne dass hierbei irgend eine feste Regel wahrzunehmen ist.“

„Wenn man das Wachsthum zu verschiedenen Zeiten des Pflanzenlebens vergleicht, so findet man, dass es unabhängig von äusseren Ursachen, eine Zu- und eine Abnahme des Wachsthumsvermögens giebt, indem die Stengel zu gewissen Zeiten geringer Luftwärme und ohne andere begünstigende Umstände, stärker gewachsen sind als zu einer anderen früheren Zeit; auch geschieht dieses Zunehmen bei allen drei Stengeln nicht in einem gleichen Verhältniss.“

HARTING hat hier offenbar dieselbe Erscheinung für die Wachsthumperiode eines ganzen Stengels erkannt, die MÜNTER für einzelne Internodien, ich für einzelne Querabschnitte von solchen gefunden, und die ich (unter I) als grosse Periode eines wachsenden Pflanzentheils bezeichnet habe. Sehr deutlich tritt diese grosse Periode in einer von HARTING vorher mitgetheilten Tafel hervor, wo er sagt, der eine Hopfenstengel der am 1. Mai 492 Mill. hoch war, habe bis Ende August die Länge von 7,263 Meter erreicht und zwar vertheilen sich die Zuwächse folgendermaassen: es kommen

0,492	Meter	auf	den	April
2,230	»	»	»	Mai
2,722	»	»	»	Juni



4,767 Meter auf den Juli

0,052 » » » August. <sup>1)</sup>

HARTING'S Erklärung dieser Erscheinung halte ich nicht für gelungen. „Die mit der Zeit zunehmende Beschleunigung, sagt er, kann völlig erklärt werden, theils aus der zunehmenden Anzahl und Verbreitung der Wurzeln während des Lebens der Pflanze, wodurch die aufsaugende Oberfläche grösser wird; theils aus der Vermehrung der Blätter, und folglich der Verdunstung, welche, wenn nicht die einzige, doch die vornehmste Ursache des Saftsteigens ist.“ HARTING verwechselt hier die Wasserströmung im Holzkörper, welche durch die Verdunstung hervorgerufen wird, mit der langsamen Wasserbewegung, die das Wachstum veranlasst, zwei ursächlich ganz verschiedene Vorgänge<sup>2)</sup>; die durch die Transpiration veranlasste Wasserströmung ist für das Wachstum unnöthig, wie die Vegetation der submersen Pflanzen und die von Landpflanzen in dampfgesättigtem Raume zeigt, und kann ihm sogar nachtheilig werden, wenn der Ersatz durch die Wurzeln nicht ausreicht und so Verminderung der Turgescenz eintritt. Dieser Irrthum kehrt bei HARTING mehrfach wieder. „Auf die zunehmende Beschleunigung, fährt er fort, folgt eine ähnliche Abnahme des Wachstums, welche besonders bemerkbar wird um die Zeit, wo die Blütenknospen sich zu entwickeln beginnen, obgleich sie schon früher anfängt. Mit dem Erscheinen der Blumen vermindert sich das Wachstum sehr schnell und endlich, wenn die Antheren sich geöffnet haben, und der Pollen erscheint, also zur Zeit der Befruchtung, hört alles Wachstum auf.“ HARTING sieht hierin, wie das Spätere zeigt, eine der Ursachen des Aufhörens des Wachstums; nicht wahrscheinlich sei es, dass die Wurzeln eine belangreiche Aenderung erleiden, viel eher könne man annehmen, dass eine Veränderung der anatomischen Structur des Stengels vor und nach dem Erscheinen der Blumenknospen stattfinde. Dass auch diese Annahme kaum zutreffen dürfte, zeigt z. B. der Kürbis, der Monate lang Blüten bildet und dabei fortwächst.

In Betreff der Vertheilung des Wachstums auf die Tageszeiten hebt er p. 314 hervor, dass (wie Tabelle C ergebe) das gesammte Wachstum des Sprosses No. I im Mai und Juni von 7 Uhr früh bis 3 Uhr Nachmittag am stärksten, von 11 Uhr Abend bis 7 Uhr früh am schwächsten gewesen sei, nämlich

7<sup>h</sup> früh—3<sup>h</sup> Nachm. = 4837,5 Mill.3<sup>h</sup> Nachm.—11<sup>h</sup> Ab. = 4589,5 »11<sup>h</sup> Ab.—7<sup>h</sup> früh = 969,0 »

Diess gelte jedoch nicht für die ganze Vegetationszeit; vielmehr finde

<sup>1)</sup> Man vergl. hiermit noch die Tabellen auf p. 343 der HARTING'schen Arbeit, wo die grosse Periode auch für die Blattstiele von *Rheum Rhaoticum* und *palmatum* hervortritt.

<sup>2)</sup> Vergl. darüber mein Handbuch der Exp.-Physiol. p. 496.

das stärk  
bereits  
Saft von  
Grund m  
(l. c. p.  
in seiner  
Erklärung  
steigende

Gan  
zum Wa  
zu referi  
„Die W  
anderen  
wo in f  
Zuwachs  
dass die  
7 Uhr fr  
mittlerer  
bis 11  
und das  
der Tem  
Unwesen  
Kürze ei  
Formel  
und der  
noch nic  
tenswert  
dividirt  
getheilt  
für je ei  
und Jun  
Wachsth  
Hopfen  
der Tem  
fort, die  
thum d  
wissen,  
Tage, c  
peratur

<sup>4)</sup> W  
thums in



das stärkste Wachsthum um so später am Tage statt, je länger der Stengel bereits geworden ist und, wie er hinzufügt, einen je längeren Weg der Saft von der Wurzel bis zum Gipfel zurückzulegen habe, wofür irgend ein Grund mir in diesem Falle nicht einleuchten will; übrigens hat schon CASPARY (l. c. p. 165) mit Recht darauf hingewiesen, dass diese Folgerung HARTING's in seinen eigenen Tabellen keine allgemeine Bestätigung findet, die richtige Erklärung dürfte vielmehr darin liegen, dass nach dem 7. Juni die absteigende Phase der grossen Periode beginnt.

