

DIE
GEWEBESPANNUNG DES STAMMES UND
IHRE FOLGEN.

HABILITATIONSSCHRIFT

VON

DR. GREGOR KRAUS.

HIERZU EINE TAFEL UND DREIZEHN TABELLEN.

HALLE 1867.

GEBAUER - SCHWETSCHKE'SCHE BUCHDRUCKEREI.

Bot.
9.
60.

Die vorliegende Arbeit hat zur Aufgabe, die Erscheinungen der Gewebespannung am Stamme höherer Pflanzen im Grossen zu erforschen. Sie betrachtet die Hauptrichtungen, nach welchen die verschiedenen Gewebe des Stammes und seiner Theile gespannt sind, die Intensität der Spannung, die Abhängigkeit derselben von inneren Lebensvorgängen und den äusseren physikalischen Kräften der Erde, und versucht endlich einige Andeutungen über die Leistungsfähigkeit der Spannkraft im Pflanzenkörper.

Als Ausgangspunkt für diese Untersuchungen mögen die bisher über Spannung veröffentlichten Arbeiten von Hofmeister und Sachs dienen, deren Hauptresultate wir hier, soweit sie die Spannungslehre des Stammes berühren, in Kürze ausheben wollen.

Vor 7 Jahren zeigte Hofmeister *) an einem Rebspross, dass die verschiedenen Gewebe desselben, wenn man sie der Länge nach isolirt, eine ganz verschiedene Grösse annehmen; dass z. B. die abgezogene Epidermis kürzer, das isolirte Mark länger wird, als die ursprüngliche Grösse des unversehrten Sprosses. Dieses einfache Experiment ist der Fundamentalversuch aller Gewebespannung.

Hofmeister knüpfte nämlich sofort an diese Erscheinung den Gedanken, dass die beim Isoliren sich verlängernden oder verkürzenden Gewebe selbstverständlich auch in ihrem natürlichen Verband in-

nerhalb des Sprosses das Streben nach einer solchen Dimensionsänderung haben müssen; dass also im genannten Beispiele die Epidermis bestrebt sein müsse, das Mark zusammenzudrücken, und umgekehrt das Mark, die Epidermis zu einer grösseren Länge zu dehnen; dass folglich im lebendigen Spross die beiden Gewebe sich gegenseitig straff halten, spannen müssen. Daher erhielt die ganze Erscheinung von ihm den Namen der *Gewebespannung*.

Ueber die eigentliche Ursache der Dimensionsänderungen isolirter Gewebe hat sich Hofmeister nicht näher ausgesprochen; er schreibt das Grösser- oder Kleinerwerden der Gewebe beim Isoliren einem „verschiedenen Ausdehnungsstreben“ derselben zu. Dagegen wies er die für die allgemeine Spannungslehre höchst wichtige Thatsache nach *), dass die Dimensionsänderungen der Gewebe hauptsächlich durch die Membran, nicht etwa durch endosmotische Spannung des Zellinhalts bewirkt werden, indem er zeigte, dass Gewebe mit geöffneten Zelllumen eine fast ebenso energische Ausdehnung oder Zusammenziehung machen, als solche, bei denen die Zellinhalte geschont sind.

Der einmal vorhandene Spannungszustand kann, wie Hofmeister weiter nachwies, unter verschiedenen Umständen durch äussere Kräfte eine Aenderung erleiden, welche ihrerseits die Ursache wichtiger Richtungsänderungen und Bewegungserscheinungen an den Pflanzentheilen werden. Als solche

*) Ueber die Biegung saftreicher Pflanzentheile durch Erschütterung. Ber. d. kgl. sächs. Ges. d. Wiss. 1859. S. 194.

*) a. a. O. S. 194—195. — Ueber die durch Schwerkraft bewirkten Richtungen von Pflanzentheilen. Ber. d. kgl. sächs. Ges. d. Wiss. 1860. S. 180.

Spannung ändernde Kräfte wies er nach, den verschiedenen *Wassergehalt* der Gewebe und als Folge desselben Bewegung an den Blattorganen*), die *Wärme* mit ihrem Einfluss auf das Öffnen der Blüthen**); insbesondere aber *Schwerkraft* und *mechanische Erschütterungen*. Er fand die merkwürdige Thatsache, dass heftig geschüttelte Sprosse sich krümmen, und als Ursache dieser Krümmung eine einseitig stärkere Erschlaffung der Rindengewebe („passiven Schichten“) des Sprosses, wodurch es der Marke („dem Schwellkörper“) möglich wird, auf der betreffenden Seite seinem stärkern Ausdehnungsstreben mehr zu folgen, und so eine Krümmung des Organs nach der entgegengesetzten Seite zu bewirken. Ausgehend von dieser Erscheinung, trug er dieselbe Erklärung auch auf die Krümmungen über, welche die Schwerkraft an nicht lothrecht gestellten Sprossen, oder das Licht an ungleich beleuchteten hervorbringt***).

Diese wichtigen Sätze, welche der geniale Gründer der Spannungslehre in seinen Arbeiten über Erschütterungserscheinungen, Schwerkraftskrümmungen, Reizbewegungen und den Saftfluss der Pflanzen †) je nach Bedürfniss geschaffen hat, wurden *vielfach erweitert und anders gefasst* zum ersten Male zu einem selbstständigen Bilde der Spannungslehre verschmolzen in der „*Experimentalphysiologie*“ von Sachs (S. 465 — 514).

Gleich Eingangs treten uns hier an einigen Beispielen der *Spannungszustand* eines *Internodiums* und *Sprosses* in sprechenden Zahlen entgegen; es wird gezeigt, „dass die Länge der Gewebe von der Oberfläche der Internodien nach der Achse hin zunimmt“; ferner, dass in den verschiedenen auf einander folgenden Internodien eines Sprosses eine Zunahme und Abnahme der Gesamtspannung stattfindet (S. 468 — 471).

Was aber der ganzen Abhandlung ihre durchsichtige Klarheit verleiht, ist, dass *die eigentliche Ursache der Gewebespannung in dem ungleichen Wachstum der verschiedenen, mit einander verbundenen Gewebe erkannt wird*. Damit wurde einmal die gesammte Gewebespannung, die, solange man sie auf ein „verschiedenes Ausdehnungsstreben

*) Flora 1862. S. 497 ff.

***) a. a. O. S. 516 ff.

****) Ueber die durch Schwerkraft bewirkten Richtungen u. s. w. S. 186.

†) Ueber Spannung, Ausflussmenge und Ausflussgeschwindigkeit von Säften lebender Pflanzen, Flora 1862. S. 97 ff.

der Gewebe“ zurückbezog, in ihren Ursachen dunkel und unbegreiflich war, *eine einfache Function der bekanntesten Eigenschaft aller Gewebe, des Wachstums* (S. 466 f., 509 f.).

Andererseits mussten aber auch alle *dauernden* Spannungsänderungen als *Aenderungen im Wachstum der Gewebe* aufgefasst werden. Die *Licht- und Schwerkraftskrümmungen* konnten nicht mehr als durch Aenderungen der Elasticität der Gewebe hervorgebracht angesehen werden, sie mussten *Wachstumserscheinungen* werden, und wurden von Sachs mit Bestimmtheit als solche nachgewiesen, indem er zeigte, dass die Gewebe der Unter- (Schatten-) Seite bei solchen Sprossen „*factisch länger sind, als die der Oberseite*“ (S. 509), und zugleich die Möglichkeit eines solch' ungleichen Wachstums auf die einfachste Weise erklärte.