Ganz besondere Sorgfalt hat HARTING auf die Beziehung der Temperatur zum Wachsthum verwendet; es lohnt, darüber einigermaassen ausführlich zu referiren, obgleich ich im Hauptresultat nicht mit ihm einverstanden bin. „Die Wirkung der Luftwärme, heisst es p. 318, übertrifft vorweg alle anderen messbaren Einflüsse“; er erläutert diess durch eine Tabelle (p. 349), wo in fünftägigen Mitteln die 8stündigen Mitteltemperaturen und mittleren Zuwachse des Sprosses No. 1 verzeichnet sind; man ersieht aus derselben, dass die grössten Zuwachse vom 1. Mai bis 9. Juni in die Zeiträume von 7 Uhr früh—3 Uhr Nachmittag fallen, wo auch die Temperatur den höchsten mittleren Stand behauptet; dass das Wachsthum von 3 Uhr Nachmittag bis 11 Uhr Abend entsprechend der geringeren Mitteltemperatur abnimmt und dass es von 11 Uhr Abend bis 7 Uhr früh mit dem tiefsten Stande der Temperatur übereinstimmend am geringsten ist. — Indem ich manches Unwesentliche und Unzutreffende des Textes übergehe, versuche ich, in Kürze eine Vorstellung davon zu geben, wie HARTING zu seiner bekannten Formel gelangt, durch welche das Wachsthum als Function der Temperatur und der grossen Periode ausgedrückt werden soll; ist die Formel auch noch nicht befriedigend, so ist der Versuch, eine solche zu finden, beachtenswerth. Die Summe des Gesamtwachsthums der drei Hopfenstengel, dividirt durch 3, giebt das mittlere Wachsthum eines derselben, dieses getheilt durch die mittlere Temperatur eines Tages, giebt das Wachsthum für je einen Grad, während dieses Tages; so ist diess dargestellt für Mai und Juni auf seiner Tabelle A; diese zeigt, dass bis zum 7. Juni das Wachsthum für je einen Grad zunimmt; er berechnet, wie gross für den Hopfen diese tägliche Beschleunigung des Wachsthums für einen Grad C. der Temperatur ist<sup>1)</sup>, nämlich = 0,1337 Mill. „Setzt man nun, fährt er fort, die bekannte Lufttemperatur eines gegebenen Tages =  $t$ , das Wachsthum derselben Pflanze an demselben Tage =  $a$  und verlangt man zu wissen, wieviel das wahrscheinliche Wachsthum  $A$  betragen wird an einem Tage, der um  $d$  Tage von dem ersten entfernt ist und dessen Mitteltemperatur =  $t'$  ist, so hat man  $A = t' \left( \frac{a}{t} + dr \right)$ , worin  $r$  die Grösse dar-

<sup>1)</sup> Wir könnten diess auch als die tägliche Steigung der grossen Curve des Wachsthums in der ersten Phase bezeichnen.



stellt, welche die tägliche Beschleunigung des Wachstums vergegenwärtigt, d. h. für unsere Pflanze 0,1337 Mill. — „Man weiss z. B., dass am 5. Mai die mittlere Temperatur 15,7°, das Wachstum der drei Stengel zusammen 109 Mill. d. h. 36,3 Mill. für jeden ist, dann wird das wahrscheinliche Wachstum am 26. Mai (also 21 Tage später), wo die Mitteltemperatur 18,1° ist, betragen  $\left(\frac{36,3}{15,7} + 21 \times 0,1337\right) \times 18,1 = 94,46$  Mill. für jeden Stengel oder 283,38 Mill. für alle drei zusammen; an diesem Tage aber war das Wachstum wirklich 301,5 Mill., also 18 Mill. mehr, was er auf die übrigen Umstände schiebt, die am 26. günstiger als am 5. Mai waren.

Es ist wesentlich, zu wissen, wie der Werth  $r$  hier gewonnen ist; die durch die täglichen Mitteltemperaturen dividirten Zuwächse bilden nach HARTING eine versteckte arithmetische Reihe; indem er z. B. vom 7. Glied derselben das erste abzieht, bekommt er die 6fache Differenz der Reihe; z. B. für den Zeitraum 1. bis 6. Mai beträgt das Wachstum dividirt durch die Temperatur 2,184 Mill.; — für den Zeitraum 31. Mai bis 3. Juni beträgt es ebenso 5,982 Mill.; letzter Werth ist das 7. Glied der Reihe; daher hat man  $\frac{5,982 - 2,184}{6} = 0,633$ , d. h. für jeden Tag  $\frac{0,633}{5} = 0,1266$ . — Die mehrfach wiederholte Berechnung ergiebt nun Werthe für  $r$ , welche zwischen 0,0925 bis 0,1854 schwanken, das Mittel aus allen ist 0,1337 Mill. =  $r$ .

In seiner Tafel A. sind nun die Werthe  $\frac{z}{t}$  (Zuwachs durch die Temp. dividirt), wie sie die Beobachtung ergiebt und die nach der Formel berechneten Zuwächse neben einander gestellt; im Allgemeinen stimmen sie ziemlich überein, doch kommen auch nicht selten beträchtliche Abweichungen vor; die berechneten Werthe sind bald zu klein, bald zu gross; am 3. Juni z. B. beträgt die Differenz beider  $\frac{1}{7}$  des direct beobachteten Werthes, am 15. Juni sogar  $\frac{1}{2}$  desselben; überhaupt ist die Uebereinstimmung nach dem 7. Juni, wo die absteigende Phase der grossen Curve eintritt, gering, offenbar, weil der absteigende Schenkel der grossen Curve anders geformt ist als der aufsteigende, nach welchem letzterem vorwiegend der Werth von  $r$  berechnet ist (vergl. jedoch l. c. p. 329).