Von diesen *dauernden* Spannungsänderungen, welche durch das Wachstum hervorgerufen werden, wurden überall gesondert gehalten die *vorübergehenden* Spannungsänderungen, wie sie die *äusseren Agentien* des Lichts, der Wärme, des Wassers u. s. w. bewirken. Der Antheil der letzteren, insbesondere des Wassers, an den *periodischen* Spannungsänderungen wurde S. 479 ff. mit Evidenz nachgewiesen.

Was aber noch wichtiger ist, es wurde hier, wie bereits früher*), gezeigt, dass Spannungsänderungen überhaupt nur innerhalb gewisser Licht-, Temperatur- u. s. w. Grade vorkommen, und dass über diese hinaus der bewegliche Zustand der Spannung aufhört: *Die allgemeinen physikalischen Kräfte wurden nicht allein als Factoren der Spannungsänderungen, sondern auch als Existenzbedingungen derselben im Allgemeinen nachgewiesen*. —

Professor Sachs ist es endlich auch, dem die vorliegende eingehendere Bearbeitung dieses jugendlichen und viel versprechenden Thema's der Physiologie ihre Entstehung verdankt; unter seiner Leitung und nach seinem freundlichen Rathe ist ein guter Theil der Arbeit (die Spannungserscheinungen am Spross und ihre Periodicität) entstanden; die übrigen Abschnitte sind, vielfach nach den bei ihm erhaltenen Anregungen, selbstständig ausgeführt worden. —

Die ganze folgende Untersuchung ist nur mit Hülfe des oben angeführten, vielfach nach Bedürf-

*) Ueber die vorübergehenden Starrezustände periodisch beweglicher und reizbarer Pflanzenorgane. Flora 1863. S. 449 ff.

niss modificirten, Hofmeister'schen Grundversuchs gemacht; mit dieser Methode, in welcher überall die *Gewebe*, wie sie sich der makroskopischen Betrachtung darbieten, als Operationseinheiten benutzt sind, sind von vornherein alle Fragen über die molecularen Vorgänge bei den Spannungszuständen, Spannungsänderungen u. s. w. ausgeschlossen. Eine Untersuchungsmethode, welche aus der Dimensionsänderung ganzer Gewebe beim Isoliren auf ihren Spannungszustand schliesst, kann ihrer Natur nach nur über folgende Dinge Aufschluss geben:

1. Ueber die *Art der Spannung*. Ist in einem Organe überhaupt Spannung vorhanden, so nehmen die Gewebe desselben beim Isoliren andere Dimensionen an, sie werden nach bestimmten Richtungen *) *grösser* oder *kleiner*. Ein Gewebe, das beim Isoliren kleiner wird, sich *verkürzt*, ist im verbundenen Zustande *gedehnt*, *passiv*, *negativ gespannt*; ein Gewebe, das grösser wird und sich *verlängert*, ist im Verbande *comprimirt*, *activ*, *positiv gespannt*.

2. Ueber die *Grösse der Spannung*. Die Spannungsintensität eines Gewebes ist offenbar proportional der Grösse der Dimensionsänderungen desselben beim Isoliren. Ein Gewebe ist um so stärker positiv oder negativ gespannt, je mehr es sich im Momente der Befreiung verlängert oder verkürzt. Die *Spannungsintensität eines Gewebes wird durch die Grösse der Dimensionsänderungen desselben gemessen*.

3. Ueber die *Richtung der Spannung*. Bisher wurde die Spannung fast ausschliesslich an *Sprossen* gemessen, und da in diesen die Gewebe fast nur in der *Längsrichtung*, d. h. der Internodialachse parallel gespannt sind, so konnte man am Stamme nicht wohl zur Kenntniss einer andern Spannungsrichtung gelangen **). Diese *Längsspannung*, so ausschliesslich sie auch *Sprossen* zukommt, und welch' bedeutende Rolle sie für das Leben derselben auch spielt, ist doch nur der geringste Theil der Spannung der Achsenorgane. Mit dem Aufhören des Längenwachstums der Sprosse schwindet nämlich dieselbe für immer aus dem Leben der Pflanze und an deren Stelle tritt an *Zweig*,

*) Die wichtige Frage, ob mit einer Verkürzung oder Verlängerung in der *einen* Richtung eine entgegengesetzte Dimensionsänderung in den übrigen Richtungen erfolge, ist hier nirgends zu entscheiden versucht worden, weil die etwaigen Dimensionsänderungen in den anderen Richtungen jedenfalls so geringe sind, dass sie ausserhalb die Grenzen unserer Messungsmethode fallen.

**) Die Andeutung einer andern Spannungsrichtung giebt Sachs, Exp. Phys. S. 471.

Ast und Stamm, mit dem Beginn des *Dickenwachstums*, eine Spannung der Gewebe in der Peripherie, die *Querspannung*. Die Gewebe, die bei der Längsspannung im Spross für einander zu kurz oder lang waren, werden mit der Querspannung für einander *im Umfang zu eng oder weit*. Der Umfang der Epidermis z. B. wird zu eng für die Rinde; der des Holzes zu weit für die Rinde u. s. w.

Diese drei Fragen nach der *Art*, *Grösse* und *Richtung* der Spannung durch Stamm und Stängel und alle Theile derselben zu verfolgen, ist unsere erste Aufgabe. Da, wie oben erwähnt, in der *Längs- und Querspannung* sich ein Gegensatz der Art geltend macht, dass beide einander fast ausschliessen, indem sich aus der Längsspannung des Sprosses die Querspannung des Stammes entwickelt, so können wir am bequemsten beide gesondert betrachten, jedesmal mit Berücksichtigung der Spannungsart und Intensität.

Als zweite Aufgabe tritt an uns heran, die *Ursachen* der Spannung zu finden, d. h. die Gründe, warum die Gewebe isolirt andere Dimensionen haben, als im natürlichen Verbande.

Die Dimensionsänderung beim Isoliren geschieht, wie bereits Sachs erwähnt (Exp. Phys. S. 468), *momentan*, im Augenblick der Befreiung; und sie ist, wie man sich leicht überzeugen kann, permanent. Man kann ein isolirtes Gewebe, das man auf Holzkrücken über feuchtem Sand unter einer Glocke vor Wasseraufnahme und -Abnahme bewahrt, Stunden und Tage lang, die im Momente der Isolirung angenommene Grösse beibehalten sehen. Eine solche Gestaltänderung ist nur dann begreiflich, wenn man annimmt, dass die beim Isoliren erhaltene Form die eigentliche, dem Gewebe vermöge des Wachstums seiner Zellen zukommende Gestalt ist, und dass die Form, welche es (und seine Zellen*) im natürlichen Verband hat, nur eine durch äussere (nicht in ihm liegende) Kräfte, den Zug oder Druck der Umgebung bewirkte künstliche ist.

Man muss also annehmen, dass die mit einander verbundenen Gewebe eines gespannten Pflanzentheiles eine verschiedene Wachstumsintensität besitzen, dass z. B. im Spross die Epidermis weniger in die Länge wächst als das Mark; dass im Stamm das Rindenparenchym träger im Umfange zunimmt als das Holz u. s. w. Die oben erwähnte

*) Man hat bisher allgemein die Gestalten der Zellen u. s. w. im *isolirten* Zustande als ihre *wirklichen* angenommen und beschrieben; dass dies nicht die Gestalt derselben im Verbande ist; geht aus den Untersuchungen über die Gewebespannung hervor.