Weiterhin (p. 330) wirft HARTING die Frage auf, ob das Maass der Beschleunigung ( $r$ ) auch für die ersten und letzten Zeiträume des Wachstums gelte; er zeigt, dass diess unmöglich ist, da die Berechnung des Anfanges und Endes des Wachstums ganz andere Zeiten ergiebt, als die beobachteten. Wahrscheinlich würden weitere Beobachtungen lehren, dass die Zunahme des Wachstums nicht so einfach ist, als angenommen wurde, und dass auch die Beschleunigung selbst mit raschem Wachstum zunimmt;



jedenfalls müsse man den Werth von  $r$  selbst als einen veränderlichen betrachten.

Ganz abgesehen von manchen anderen Schwierigkeiten, die sich bei weiterer Verfolgung des von HARTING eingeschlagenen Weges finden würden, möchte ich hier nur darauf aufmerksam machen, dass man statt der beobachteten Temperaturen  $t$ , nothwendig die Werthe  $t - t_0$  benutzen müsste, wenn man unter  $t_0$  die niedrigste spezifische Wachstumstemperatur einer Pflanze versteht; bei dem Hopfen liegt diese nur wenig über dem Gefrierpunkt, daher konnte HARTING auch ohne Beachtung der damals noch unbekannten Thatsache, dass die niedrigsten Wachstumstemperaturen oft hoch über dem Eispunkt liegen, mittels seiner Formel Werthe finden, die von den beobachteten nicht gerade abschreckend verschieden waren.

Während HARTING die Frage nach der spezifischen Nulltemperatur des Wachstums nicht berührt, legt er sich dagegen die Frage vor, ob die Beschleunigung des Wachstums immerfort mit der steigenden Temperatur zunehme, oder ob es dafür eine Grenze giebt, also einen Punkt, den wir jetzt gewöhnlich als das Optimum der Temperatur bezeichnen. Aus seinen Beobachtungen vom 7.—11. Juni schliesst er, dass für den Hopfen diese Grenze bei  $20^{\circ}$  C. liege, was gewiss zu niedrig ist. Selbstverständlich müsste bei Aufstellung einer der HARTING'schen ähnlichen Formel auch darauf Rücksicht genommen werden, dass über einen gewissen Punkt hinaus (über dem Optimum), die Temperaturerhöhung retardirend wirkt. Gerade diese Andeutungen zeigen nun, wie äusserst complicirt die Beziehungen von Wachstum und Temperatur sind und wie gering bis jetzt die Hoffnung ist, diese durch eine mathematische Formel auszudrücken.

In Bezug auf die übrigen Umstände, welche das Wachstum von HARTING's Pflanzen mit bestimmten, beschränke ich mich darauf, seine am Schluss mitgetheilten Thesen anzuführen, nämlich:

„Die Temperatur der Wurzel übt keinen merklichen Einfluss auf das Wachstum des Stengels aus.“ — „Wahrscheinlich ist eine trockene Luft im Allgemeinen für das Wachstum günstiger als eine sehr feuchte Luft (der oft wiederholte Lieblingsirrtum HARTING's, der bereits oben angedeutet wurde). Es scheint jedoch, dass ebensowohl eine sehr trockene als eine sehr feuchte Luft nachtheilig auf das Wachstum einwirken.“ — „Stärkerer Luftdruck scheint im Allgemeinen einen günstigen Einfluss auf das Wachstum zu äussern“ (was ich aus seinen Beobachtungen denn doch nicht folgern möchte). — „Ueber den Einfluss von Wind oder ruhiger Luft lassen sich aus den Beobachtungen keine einigermaassen sicheren Schlüsse ziehen.“ — „Regen, wenn er einigermaassen stark ist, verlangsamt immer das Wachstum des Hopfens“ (auch Regen bei gleicher Temperatur wie vor und nachher in trockener Luft?).

W. H. DE VRIESE beobachtete vom 10. Juni bis 1. Septbr. 1847 das Wachstum eines Blütenstammes von *Agave americana*, der sich im



Universitätsgarten zu Leyden entwickelte. Die sämtlichen Messungen von Anfang an sind mitgeteilt in den *Annales de l'agriculture et de botanique de Gand* 1848, die in meine Hände zu bekommen, ich vergeblich bemüht war; die seit dem 9. August gemachten Beobachtungen an demselben Exemplar, die das für uns Interessanteste enthalten, sind mit den Schlussfolgerungen DE VRIESE's in dem *Nederlandsch kruidkundig Archief* (uitgegev. door DE VRIESE, DOZY en MOLKENBOOR Th. II. 2. Stück 1850) abgedruckt, die ich gleich den oben genannten niederländischen Zeitschriften aus der Königl. Hof- und Staatsbibliothek in München zur Benutzung erhielt.