Wahrnehmung, dass die Wachstums- und Spannungsrichtungen im Stamme gleichsinnig laufen, hätte auf diesen Gedanken leiten müssen, selbst wenn nicht bereits von Sachs die Spannung der Gewebe als eine Folge ihres ungleichen Wachstums angedeutet worden wäre (Exp. Phys. S. 466). Die Richtigkeit dieses Satzes wird durch directe Zellmessungen an den verschiedenen Geweben während der Aenderung der Spannungsintensität, im Spross z. B., unmittelbar gefunden. *Die Gewebespannung ist in der That eine Folge des ungleichen Wachstums der Gewebe (und ihrer Zellen)*; die Spannung entsteht, wenn die Gewebe eines Organs ungleich gross angelegt oder ausgebildet werden; sie ändert sich mit dem Wachstum der Organe, wächst, wo sich mit dem Wachstum die Ungleichheit der Gewebe vergrössert, nimmt ab und verschwindet, wenn in wachsenden Theilen die ursprüngliche ungleiche Grösse der Gewebe allmählich abnimmt oder sich ausgleicht. Wo dagegen die Gewebe in ihrer ursprünglichen Ungleichheit verharren, ist auch die Spannung und ihre Intensität permanent.

Aber, mag die *Spannungsintensität* durch das Wachstum der Organe langsam vor- und rückschreiten oder stehen bleiben, *in Ruhe befindet sich dieselbe nie*. Die allgemeinen Kräfte der Erde, Licht, Wärme, Wasser, Schwere u. s. w. erzeugen — und der Nachweis davon ist unsere weitere Aufgabe — fortwährend durch den ganzen Pflanzenkörper, so lange er lebt, einen *raschen*, ausserordentlich mannichfaltigen *Wechsel* der Spannungsintensität, welcher da, wo die Kräfte rhythmisch wiederkehren, zu *regelmässigen Oscillationen der Intensität*, zu einer *Periodicität* derselben führt. Das täglich wiederkehrende Licht erzeugt eine tägliche Periode, die jährliche Wärmeänderung eine jährliche Periode der Intensität. — Ganz unabhängig von diesen besitzt die Pflanze eine, bis jetzt unerklärliche, stetig auf- und abschwankende spontane Aenderung der Intensität, die darauf hinweist, dass hier, wie bei den beweglichen Blättern, „der Wechsel von Licht und Finsterniss nicht die Ursache der Periodicität ist, obgleich er das Zeitmaass derselben bestimmt“ (Sachs, Starrezustände a. a. O. S. 467); auch hier ist die Wirkung des Lichts und der Wärme nur eine „*inducirende*“, aber *für die Dauer* unentbehrliche, eine Existenzbedingung des beweglichen Zustandes der Spannung; die Ueberschreitung gewisser Maasse dieser Kräfte führt *Erstarrung* der Spannung herbei, in den Stämmen unserer Wald- und Obstbäume so gut, als in den Blattkissen der Mimose.

Der kundige Leser wird aus diesen gedrängten Inhaltsangaben bereits ersehen, dass durch die fol-

genden Untersuchungen die bisherigen Erfahrungen über den Spannungszustand und seine periodische Aenderung an den beweglichen Blättern u. s. w. einfache Theil- und Folgesätze aus der allgemeinen Spannungslehre des Stammes werden.

Ist schon von dieser Seite die Gewebespannung des Stammes von hohem Interesse, so ist sie es noch vielmehr für die Ernährungsphysiologie. Durch das einfache Mittel, die verschiedenen Gewebe eines Organs verschieden gross zu gestalten, macht sich die Pflanze Kräfte frei, die einen bedeutenden Druck*) zu äussern vermögen, und die ohne Zweifel fähig sind, die Translocation der Stoffe im Grossen auszuführen. Die Gesetze über die Vertheilung der Querspannung an Stengel und Stamm werfen ein neues Licht**) auf die Wanderung und Vertheilung der assimilirten Stoffe; sie machen verständlich, warum die Stoffe im Grossen und Ganzen bald nach dieser, bald nach jener Richtung strömen (Sachs, Exp. Phys. S. 376 ff.); warum z. B. im Frühling die Reservestoffe in den jungen Spross steigen, und im Sommer und Herbst aus dem erwachsenen zurückfliessen u. s. w. — sie beweisen, wenn irgend Etwas, die wunderbare Einfachheit der Mittel, mit denen in der Pflanze die complicirtesten Leistungen ausgeübt werden.

I. Die Längsspannung.

Wenn wir die neu angelegten, mit einer unbegrenzt thätigen Endknospe versehenen Stengel- oder Stammtheile, *so lange sie in Streckung begriffen sind*, Sprosse nennen, können wir kurz sagen: die Längsspannung ist nur den Sprossen eigen. Von der ersten Entwicklung des Internodiums in der Knospe an sind die Gewebe desselben von ungleicher Länge, füglich längsgespannt, und bleiben es, so lange das Längenwachstum des Internodiums dauert; mit dem Längenwachstum desselben hört auch seine Längsspannung auf.

Trennt man also in einem beliebigen, noch im Wachstum begriffenen Internodium die einzelnen Gewebe desselben streifenweise von einander, so nehmen dieselben ungleiche Länge an. Um diese relative Länge der verschiedenen Gewebe bequem und reinlich zu messen, bediene ich mich der von Sachs beschriebenen Methode (Phys. S. 468). Auf dickem, durch Feuchtwerden sich nicht krümmendem Carton zieht man sich feine Linien, und fixirt

*) Ein Beispiel für die Kraft der *Längsspannung* findet sich bereits bei Hofmeister, Flora 1862. S. 151.

**) Ueber die Bedeutung der Gewebespannung in dieser Hinsicht vgl. Sachs, Flora 1863. S. 67 f.; Exp. Phys. S. 393 f.

auf einer solchen die Länge eines geradgewachsenen, unverletzten, ganzen Internodiums oder Stückes desselben, dessen beide Enden senkrecht gegen die Achse zugeschnitten sind, nachdem es genau aufgelegt ist, durch zwei Punkte mit einem sehr harten Bleistift. Hierauf zieht man Streifen der einzelnen Internodialgewebe vollständig und ohne Continuitätstrennung ab, legt dieselben mit Vermeidung einer Dehnung in der angegebenen Weise auf den Carton, und markirt so die Grösse der Reihe nach von Epidermis, Rinde und Holz. Vom Marke entfernt man vor dem Messen durch 4 Längsschnitte alles umgebende Holz. Mit dem Abziehen der Epidermis erhält man in allen Fällen gleichzeitig das Collenchym; mitunter lässt sich Epidermis und Rinde überhaupt nicht von einander trennen; in anderen Fällen ist die Rinde so dick, dass man sie in eine äussere und innere Schicht spalten und auf diese Weise die Länge der beiden Schichten messen kann; häufig ist dies beim Marke der Fall. — Die auf diese Weise fixirte Grösse der Gewebe und ihrer Schichten lässt sich nun mit einem Millimeter-Maassstab genau messen.

Durch eine solche Untersuchung (s. Beilage, Tab. I.) überzeugt man sich von der Richtigkeit des schon von Sachs (Phys. S. 469) ausgesprochenen, für alle Internodien gültigen Satzes, dass die einzelnen Gewebe von Aussen nach Innen (von Epidermis zum Marke) an Länge continuirlich zunehmen. Die Rinde ist länger als die Epidermis, das Holz länger als die Rinde, endlich das Marke länger als das Holz. In jedem dieser Gewebe selbst sind die einzelnen Schichten wiederum continuirlich von Aussen nach Innen länger; das beweist einerseits, wie bereits Sachs erwähnt (a. a. O.), die energische Concavkrümmung der isolirten Gewebe nach Aussen, andererseits aber directe Messung an den einzelnen Schichten eines dickeren Gewebes (Tab. I.).

Die Natur der einzelnen Gewebe ist beim Zustandekommen der ungleichen Grösse derselben gewissermassen gleichgültig; denn die gleichartig gebauten Pilzstrünke (*Coprinus comatus*, *Amanita*, *Hydnum*) besitzen, gerade wie die Stämme der Dicotyledonen, die aus differenzirten Geweben bestehen, von Aussen nach Innen an Grösse zunehmende Gewebsschichten.

Man kann sich daher jedes wachsende Internodium, gleichgültig aus welchen Geweben es besteht, als aus zahlreichen zelligen Hohlzylindern zusammengesetzt denken, von denen jeder weiter nach Innen gelegene länger ist als sein Nachbar nach Aussen, so dass die Epidermis den kleinsten, das achsle Marke den grössten darstellt, und die

zwischen liegenden durch ganz allmähliches Ansteigen die Epidermis- und Markgrösse verbinden.

Diese verschiedenen grossen Gewebe sind im natürlichen Zustande zu einer einzigen Grösse, der des ganzen Internodiums, verbunden, und man sollte meinen, es resultire aus der stetig von Aussen nach Innen zunehmenden Grösse der Gewebe eine stetig von Aussen nach Innen zunehmende Spannung derselben. Dies ist nicht der Fall. Denn der Grad der Spannung eines Gewebes wird nicht durch die relative Grösse eines Gewebes gegen das andere, sondern durch die Grösse desselben im Vergleich zur Grösse des unverletzten Internodiums gemessen; und wir müssen deshalb, um die *Spannungsintensität der Gewebe* zu finden, die Grösse derselben mit der Grösse des unverletzten Stückes vergleichen. Man findet dann, dass die Spannungsintensität des einzelnen Gewebes in den verschiedenen Internodien durchaus nicht die gleiche ist. Immer aber giebt es für jedes Internodium ein Gewebe oder eine Gewebeschicht, die ungespannt ist, d. h. die Grösse besitzt, welche das unverletzte Internodium hat, und von diesem Gewebe aus sind gewöhnlich die nach Innen liegenden successive grösser als das Ganze, also im Verbande positiv gespannt (comprimirt), die nach Aussen gelegenen successive kleiner, also im Verbande negativ gespannt (gedehnt).

Die Lage dieses spannungslosen Gewebes und somit der Gang der Spannung im Internodium hängt mit dem Alter eines Internodiums direct zusammen, wie die Untersuchung verschiedenaltiger Internodien oder Internodialtheile ergibt. Man kann diese Untersuchung am bequemsten so machen, dass man die auf einander folgenden Internodien eines Sprosses von oben nach unten untersucht; diese stellen ein Internodium in den verschiedensten Entwicklungsstadien vor. Man findet dann in dem *jüngsten* Internodium das *achsle Gewebe* (Marke) ungespannt; es behält beim Isoliren die Grösse des ganzen Internodiums bei; die von ihm nach Aussen liegenden Gewebe, Holz, Rinde und Epidermis sind kürzer, also passiv gespannt, gedehnt. In den weiter abwärts liegenden Internodien wird das Holz ungespannt, die nach Aussen liegende Epidermis und Rinde sind passiv, das Marke activ gespannt. Später tritt die Rinde in Spannungslosigkeit, die Epidermis hat allein negative, Holz und Marke oder Marke allein positive Spannung, während das Holz spannungslos bleibt. Endlich in den ältesten Internodien ist die Epidermis ungespannt und die nach Innen gelegenen Gewebe ebenfalls spannungslos wie Holz und Rinde, oder positiv gespannt (das Marke). Vergl. Tab. I. — Der Gang der Spannungs-

intensität der Gewebe eines Internodiums ist also mit dem Alter verschieden und im Ganzen so, dass in der *Jugend* des Internodiums nur eine *vom spannungslosen Mark nach Aussen successive sich steigende negative Spannung* existirt; mit dem Alter des Internodiums rückt *das spannungslose Gewebe stetig weiter nach Aussen* durch Holz und Rinde bis in die Epidermis, wobei die nach der Achse zu gelegenen Gewebe *successive stärker positiv, die gegen die Peripherie gelegenen stärker negativ gespannt sind*; am Schlusse, wo die Epidermis selbst das spannungslose Gewebe geworden ist, existirt *nur noch eine positive Spannung*, gewöhnlich aber nur im Mark.

Die *Spannungsgeschichte der einzelnen Gewebe* während ihres Lebens im Spross ist demnach eine ganz verschiedene. Das peripherische Gewebe (die Epidermis) beginnt sein Leben mit dem Zustande der höchsten passiven Spannung (Dehnung), und nähert sich mit dem Alter schrittweise dem spannungslosen Zustande. Das achsile Gewebe des Markes beginnt mit *Spannungslosigkeit*, steigt zu einem Höhepunkt der positiven Spannung (Compression) und fällt von diesem in *Spannungslosigkeit* zurück. Die zwischen liegenden Gewebe der Rinde und des Holzes beginnen *passiv gespannt*, werden *spannungslos* und darauf mitunter *positiv*, doch nicht immer; letztere können also beide Spannungsarten erhalten, während die Epidermis nur negative, das Mark nur positive Spannung annimmt. — Wenn ich hier die Gewebe *spannungslos* nenne, so ist das nur auf die *Längsspannung* zu beziehen. Die Untersuchungen über die *Querspannung* werden zeigen, dass mit dem Verschwinden der *Längsspannung* der Gewebe die *Querspannung* derselben eingeleitet wird; dass also von einer absoluten *Spannungslosigkeit* derselben beim Schwinden der *Längsspannung* nicht die Rede sein kann. —

Von der *Spannungsintensität der Internodialgewebe* ist verschieden die *Spannungsintensität des Internodiums*. Ich verstehe darunter die *Grössendifferenz*, welche zwischen dem grössten und kleinsten Gewebe eines Internodiums herrscht. Da die Epidermis stets das kürzeste, das Mark das längste Gewebe ist, so findet man die *Spannung* eines Internodiums einfach, wenn man die Grösse der isolirten Epidermis von der Grösse des isolirten Markes subtrahirt. Auch die *Spannungsintensität des Internodiums* ist *veränderlich mit dem Alter*; und wir schlagen zur Erforschung ihrer verschiedenen Grösse den oben benutzten Weg ein, die auf einander folgenden Internodien eines unbegrenzten Sprosses zu analysiren. Dadurch erhalten wir

zugleich den *Gang der Spannungsintensität im Spross*.

Die Ermittlung der *Spannungsgrösse des Internodiums* und ihres Laufes im Spross hat, wie wir sehen werden, insofern Interesse, als einmal von der absoluten *Spannungsintensität eines Internodiums* die Fähigkeit desselben abhängt, bei einseitigen *Licht- oder Schwerkrafteinwirkungen* sich zu krümmen, andererseits aber der Ort dieser Krümmung durch das Internodium der höchsten Spannung bestimmt wird, wodurch die Kenntniss der Lage des *Spannungsmaximums im Spross* werthvoll wird.