DE VRIESE hebt zunächst hervor, das Wachstum sei anfangs stärker als später gewesen, ohne dass man diess äusseren Umständen zuschreiben könne; es ist diess offenbar unsere von ihm unvollständig wahrgenommene grosse Wachstumsperiode, deren absteigende Phase in der mir vorliegenden Tabelle vom 9. August bis 1. Septbr. sehr deutlich erkennbar ist. — Das Wachstum vollzog sich anfangs vorwiegend, später ausschliesslich in den Theilen nahe unter dem Gipfel, die unteren Internodien wuchsen später nicht mehr; die stärkste Verlängerung trat vor dem Austreiben der Aeste ein. —

Vor dem 10. August war das Tageswachstum meist stärker als das der Nacht; es sei kein Zweifel, dass diess der höheren Temperatur des Tages zuzuschreiben sei, Wachstum und Wärme hielten gleichen Schritt; in der Zeit des starken Wachstums haben die Nachtzuwachse die der Tage nur wenige Male nennenswerth übertroffen, was er (für den 21., 29. und 31. Juli) z. Th. der Temperatur zuschreibt. Bei CASPARY, (*Flora* 1856 p. 166), der die zuerst genannte Abhandlung citirt, finde ich noch die Mittheilung: „der Schaft wächst im Mittel vom 21. Juni bis 8. August zur wärmsten Tageszeit zwischen 12 und 3 Uhr am meisten, gegen Abend nimmt das Wachstum allmählig ab; von Morgen gegen Mittag steigt es jedoch nur an einzelnen Tagen gleichmässiger an und erleidet im Mittel eine Verminderung zwischen 9 und 12 Uhr, welche durch individuelle (?) Verdunstungsverhältnisse verursacht ist.“

Die mir vorliegende Tabelle vom 9. August bis 1. Septbr. zeigt nun die merkwürdige Erscheinung, dass das Wachstum dieses Blütenstammes an 5 Tagen Vormittags von 6 Uhr früh bis 12 Uhr Mittags ganz still stand, an zwölf Tagen trat in derselben Tageszeit sogar eine namhafte Verkürzung ein, und nur an zwei Tagen fand Vormittag ein geringer Zuwachs statt. — Den Schlüssel zur Erklärung dieses Verhaltens dürfte die von DE VRIESE nur nebenbei und zuletzt erwähnte Thatsache liefern, dass die beobachtete Pflanze keine Wurzel besass; „die Aufsaugung von Wasser, sagt er, geschah durch die poröse todte Masse, welche die noch lebenden Theile des Wurzelstocks bedeckte.“ Der wachsende Stamm nahm nothwendig die Nahrungsstoffe aus den dicken fleischigen Blättern, wahrscheinlich aber auch

das Wa  
in der  
Zwiebe  
und un  
aber in  
konnte  
nicht m  
lieferte  
Zellen  
unzure  
nehmen  
nehm  
gewinn  
am 19  
(betroc  
minder  
stützt  
Gipfel  
trat an  
Gipfel  
kam, d  
einwir  
stiger  
aufgew  
mange  
keit, d  
immer  
war;  
Erwär  
Stamm  
der Tr  
D  
über  
und d  
wegen  
um m  
zontal  
diese  
merkt  
stärks  
nur d



das Wasser aus diesen auf, ähnlich wie die austreibenden Laubblätter einer in der Luft aufgehängten Küchenzwiebel Nahrung und Wasser aus den Zwiebelschalen allein erhalten. Solange der Stamm noch nicht sehr lang und umfangreich war, mochte die Zufuhr aus den Blättern genügen, als er aber immer länger wurde und sogar die Aeste auszuwachsen begannen, konnten die schon zum Theil erschöpften Blätter dem Bedürfniss des Stammes nicht mehr vollkommen genügen; das Wasser, welches sie dem Stamme lieferten, reichte wohl hin, soweit es das Wachsthum, die Ausdehnung der Zellen betraf; den Transpirationsverlust am Vormittag zu decken war es unzureichend; da musste die Turgescenz des wachsenden Stammes abnehmen und diess konnte sich dadurch geltend machen, dass keine wahrnehmbare Verlängerung oder gradezu Verkürzung eintrat. Diese Erklärung gewinnt an Wahrscheinlichkeit, wenn man in der Tabelle bemerkt, dass am 19. August wo es regnete, und am 22. August, wo der Himmel trüb (betrocken) war, auch ein geringer Zuwachs am Vormittag eintrat. Verminderung des Turgors durch die Verdunstung mochte auch dadurch unterstützt werden, dass das Wasser aus den Blättern bis zum wachsenden Gipfel in der letzten Zeit einen beträchtlich langen Weg zurückzulegen hatte; trat am Vormittag bei hellem, trockenem Wetter Verdunstung an den Gipfeltheilen ein, so konnte der Ersatz nicht sofort erfolgen. Zu dem Allen kam, dass das Licht an sich auf das Wachsthum des Stammes retardirend einwirkte; solange an dem noch kürzeren Stamm die Wasserzufuhr günstiger war, konnte diese durch die beschleunigende Wirkung der Temperatur aufgewogen werden, nicht mehr aber später, wo der Stamm an Wassermangel litt. — Gegen diese Erklärung erhebt sich nur die eine Schwierigkeit, dass das Wachsthum an den Nachmittagen (12 Mittag bis 6 Abend) immer noch ein ziemlich bedeutendes, wenn auch kleiner als in den Nächten war; man darf aber vielleicht annehmen, dass die langsam eintretende Erwärmung der Blattmasse dazu beitrug, das Wasser rascher in den Stamm hinaufgelangen zu lassen, während in den Nächten die Sistirung der Transpiration den Stamm vor Wassermangel schützte.

Die ausführlichste Arbeit, welche bisher erschien, ist die von CASPARY: über die tägliche Periode des Wachstums des Blattes der *Victoria regia* und des Pflanzenwachstums überhaupt<sup>1)</sup> (1856). Er wählte dieses Object wegen seines raschen Wachstums, da das Blatt an einem Tage im Maximum um mehr als einen Fuss im Durchmesser zunimmt, und weil seine horizontale, auf dem Wasser flach ausgebreitete Lage die Messung begünstigt; diese günstige Lage tritt allerdings erst spät ein, und da, wie CASPARY bemerkt (p. 169), das Wachsthum am Tage der Ausbreitung des Blattes am stärksten ist, in den folgenden Tagen abnimmt, so betreffen seine Messungen nur die letzte Phase der grossen Wachstumsperiode, deren Existenz CAS-

<sup>1)</sup> CASPARY in Flora 1856 p. 443—474.