Um die ermittelten *Spannungsintensitäten der verschiedenen Internodien eines Sprosses* mit einander vergleichen zu können, muss denselben eine *gemeinschaftliche Grösse zu Grunde* gelegt werden. Man muss daher entweder aus den verschiedenen Internodien immer gleiche Stücke herausschneiden, was seine Schwierigkeit hat, oder aber die *Spannungsintensitäten*, die aus ungleichen Grössen gefunden wurden, auf eine einzige berechnen. Der letztere Weg ist hier nach dem Vorgange von Sachs eingeschlagen. Es wurden die gefundenen Zahlen der Epidermis und des Markes procentisch (für die Internodialgrösse = 100) berechnet, indem mit der jeweiligen Grösse des ganzen Internodiums in die Grösse der Epidermis und des Markes dividirt wurde. Die so gefundenen Zahlen sind vergleichbar. Auf diese Weise giebt Tabelle II. das bereits von Sachs an *Nicotiana* und *Sambucus* angedeutete *Gesetz des Intensitätenganges im Spross*: *In den aus der Knospe hervortretenden Internodien beginnt die Spannungsintensität mit einer gewissen Stärke, wächst in den mittleren zu einem Maximum, von dem sie in den unteren allmählich auf Null herabsinkt.*

Der *Antheil der verschiedenen Gewebe am Zustandekommen dieses Spannungsganges* ist nach dem, was wir bereits über die *Spannungsgeschichte der Gewebe* wissen, in den verschiedenen Internodien ein sehr verschiedener.

In den obersten Internodien ist die ganze *Spannung* durch die *negative Spannung der peripherischen Gewebe* hervorgebracht, in allen mittleren durch die *gemeinschaftliche Bethelligung der positiv gespannten achsilen und negativ gespannten peripherischen Gewebe*, in den letzten endlich nur durch die *positive des achsilen Gewebes*.

Diese *sämmtlichen Erscheinungen der Längsspannung*, die ungleiche Grösse der Gewebe unter sich, die Aenderung dieser Grösse mit dem Alter und die daraus resultirende *Verschiedenheit der Spannung in den Internodien des Sprosses erklären*

sich ganz befriedigend aus *der Entwicklungsweise der Gewebe in der Knospe* und den bei der Streckung der Internodien *am Licht hervortretenden Wachsthumseigenthümlichkeiten derselben*. Zur Lösung unserer Aufgabe ist nicht nothwendig, alle einzelnen Gewebe auf ihre Eigenthümlichkeiten zu studiren, es genügt vollständig, wenn wir die Epidermis und das Mark, als die beiden Hauptrepräsentanten achsiler und peripherischer Gewebe, näher untersuchen; aus den Eigenthümlichkeiten dieser Gewebe erklären sich die Spannungserscheinungen vollständig.

Was zunächst die Entwicklung der Gewebe in der Knospe betrifft, so können die verschiedenen Gewebe eines Internodiums *nach der ganzen Oekonomie der Stengelknospe in derselben nicht auf einmal entstehen*; peripherische und achsile Gewebe (Rinde und Epidermis einer-, Mark und Holz andererseits) entstehen in der Knospe nothwendig ungleichzeitig und ungleich gross. Ganz einfach aus folgendem Grunde:

Während die achsilen Zellen des Vegetationskegels unmittelbar unter der Spitze sofort zur Bildung von Mark und gleich darauf von Holz (Cambium) verwendet werden können, werden aus den peripherischen Zellen desselben in erster Linie Blattanlagen, und später zwischen den letzteren eine Rinde und Epidermis des Internodiums gebildet. Durch diese ausschliessliche Verwendung der Peripherie des Vegetationskegels für die Bildung von Blättern im Anfange der Gewebeabscheidung im Innern müssen die achsilen Gewebe *früher*, und da sie den Längsraum, welchen die peripherischen Gewebe mit den Blattanlagen in der Knospe zu theilen haben, allein einnehmen, offenbar auch *grösser* entstehen, als die letzteren. Je zahlreicher die Blätter dicht über einander am Vegetationskegel mit Vernachlässigung der peripherischen Gewebe angelegt werden, desto später und kleiner müssen offenbar die peripherischen Gewebe den achsilen gegenüber werden — ein Umstand, den wir später bei den Folgen der Spannungsintensität näher in's Auge zu fassen haben.

So ist also der erste Grund der verschiedenen Grösse der Internodialgewebe in der durch die ganze Knospeneinrichtung bedingten Entwicklungsweise derselben gelegen. Isolirt man also an einem eben ans Licht tretenden Internodium die einzelnen Gewebe (Epidermis und Mark), so nehmen dieselben ihre eigentliche, nach der Anlage ihnen zukommende Länge an: die Epidermis wird kürzer, das Mark länger.

Dass nun auch fernerhin die auf diese Weise nothwendig hervorgegangene geringere Länge der pe-

ripherischen Gewebe den achsilen gegenüber sich vorerst nicht ausgleicht, sondern vergrössert, dafür liegt der Grund — zugleich der zweite Hauptgrund der Längsspannung — *in den Wachsthumseigenthümlichkeiten der Zellen dieser Gewebe*.

Sobald nämlich die Internodien aus der Knospe ans Licht treten, hört die *Zellbildung* in den Geweben im Ganzen auf, und die nun erfolgende colossale Streckung der Internodien am Licht wird nur durch Streckung der vorhandenen Zellen vollzogen. Würden nun die achsilen und peripherischen Gewebe ihre Zellen gleichmässig strecken, so müsste der anfänglich herrschende Grössenunterschied zwischen denselben stationär bleiben; da aber, wie wir gefunden haben, die Längendifferenz derselben sich vermehrt, so muss nothwendig eine ungleiche Streckung der Zellen der beiderlei Gewebe vorhanden sein. — Dies ist in der That der Fall. Denn wenn man die Grösse der Epidermis- und Markzellen der successive auf einander folgenden Internodien eines Sprosses mit einander vergleicht (Tab. III.), so findet man, dass die Markzellen den Epidermiszellen fortwährend an Grösse voraneilen, stetig mehr wachsen als diese, so dass sich der Streckungsgrösse der Zellen proportional*) die Längendifferenz zwischen den beiderlei Zellen und hiermit selbstverständlich zwischen beiden Geweben fortwährend vergrössert, und die Spannungsintensität wächst. So ist also die fortwährende Steigerung der Längendifferenz zwischen äusseren und inneren Geweben oder, was dasselbe ist, *die fortwährende Steigerung der Spannungsintensität eine Folge des ungleichen Längenwachstums der Zellen dieser Gewebe*.

Auf der andern Seite lässt sich nachweisen, dass die Abnahme und das Verschwinden der Längendifferenz der Gewebe achsiler und peripherischer Gewebe, und damit auch *Abnahme und Verschwinden der Längsspannung* nach Erreichung des Span-

*) Der Beweis dafür, dass die Streckungsgrösse und die Spannungsintensität der Internodien direct proportional sind, ist in Tabelle III. geführt durch Vergleichung der Streckungsgrösse eines Internodiums während einer Zeiteinheit und der dabei erlangten Intensität der Spannung. — Für die eben vorgetragenen Sätze von der Entwicklung der Gewebe in der Knospe und der Streckung am Licht ist es nicht nothwendig, Beispiele oder Beweise anzuführen — *es scheinen allgemeine Gesetze* wenigstens für unsere gewöhnlichen holz- und krautartigen Pflanzen zu sein, von deren Richtigkeit man sich an jedem Knospenlängsschnitt derselben überzeugen kann; vergl. jedoch Unger, Bot. Zeitg. 1844. S. 489 ff. und Harting, Bot. Zeitg. 1847. S. 450 ff.

nungsmaximums in den mittleren Internodien die Folge einer weiteren *Wachstumseigenthümlichkeit der betreffenden Gewebe* ist. Während nämlich die Zellen der *Epidermis und Rinde* so sehr hinter den Markzellen an Länge zurückbleiben, gehen dieselben ein *auffallend starkes und frühes Dickenwachstum* der Zellwände ein; ganz im Gegensatz zu den *Markzellen*, welche während ihrer ausserordentlichen Streckung ganz *dünnwandig* bleiben. Im Zusammenhang mit dieser, wahrscheinlich auch; andern *Eigenthümlichkeiten* wächst [die *Elastizität* der peripherischen Gewebe sehr stark, d. h. sie setzen einer auf sie wirkenden Dehnung fortwährend einen stärkern Widerstand entgegen. — Man kann sich auf sehr einfache Weise davon überzeugen, dass mit dem Alter der peripherischen Gewebe ihre *Elastizität*, d. h. ihr Streben ihre Grösse beizubehalten, wächst (und ihre Dehnbarkeit abnimmt): wenn man die abgezogene Epidermis oder Rinde durch Anhängen von Gewichten zu der Länge, welche sie im verbundenen Zustande hatte, wieder zu dehnen sucht, so wird die anzuwendende Gewichtsmenge um so grösser, je älter das Gewebe ist — der directe Beweis für die Zunahme der *Elastizität* mit dem Alter. Vergl. Tab. III.

Diese zunehmende *Elastizität* der peripherischen Gewebe erklärt den Rest der *Spannungserscheinungen*.

In den ganz jungen Internodien ist die *Elastizität* der peripherischen Gewebe ausserordentlich gering; sie lassen sich leicht dehnen und geben dem Zuge des grösseren Mark widerstandslos nach. Daher finden wir die Spannung in den jüngsten Internodien von der angegebenen Art: das Mark ist ungespannt und hat die dehnsamen peripherischen Gewebe zu seiner eigenen Grösse gedehnt.

In dem Maasse, als mit dem Alter der Gewebe die *Elastizität* in den peripherischen wächst, setzen dieselben dem Zuge des sich stets mehr verlängern den Markes einen immer grösseren Widerstand entgegen: die Dehnung der peripherischen Gewebe nimmt daher successive ab, und eine fortwährend stärkere Compression des Markes ist die nothwendige Folge. Mag aber die *Elastizität* der Epidermis noch so hoch steigen, die *Spannungsintensität* — da sie durch die relative Grösse der Gewebe gemessen wird — wächst dabei so lange, als das Mark die Epidermis an Länge fortwährend mehr übertrifft, und erreicht dann ihr Maximum, wenn das Mark der Epidermis gegenüber seine grösste Länge hat. Offenbar müsste auf diesem Maximum die *Intensität* stehen bleiben, wenn nicht die *Gewebegrösse* sich änderte. Die *Elastizität* der peri-

pherischen Gewebe ist das Mittel, die *Markgrösse* von nun an zu verkleinern und das Mark endlich zur Grösse der Epidermis zusammen zu ziehen.

Diese Verkleinerung des Markes zur Grösse der Epidermis geschieht auf eine höchst merkwürdige Weise. Sie wird nämlich dadurch hervorgebracht, dass die dünnwandigen Zellen des Markes durch den *stetigen Druck der hochelastischen peripherischen Gewebe gezwungen werden, ihre ursprüngliche Form aufzugeben, kürzer und dafür breiter zu werden*.

Dass dem wirklich so ist, kann man durch vergleichende Messungen der Länge und Breite der Epidermis- und Markzellen in den verschiedenen Internodien eines Sprosses beweisen. Anfänglich nimmt, wie wir bereits gesehen haben, die Länge der Markzellen den Epidermiszellen gegenüber fortwährend zu (Tab. III.), die Grössendifferenz zwischen beiden vermehrt sich fortwährend und erreicht endlich ein Maximum (die Spannung steigt und erreicht ihr Maximum). Setzt man nun aber die Vergleichung der Zellgrössen über das *Spannungsmaximum* hinaus fort, so findet man auf einmal das Grössenverhältniss wieder abnehmen, und zwar dadurch, dass die Markzellen factisch kleiner werden, als sie vorher waren. Vergleicht man dazu das Breitenwachstum der Markzellen, so findet man die vorher länger als breiteren Zellen nun querebreiter (Tabelle VI. 2.). Es kann also über die Deutung des Vorganges kein Zweifel sein: *Die Markzellen geben, durch den fortwährenden Druck der peripherischen Gewebe gezwungen, ihre ursprüngliche grössere Länge auf, und wachsen aus der Länge in die Breite; ihre Höhe setzt sich in Breite um*. Diese Compression und Umformung der Markzellen führt natürlich zu einer Abnahme der Marklänge selbst, und hiermit zu einer Abnahme der Spannung und schliesslich zu einem Verschwinden derselben, wenn die Markzellen genugsam niedergedrückt und dadurch das Mark die Epidermislänge erreicht hat.

Diese eigenthümliche Art und Weise, die *Längsspannung* der Internodien *schwinden* zu machen, führt gleichzeitig dazu, die *Querspannung einzuleiten*. Dieselbe Kraft (die *Elastizität* der peripherischen Gewebe), welche das Abnehmen und Schwinden der *Längsspannung* der Gewebe durch eine Verkürzung der Markzellen mit einer *Verbreiterung* derselben herstellt, ist eben dadurch die Ursache, dass die Zellen der innern Gewebe für den Umfang der äussern zu gross werden, und ruft hiermit die *Querspannung* in's Leben. *So setzt sich also die Längsspannung in Querspannung um*.

II. Die Querspannung.

Schneidet man sich aus einem Stengel, in welchem eben die Längsspannung verschwindet, eine Querscheibe heraus, schält die Epidermis oder irgend ein Rindengewebe als vollständigen Ring ab, und legt denselben wieder in seine vorige Lage zurück, so reichen die Schnittländer nicht mehr an einander, sondern klaffen messbar weit. — *Dies ist der Grundversuch der Querspannung.*

Als Ursache dieses Klaffens ist nämlich nichts Anderes denkbar, als dass die innern Gewebe (Mark, Holz) stärker in Breite und Dicke gewachsen, als an sich der Umfang der äussern Gewebe erlaubt, die letzteren über ihr Normalmaass ausdehnen, weshalb dieselben beim Isoliren vermöge ihrer Elastizität ihren geringeren Umfang wieder annehmen und ein weites Klaffen der Schnittländer veranlassen. Wie also z. B. bei der *Längsspannung* die inneren Gewebe zu *lang* sind für die peripherischen und diese über ihre eigne *Länge dehnen*, so ist jetzt der *Umfang* der inneren Gewebe zu gross für den der äusseren, und es dehnen deshalb die erstern den Umfang der letztern *weiter*, als er wirklich ist. Wollten wir die Analogie zwischen Längs- und Querspannung noch weiter ausdehnen, so könnten wir sagen: Gerade wie bei der Längsspannung die *Länge* des Markes grösser war als die des Holzes, die des Holzes grösser als der Rinde, und der Rinde grösser als der Epidermis, so ist nun der *Umfang* des Markes grösser als der des Holzes, des Holzes grösser als der Rinde, und der Rinde grösser als der Epidermis; und wie dort eine *Compression* der innern, eine *Dehnung* der äussern Gewebe der *Länge nach* die nothwendige Folge dieser Verhältnisse war, so ist hier eine *Compression* und *Dehnung* der Gewebe *im Umfang* ebenso nothwendig.