PARY völlig entgangen ist. Aber grade in dieser Zeit des Wachstums ist gewöhnlich der Einfluss äusserer Agentien, wie meine eigenen und andere Beobachtungen zeigen, schwerer zu erkennen als unmittelbar vor, während und nach dem Eintritt des Maximums der grossen Periode und diesem Umstand ist es wohl vorwiegend zuzuschreiben, dass CASPARY'S mit eisernem Fleiss und enormer Ausdauer Monate lang Tag und Nacht fortgesetzte stündliche Beobachtungen (1854 und 1855) nicht so reich an brauchbaren Resultaten sind, als sie es unter anderen Umständen sein würden.

Da übrigens CASPARY'S sehr ausgedehnte Arbeit Jedem leicht zugänglich ist, so beschränke ich mich darauf, die am Schluss von ihm selbst zusammengestellten Resultate, soweit sie unsere Aufgabe unmittelbar betreffen, anzuführen und der nöthigen Kritik zu unterziehen. Ich beginne mit seinem 3. Satz: „das Blatt wächst Tag und Nacht ohne Unterbrechung fort, jedoch nicht regelmässig. Auf sehr starkes Wachstum folgt meist geringes und auf geringes oft starkes“; er fügt hinzu „diese Ungleichheit des Wachstums ist bei allen anderen untersuchten Pflanzen auch bemerkt worden“ — es ist die oben unter I. als stossweise Aenderung des Wachstums bereits charakterisirte Erscheinung.

4) „Trotz der Unregelmässigkeit lässt sich eine tägliche Periode doch deutlich erkennen. Das Wachstum ist kurz nach Mittag zwischen 12 und 1 Uhr am stärksten, erreicht später am Nachmittag ein Minimum, steigt wieder in der Nacht zu einem zweiten geringeren Höhepunkt kurz nach Mitternacht zwischen 12 und 1 Uhr an, sinkt zu einem zweiten Minimum des Morgens hinab und steigt dann wieder gegen Mittag. Die Tagesperiode hat also zwei Maxima, ein grosses bei Tag und ein kleines bei Nacht, und zwei Minima, von denen das eine auf den Morgen, das andere (das kleine) auf den Nachmittag fällt.“ — Um dem in meiner Abhandlung verfolgten Gedankengange treu zu bleiben, lasse ich sogleich CASPARY'S 11., 12., 13. Satz folgen:

11) „Die tägliche Periode des Lichts hat keinen nachweisbaren Einfluss auf die Periode des Wachstums des Blattes, denn durch künstliche Veränderung der täglichen Periode der Wärme kann es bewirkt werden, dass das Blatt bei Tage zur Mittagszeit, wenn das Licht am stärksten ist, am wenigsten wächst<sup>1)</sup>, und dass das Maximum des Wachstums auf jede beliebige Stunde der Nacht, zur Zeit gänzlicher Finsterniss fällt. Das Licht bewirkt keine Ausdehnung der Zellen, sondern Stoffwechsel in ihnen.“

12) „Das grosse Maximum der Periode des Wachstums des Blattes hängt vom Maximum der Periode der Wärme, hauptsächlich der des Wassers

<sup>1)</sup> In diesem Satze stecken zwei Fehler; erstens ein logischer, insofern es unlogisch ist, zu sagen, das Licht habe keinen Einfluss auf das Wachstum, weil ein anderes Agens des Wachstums beeinflusst, und zweitens enthält der Satz implicite die sehr zweifelhafte Annahme, als ob das Licht das Wachstum unmittelbar begünstigen müsse.



ab. Durch Heizung kann es bewirkt werden, dass das Blatt zu jeder beliebigen Tages- und Nachtstunde am stärksten wächst. Die Wärme wirkt unmittelbar auf die Ausdehnung der Zellen, nicht mittelbar durch Erzeugung von Verdunstung.“

13) „Die Erhebung des Wachstums bei Nacht kann jedoch weder aus der Periode der Wärme, noch aus der eines anderen Agens abgeleitet werden und seine Ursache ist im Leben der Pflanze selbst zu suchen.“

Um mir nun zunächst ein eigenes Urtheil über die Ergebnisse von CASPARY's Beobachtungen zu ermöglichen, habe ich, wenn auch nicht alle, doch die wichtigeren Tabellen seiner Abhandlung auf Coordinaten übertragen.

Was zunächst die beliebige Veränderung der Tagesperiode des Wachstums durch Heizung des Wassers zu verschiedenen Zeiten betrifft, so kann ich einen recht strengen Beweis dafür in den Tabellen VIII., IX., X., XI. nicht finden, mehrfach kommt es vor, dass grade bei höherer Temperatur des Wassers und der Luft das Wachstum geringer ist und ferner dass einem Fallen der Temperaturcurve ein gleichzeitiges Steigen der Wachstumscurve und umgekehrt entspricht; die Schwierigkeit, eine so grosse Wassermasse gleichmässig zu erwärmen und abzukühlen mag hier eine wie scheint unbeachtete Fehlerquelle sein. Indessen würde ich nach allen sonst bekannten Thatsachen ohnehin nicht zweifeln, dass bei hinreichend starken Temperaturschwankungen die Wachstumscurve der Wärmecurve folgt. In sofern bin ich also, trotz CASPARY's mangelhaftem Beweise, mit seinem Satze einverstanden.