Allein eine solch' vollständige Analogie zwischen Längs- und Querspannung herrscht nicht, oder doch nur in den allerersten Stadien der Querspannung; dazu sind die Umstände, unter denen beide auftreten, viel zu unähnlich.

Während nämlich zur *Zeit* der Längsspannung die *sämmtlichen* Gewebe des Sprosses noch weich und gewissermassen plastisch sind, so dass Zug und Druck derselben auf einander ungehindert nach allen Seiten wirkt und mit Nothwendigkeit *alle* Gewebe in active oder passive Mitleidenschaft gezogen werden: sind gleich vom ersten Auftreten der Querspannung her einzelne Gewebe des Internodiums fest und starr, andere saft- und leblos geworden, und von der Bethheiligung an den Spannungszuständen ganz ausgeschlossen, oder wenigstens für einen

passiven Angriff der Spannkraften ganz unzugänglich geworden.

Diese Bemerkung trifft in erster Linie das Centralgewebe des Internodiums, das bei der Längsspannung eine so hochwichtige Rolle spielende *Mark*. Wir haben vorhin der Niederpressung desselben durch die erstarrte Elastizität der peripherischen Gewebe einen Einfluss auf die *Entstehung* der Querspannung eingeräumt, und diesen hat es wohl auch. Allein damit ist — für die meisten Fälle — seine Bedeutung für die Querspannung zu Ende; gerade von dieser Niederpressung an beginnt auch eine Auspressung seiner Säfte, es wird trocken und leblos, und es kann damit natürlich von einer Spannung desselben oder einer Bethheiligung desselben an den Spannungsverhältnissen in keiner Weise mehr die Rede sein. Es fällt *daher das Mark*, die ersten Stadien und wenige Fälle längerer Saffhaltigkeit desselben (bei Kräutern) etwa ausgenommen, *bei der Querspannung für alle Zukunft ausser Betracht*.

In zweiter Linie gehört hierher *das Holz*. Während dasselbe zur *Zeit* der Längsspannung eine weiche, dehnbare und compressible Masse bildet, die den Einwirkungen des die Längsspannung regierenden Markes in jeder Weise unterliegt, ist es beim Eintritt der Querspannung in den meisten Fällen ein fester, undehnbarer und incompressibler Körper mitten in den weichen, plastischen Gewebemassen des Internodiums geworden. Weder einer Dehnung, noch einer Compression fähig, scheidet so natürlich auch das Holz aus der Reihe der gespannten Gewebe aus, nicht jedoch aus der Bethheiligung an der Spannung; denn wir werden sehen, dass das Holz derjenige Theil des Stengels ist, der bei der Querspannung die Dehnung der peripherischen Gewebe, gerade wie das Mark bei der Längsspannung, übernimmt.

Es bleiben somit von allen Geweben des Sprosses nur die *Rindengewebe* als spannungsfähig und gespannt übrig; diese sind es daher auch allein, welche bei der Betrachtung der Querspannung in Frage kommen, und deren durch das Holz hervorgerufene passive Dehnung (Spannung) Gegenstand der folgenden Untersuchung ist. —

Wir haben nun an den Rindengeweben zunächst die Art ihrer Spannung, die relative Spannungsintensität der einzelnen Gewebe und den daraus resultirenden Spannungsgang in der Rinde festzusetzen; dann aber die Aenderung der absoluten Spannungsintensität der Rinde mit dem Alter der Theile, oder, was dasselbe ist, den Spannungsgang der Intensität durch die verschiedenen Stengel- und Stammtheile, und dessen Ursachen.

Die Methode, der wir uns zur Lösung dieser Fragen bedienen, ist die Eingangs bereits kurz ange- deutete; von der bei der Längsspannung angegebenen dadurch etwas verschiedene, dass die einzelnen abgelösten Gewebe nicht auf Carton ausgebreitet werden dürfen, indem durch das Geradbiegen der Rindenringe unnatürliche Zerrungen ihrer Zellen zu um so erheblicheren Fehlern der Maasse führen, als der Bogen, den das Gewebe bildet, grösser ist. — Will man die Querspannung irgend einer Stelle eines Stengels oder Stammes messen, so schneidet man aus dieser Stelle eine Querscheibe heraus, misst den Umfang derselben, trennt durch einen senkrechten radialen Schnitt die Continuität der peripherischen Gewebe, und schält dann der Reihe nach Epidermis, Parenchym und Bast, oder wo es die Dicke der Gewebe zulässt, auch einzelne Schichten derselben als vollständige, möglichst gleich dicke Ringe ab. Sobald ein Ring abgeschält ist, legt man denselben, ohne Dehnung, wieder in seine natürliche Lage zurück und misst nun den Abstand der Schnittflächen. *Die Weite des Abstandes, von der Grösse des Umfanges subtrahirt, giebt die Grösse der Verkürzung des Gewebes, also die Spannungsintensität desselben an.*

Isolirt und misst man auf diese Weise die Gewebe einer beliebigen Stengelrinde, so erhält man das *allgemeine Gesetz*, dass die verschiedenen Bindengewebe sich *sämmtlich bei der Befreiung aus dem Verbande verkürzen, also negativ gespannt, gedehnt sind, und zwar von Innen nach Aussen stetig mehr*. Das Parenchym ist kürzer als der Bast, die Epidermis kürzer als das Parenchym; dasselbe gilt von den einzelnen Schichten eines Gewebes. Es herrscht also eine von Innen nach Aussen stetig zunehmende Spannung der Gewebe: der innerste Basttheil ist spannungslos oder nahezu spannungslos, und von da wächst die Intensität bis zu ihrem Höhepunkt in der Epidermis. (Tabelle IV, 1.)

Die *Stammrinde* macht insofern eine Ausnahme, als das *Periderm* (Kork, Borke) derselben weniger gespannt ist als das Parenchym; in ihr liegt das Spannungsmaximum im Parenchym, von dem nach Innen und Aussen eine Abnahme der Spannung statt hat. Im Periderm selbst scheint die Spannung von Innen nach Aussen wieder zuzunehmen. (Tabelle IV, 2.) —

Bleiben nun diese *relativen* Spannungsverhältnisse *der einzelnen Gewebe* durch die verschiedensten Alter einer Rinde in Spross, Zweig, Ast und Stamm ganz dieselben, so ändert sich dagegen die *absolute Spannungsintensität* (die Grösse der Spannungszahlen) mannichfach mit dem *Alter*. Es hat

dieselbe aber zu wenig Interesse, als dass wir sie besonders durch die verschiedenen Altersstadien der Rinde verfolgen sollten, zumal da sie sich im Allgemeinen aus der *Intensität der Gesamtrinde*, die wir verfolgen müssen, erschliessen lässt.

Unter der *Gesamtrindenspannungs-Intensität* verstehen wir die Grösse der Verkürzung, welche die Rinde, wenn man sie in toto losschält, giebt; diese ist natürlich das Mittel aus dem gleichsinnigen Verkürzungsstreben der Einzelgewebe, und es ist somit klar, dass man aus der Intensität der Gesamtrindenspannung auf die der Einzelgewebe direct schliessen kann.