Versucht man es nun ferner, die tägliche Periode des Wachstums aus den stündlichen Beobachtungen in der graphischen Darstellung zu erkennen, so gelingt es kaum, etwas zu erkennen, was den Angaben in CASPARY's Satz 4. entspricht; ich finde vielmehr ein äusserst unruhiges Auf- und Abschwanken der Zuwachscurven, die ich nach seiner Tabelle III. entworfen habe; diese unregelmässigen Zacken der Curve zeigen keine oder doch nur gelegentliche Beziehung zum Verlauf der Temperaturcurve. Die im Satz 4. beschriebene Tagesperiode kann ich in CASPARY's eigenen Beobachtungen also nicht bestätigt finden.

Hat man jedoch die Zuwachscurven vor sich, und zieht man von einer der tiefsten Einbuchtungen derselben am Abend eine grade Linie zu einer der höchsten Ausbuchtungen am Morgen oder Vormittag, und von hier wieder zu einer abendlichen Einbuchtung, so erkennt man, trotz der zwischenliegenden Zacken, eine einfache Tagesperiode der Art, dass das Wachstum vom Abend bis zum Vormittag unregelmässig steigt, von da bis zum Abend ebenso sprungweise fällt, also im Ganzen etwas Aehnliches, wie es in unseren Tafeln V., VI., VII. ausgedrückt ist. Ohne Weiteres aber tritt diese Aehnlichkeit hervor, wenn man CASPARY's Tabelle VII. (p. 435) als Curve verzeichnet; diese zeigt ganz einfache Schwingungen der Art, dass eine höchste Erhebung auf den Mittag, eine tiefste Senkung auf Mitternacht



fällt; da es sich hier aber um 6stündige Mittel handelt, so darf man auf die Stunde des Maximums und Minimums nicht allzuviel Gewicht legen; bei dreistündigen Mitteln würden diese Zeiten sich gewiss anders herausstellen, genug dass wir so eine einfache Wachstumscurve bekommen, deren Gang dem der von mir gefundenen weit mehr entspricht, als die Angaben in Satz 4., völlige Uebereinstimmung ist ja bei den Bedingungen unter denen CASPARY beobachtete, ohnehin nicht zu erwarten.

Was endlich den Einfluss des Lichts auf die tägliche Periode betrifft, so ist zunächst nochmals auf meine Anmerkung zu CASPARY's Satz 11. hingewiesen. Den gertügten logischen Fehler beiseite gesetzt, kann es sich fragen, ob das Licht auf das Wachstum des Blattes der *Victoria* beschleunigend oder verzögernd einwirkt, da es Blätter giebt, die im Finstern kleiner bleiben, andere die im Finstern wenigstens länger werden als im Licht. Aber auch angenommen, dass ein Blatt in dauernder Finsterniss kleiner bleibt als im Licht, ist doch denkbar, dass es bei dem Wechsel von Tag und Nacht durch das Licht jedesmal retardirt, durch die temporäre Dunkelheit im Wachstum beschleunigt wird; für letzteres spricht sogar der Umstand, dass das Wachstum des *Victoriablattes* Nachts wirklich eine, wenn auch höchst unregelmässige, sprungweise Hebung erkennen lässt, wie CASPARY (Satz 13) selbst angiebt.

Wenn ich nach dem Allen in CASPARY's Angaben auch keineswegs eine Bestätigung und Stütze meiner eigenen Resultate finden möchte (einer solchen bedürfen sie, wie ich glaube, nicht), so zeigt sich doch, dass seine Resultate durch meine Untersuchungen einer anderen, als der von ihm selbst gegebenen Deutung fähig sind.

Hervorzuheben ist noch, dass CASPARY der Luftfeuchtigkeit und der Transpiration keinen Einfluss auf das Wachstum des *Victoriablattes* zuschreibt, was unter den obwaltenden Bedingungen wohl gewiss zu erwarten ist; auch der wechselnde Barometerstand habe keine nachweisbare Bedeutung für das Wachstum.

A. WEISS<sup>1)</sup> wurde im Frühjahr 1864 durch die Entwicklung eines Blüthenschafes von *Agave Jacquiniiana* SCHULT (*A. lurida* Jacq.) in Lemberg veranlasst, Längenmessungen (mittels „eines Zeigerapparates der einfachsten Form“) zu machen, die er täglich dreimal, 6 Uhr Morgens, 12 Mittags, 4 Abends vornahm; zu denselben Zeiten wurde auch die Temperatur beobachtet, die Luftfeuchtigkeit täglich nur einmal bestimmt.

Bezüglich der grossen Periode sagt er; „Entgegen früheren Angaben“ war bei unserer *Agave* die grösste Längenentwicklung des Schafes durchaus nicht im Anfang seines Emporsteigens; vielmehr war dasselbe während

1) WEISS in KARSTEN's botanischen Untersuchungen Heft II. 1866 p. 129.

2) WEISS citirt jedoch nur DE VRIESE und MARTIUS' Beiträge zur Natur- und Literaturgeschichte der Agaven. München 1855.



der ersten Wochen ein nur geringes im Verhältniss zu dem raschen Aufschliessen der letzten Wochen vor der Entfaltung der ersten Blüthen (was übrigens auch DE VRIESE bereits angiebt); indess mag die erhöhte Temperatur im Mai viel dabei mitgewirkt haben — das Wesen der grossen Periode hat er demnach nicht erkannt.

Von den am Schluss gemachten Betrachtungen führe ich nur folgende an: „das Längenwachsthum des Schaftes sei in erster Linie von der Temperatur abhängig, und steige und falle mit derselben“; dieser Satz stimmt nun aber keineswegs mit der Tabelle überein, und die danach entworfenen Curven zeigen nur sehr lockere Beziehungen zu einander. WEISS sagt freilich (p. 186): „Speciellere Beobachtungen (die aber nirgends mitgetheilt sind) haben gezeigt, dass etwa 3—4 Stunden vergehen, bis sich die Einwirkung von raschen Temperaturwechseln zu manifestiren beginnt und diess erkläre es auch, warum oft, z. B. an relativ heissen Vormittagen das Wachsthum ein geringes war, wenn etwa die vorhergehende Nacht kalt gewesen. Ich finde auch für Letzteres in der Tabelle keine Bestätigung und an sich ist der aufgestellte Satz sicherlich unrichtig<sup>1)</sup>; wie soll man sich vorstellen, dass eine vorübergehende Temperaturschwankung erst 3—4 Stunden nachher am Wachsthum bemerklich werde? zu einer Zeit, wo die Pflanze bereits wieder einer anderen Lufttemperatur ausgesetzt ist und diese in sich aufzunehmen beginnt; alle anderen mir bekannten Beobachtungen, die in dieser Beziehung einen Schluss gestatten, zeigen nichts Derartiges, und WEISS widerlegt sich selbst, wenn er am Schlusse sagt, das Längenwachsthum sei in den Nachmittagsstunden (12 Mittag bis 10 Abends) am kleinsten, steige im Laufe der Nacht (10 Abends bis 6 früh) und sei in den Morgenstunden am grössten, am Schluss werden indessen 6 mehrtägige Perioden des Wachsthum unterschieden, wo dasselbe Nachts, dann Nachmittags, dann am Morgen, dann wieder Nachts, Morgens, Nachts vorwiegend war, denn dann müsste nach seiner Temperaturtabelle der Verlauf des Wachsthum ein wesentlich anderer sein.

Von besonderem Interesse ist es, in der Tabelle von WEISS eine ähnliche Erscheinung, wie die bereits von DE VRIESE beobachtete, wiederzufinden, den Stillstand des Wachsthum am Vormittag; WEISS hebt ausdrücklich hervor, dass diess nur am Vormittag stattfand, in diesem Fall ist mir seine Tabelle unverständlich, da ich dort das betreffende Zeichen (ein Strich —) auch am Nachmittag finde. Die Ursache findet er in den vorhergehenden kalten Nächten<sup>2)</sup>, was ich gelten lasse, jedoch nicht aus dem von ihm an-

<sup>1)</sup> Etwas ganz anderes ist es, zu behaupten, dass rasch vorübergehende Temperaturschwankungen keinen genau angegebenen Effect auf das Wachsthum üben, als zu sagen, dass dieser Effect erst nach 3—4 Stunden eintrete.

<sup>2)</sup> Erst hierbei erfährt man, dass die Temperatur in den Nächten nicht selten auf 50 R. hinabsank; die tiefste in der Tabelle verzeichnete Temp. ist aber 8°; die angegebenen Temperaturen um 6 Uhr fr. scheinen also nicht die Minima zu sein.



gegebenen Grunde, dass die Temperaturwirkung immer erst 3—4 Stunden später auftritt, sondern weil ich glaube, dass die nächtliche Abkühlung des Bodens die Wurzeln unthätig machte, den Wasserzufluss in den wachsenden Stamm hinderte und so das Wachstum unmöglich machte; dazu kam noch die retardirende Einwirkung des Lichts am Vormittag; nach Mittag konnte der neuerdings erwärmte Boden die Wurzeln zu neuer Wasseraufnahme befähigen und zugleich wurde die retardirende Lichtwirkung durch die höhere Mitteltemperatur des Nachmittags überwogen.<sup>1)</sup>

Die übrigen Folgerungen können wir übergehen, da sie Beziehungen äusserer Agentien zum Wachstum nicht sicherstellen.

Die neueste hier zu berücksichtigende Arbeit ist endlich die von RAUWENHOFF<sup>2)</sup> (1867), der 1860 den Blütenstamm von *Dasylirium acrotrichum*, 1866 vom Juni bis October *Bryonia dioica*, *Wisteria chinensis*, *Vitis orientalis*, *Cucurbita Pepo*, täglich dreimal, 6 Uhr Morgens, 12 Mittag, 6 Abends beobachtete, und zwar im Freien mit gleichzeitiger Notirung der Temperatur und des Wetters. — RAUWENHOFF vergleicht zunächst die Gesamttzuwächse des Tags und der Nacht und findet folgende Zahlen: Es betrug in Procenten des Gesamtwachstums ausgedrückt

bei	das Wachstum	
	Tags	Nachts
<i>Bryonia</i>	59,0 %	41,0 %
<i>Wisteria</i>	57,8 %	42,2
<i>Vitis</i>	55,1	44,9
<i>Cucurbita A</i>	56,7	43,3
<i>Cucurbita B</i>	57,2	42,8
<i>Dasylirium</i>	55,3	44,7

Die Uebereinstimmung dieser Zahlen ist in der That auffallend und unerwartet bei so verschiedenen Pflanzen.

Vergleicht man jedoch kürzere Zeiträume, so finden sich solche, wo das nächtliche Wachstum überwiegend war; RAUWENHOFF lässt zwar die Ursache dahingestellt sein, die Betrachtung seiner Temperatur- und Wettertabelle aber zeigt deutlich genug, dass in diesen Zeiträumen, die Nachttemperatur nur wenige Grade Fahrenheit unter der Tagestemperatur lag (oder selbst höher war); diess genügte also, den das Wachstum beschleunigenden Einfluss der Nachtdunkelheit (den R. übersieht) zur Geltung kommen zu lassen.

1) WEISS giebt nur die an den gen. Zeitpunkten beobachteten Temperaturen; zur Beurtheilung des Wachstums muss man aber die Mittel daraus nehmen, die an sich freilich bei den grossen Zeiträumen ziemlich unsicher sind.

2) Waarnemingen over den groei van den plantenstengel by dag en by nacht (Verslagen en mededeelingen der Koninkl. Akad. van wetenschappen, Afdeling Natuurkunde 2. Reeks Deel II. Amsterdam 1867.



Das Wachsthum am Vormittag (6 Morgens bis 12 Mittag) ist geringer als das Nachmittags (12 Mittag bis 6 Abends) und zwar in dem Verhältniss

bei Bryonia	von 1 : 0,86
Wisteria	„ 1 : 0,71
Vitis	„ 1 : 0,67
Cucurbita A	„ 1 : 0,79
Cucurbita B	„ 1 : 0,81.

Auch dieses Verhältniss kann sich jedoch in verschiedenen Zeiträumen ändern; so war z. B. bei Cucurbita anfangs das Wachsthum Vormittags stärker, um später Nachmittags zuzunehmen und zwar in folgendem Verhältniss

19. Juni — 1. Juli	wie 1 : 1,81
1. Juli — 10. Juli	„ 1 : 0,77
11. Juli — 15. Juli	„ 1 : 0,66
18. Juli — 31. Juli	„ 1 : 0,86
1. Aug. — 9. Sept.	„ 1 : 0,77
10. Sept. — 20. Octbr.	„ 1 : 0,71.

Die Existenz der grossen Wachstumsperiode für die ganze Vegetationszeit hat RAUWENHOFF richtig erkannt und gut charakterisirt: man finde in seinen Beobachtungen bestätigt, was schon andere gefunden, dass bei jeder Pflanze die Wachstumsintensität erst zunimmt, dann ein gewisses Maximum erreicht, und (mit grossen Fluctuationen) längere oder kürzere Zeit auf einer gewissen Höhe bleibt, um darauf mehr oder minder schnell bis zum Nullpunkt zu fallen.

„Vergleicht man die Temperaturangaben mit den Wachstumsge-  
schwindigkeiten, so sieht man in der Regel das Steigen und Fallen der  
Temperatur gepaart gehen mit dem Zu- und Abnehmen der Wachstums-  
intensität.“ Ich habe auch RAUWENHOFF's ausserordentlich zahlreiche An-  
gaben graphisch dargestellt und finde, in Uebereinstimmung mit seinem  
Satze, dass die Temperatur- und Wachstumscurven in dem Grade gleich-  
sinnig laufen, als es bei Beobachtungen im Freien überhaupt zu erwarten ist.

Zum Schluss nenne ich einfach diejenigen Publicationen, in denen zwar  
Wachsthumsmessungen mitgetheilt sind, die aber keine oder nur ganz un-  
genügende Temperaturangaben, oder Angaben über sonstige Wachstums-  
bedingungen enthalten; dergleichen Mittheilungen geben Räthsel auf, ohne  
etwas zur Lösung wissenschaftlicher Aufgaben beizutragen.

SEITZ, Ueber *Agave americana* (Verhandl. des Vereins zur Beförd. des Gartenbaues in den  
preuss. Staaten 1832 p. 57).

GRAEFFE, Ueber den Blütenstamm der *Littaea geminiflora* (Flora 1843 p. 36).

WALLICH's Schreiben an MARTIUS betreffend Messungen am Stamm von Bambusen (Flora  
1848 p. 540).

DUCHARTRE: Messungen an Blättern von *Colocasia antiquorum* (Ann. des sciences nat.  
T. XII. p. 270. — 1859).



CH. MARTINS, Beobachtungen über *Dasylium gracile* und *Phormium tenax* (mit Beachtung der grossen Periode (Floraison en pleine terre du *Dasylium gracile*, Montpellier 1866).

DUCHARTRE: Observations sur l'acor. de quelques pl. pendant le jour et pendant la nuit (in Comptes rendus de l'Acad. des sc. 1866 p. 820).

Würzburg, den 18. August 1871.

### Erklärung der Tafeln.

Die Construction und Bedeutung der Curven wird durch den Text und die zugehörigen Tabellen im Allgemeinen hinreichend verständlich sein; es erübrigt nur noch einige Bezeichnungen zu erklären.

Die Temperaturcurven sind überall durch unterbrochene Linien bezeichnet:  $t^0$  C. und  $t^0$  R. bedeutet dabei, dass die Temperatur nach der Celsius'schen, resp. Reaumur'schen Theilung des Thermometers gemessen ist:  $st^0$  bedeutet, dass die Curve nach den stündlichen Temperaturbeobachtungen am Tage construirt ist. — Die neben der Abscissenlinie links stehende Bezeichnung  $10^0$ ,  $12^0$  u. s. w. bedeutet, dass die Temperaturen in Zehntelgraden oberhalb dieses Grades über der Abscissenlinie verzeichnet sind.

Die Curve der grossen Periode des Wachsthumus ist auf Tafel I. für die grüne Pflanze durch eine einfache starke Linie *gr.*, *gr.*, für die etiolirte Pflanze durch die Doppellinie *et.*, *et* bezeichnet; auf Tafel II. bedeuten die Doppellinien die grossen Zuwachperioden.

Mit Ausnahme von Taf. I. sind die Curven der stündlichen, drei- oder mehrstündigen Zuwachse überall durch starke einfache Linien  $z$  bezeichnet; auf Tafel V., VI., VII. bedeutet  $stz$  die Curve der stündlichen,  $3z$  die der dreistündigen Zuwachse; die Doppellinien mit der Bezeichnung  $\frac{3z}{t-10}$  sind nach den Werthen der ebenso bezeichneten Columnen der betreffenden Tabellen construirt; der Ausdruck  $\frac{3z}{t-10}$  bedeutet, dass der dreistündige Zuwachs durch die zugehörige dreistündige Mitteltemperatur weniger  $10^0$  dividirt worden ist.