Es ist nun eine wichtige Aufgabe für uns, diese Gesamtrindenspannung durch die verschiedenen Alter der Stengel- und Stammtheile zu verfolgen; festzusetzen, wie gross die Spannungsintensität der Rinde in den oberen, mittleren und unteren Internodien eines Stengels, in Zweig, Ast und Stamm einer vieljährigen Achse ist, oder, mit andern Worten, den Intensitätengang der Rindenspannung durch Stengel und Stamm zu finden. Wir brauchen zu diesem Behufe nur von Strecke zu Strecke Rindenringe eines Stengels oder Stammes in der angegebenen Weise loszuschälen, die Verkürzung derselben zu messen und die gefundenen Zahlen durch Berechnung auf eine gemeinschaftliche Grösse (Rindenumfang stets = 100 gesetzt) vergleichbar zu machen. Die durch einen Stengel oder Stamm progressive gefundenen procentischen Verkürzungszahlen sind der Ausdruck des Ganges der Rindenspannungsintensität.

Für unsern Zweck stellt der vieljährige Stamm der Bäume ein höchst complicirtes Aggregat von fortwachsenden einjährigen Stengeln dar, dessen Spannungsverhältnisse eine viel höhere Mannichfältigkeit darbieten als die des Stengels, und in diesen ihren einfachsten Typus haben; wir betrachten deshalb Stengel und Stamm für den Querspannungsgang gesondert, und den ersteren vor dem letzteren.

1. Der Stengel.

Etwa da, wo die Längsspannung der Internodien anfängt abzunehmen, findet man das erste messbar weite Klaffen der radialen Schnittränder eines vom Cambium abgeschälten Rindenringes; und je weiter man nun in einem Stengel von hier abwärts geht, desto weiter stehen die Schnittflächen solcher Rindenringe von einander ab, und erreichen endlich das Maximum ihres Klaffens an der Basis des Stengels, im letzten Internodium gegen die Wurzel.

Daraus ist klar, dass die Spannung der Rinde mit ihrem Alter zunimmt, und dass füglich in einem

Stengel die Querspannung von oben nach unten stetig wächst und in der Basis desselben ihr Maximum erreicht. (Tabelle V.)

Was von dem Stengel gilt, gilt natürlich auch von seinen Aesten. Hat daher ein Stengel Aeste und haben diese überhaupt ein Alter erreicht, dass ihre Längsspannung bereits abnimmt, so tritt in ihnen ebenfalls die Querspannung auf, nimmt gegen unten stetig zu, und erreicht in ihrer Basis das Maximum. Die Grösse dieses Maximums liegt nach dem Obigen der Grösse des Stengelmaximums offenbar um so näher, je älter der Ast ist; ausserdem auch der Spannungsintensität der Ansatzstelle um so näher, je eher der Ast aus dem Internodium entsprungen ist.

Hat nun ein Stengel zahlreiche und verschiedenartige Seitenäste, so ist leicht einzusehen, dass derselbe, einfach durch Wiederholung desselben Princip, ein ziemlich complicirtes Spannungsbild darstellt. Nennen wir einmal den einfachen Gang, den ein unverästelter Stengel darbietet, ein einfaches Spannungssystem, so haben wir im verästelten Stengel bereits ein Aggregat aus einander hervorgewachsener Spannungssysteme, von denen jedes sein besonderes Spannungsmaximum mit einer durch sein Alter bestimmten Intensität besitzt.

Dazu kommt nun noch, dass dieses Bild nicht ein bleibendes ist, sondern fortwährend sich ändert, indem einmal die vorhandenen Theile immer älter werden, andererseits stets neue Theile in die Spannung hereingezogen und neue Systeme gebildet werden. Wir können daher die Veränderungen, die ein einjähriger Stengel im Laufe der Vegetationsperiode erleidet, einfach als eine Vermehrung der Spannungssysteme und eine Erhöhung der vorhandenen Maxima bezeichnen.

Eine Aenderung weiterer Art erleiden Stengel, die mit Rhizomen verbunden sind, in der Hauptachse im Laufe der Vegetationsperiode. Anfänglich liegt bei ihnen, gerade wie bei den eben geschilderten rein einjährigen Pflanzen, das Spannungsmaximum an der Basis des Stengels; dies dauert aber nur etwa bis in die Mitte des Sommers, bei *Scorzonera* und *Dahlia* z. B. bis zur Anlegung der Blütenköpfe; dann fängt auf einmal das Maximum an gegen oben vorzurücken, und wandert bis zum Spätherbst oft in ein Drittheil der Stammhöhe von der Wurzel weg. Unter ihm nimmt die Spannung ebenso continuirlich gegen die Wurzel ab, als sie nach oben gegen die Sprosse abnimmt. (Tabelle V, 7—13.) Wir werden später sehen, welche Bedeutung dieser Hinaufwanderung des Spannungsmaximums gegen die Stengelmittle zukommt. —

Die Ursachen, welche diese Spannungserscheinungen hervorrufen, erhalten und vermehren, sind ähnlich wie bei der Längsspannung die ungleichen Dimensionsänderungen der inneren und äusseren Gewebe; es ist leicht nachzuweisen, dass die achsiler Gewebe stärker an Umfang wachsen, als die peripherischen; die anatomischen Gründe einer solchen ungleichen Umfangserweiterung sind aber viel mannichfaltigere, als bei der Längsspannung.

Bei den meisten Pflanzen wird wohl die Querspannung eingeleitet wie die Längsspannung, nämlich durch ungleiche Breiten- und Dickenstreckung der vorhandenen äusseren und inneren Gewebe; wenigstens wachsen von den obersten Internodien an die Mark- und Epidermiszellen in fortwährend sich steigendem Missverhältniss in die Breite (Dicke) (Tabelle VI.); hierzu wird ohne Zweifel auch die starke Nieder- und Querpressung der Markzellen beim Verschwinden der Längsspannung, wie wir sie oben kennen gelernt haben, einen weiteren, sicheren Beitrag liefern (Tabelle VI, 2), vorausgesetzt, dass nicht um die Zeit der Niederpressung das Holz bereits eine bedeutende Festigkeit erreicht hat. — Dieses einfache ungleiche Breitenwachsthum achsiler und peripherischer Gewebe muss bei manchen, besonders holzarmen, mit grossem, saftigem Mark versehenen Pflanzen (Balsamine) die Querspannung nicht allein einleiten, sondern durch das ganze Leben erhalten.

Aber bei vielen Stengeln sogar — bei Sträuchern und Bäumen ist es Regel — kommt für die Vermehrung der Querspannung beim Aelterwerden der Theile unstreitig die Neubildung von inneren Geweben — die Holzbildung in Betracht, sei es nun, dass das Holz durch radiale Anlagerung neuer Elemente seinen Umfang durch Dickenzunahme vergrössert, oder dass durch die Einschiebung neuer Elemente in tangentialer Richtung ohne Dickenzunahme der Holzumfang erweitert wird. (Hohlstengelige Pflanzen?)

In allen diesen Fällen wird selbstverständlich die Querspannung nur dann wachsen, wenn der Umfang der peripherischen Gewebe, wie wir oben aus der Beobachtung der Zellgrössen gefunden haben, nicht in gleichem Umfange wächst, als der der inneren; wird der Umfang der peripherischen Gewebe auf diese Weise immer relativ kleiner, so muss die Dehnung derselben — ihre Spannung — immer grösser werden. —

Die anatomischen Einrichtungen, welche die oben erwähnte Wanderung des Spannungsmaximums gewisser Stengel im Laufe der Vegetationsperiode ermöglichen, sind äusserst einfacher Natur.

Wenn man in einem solchen Stengel (*Helianthus tuberosus*, *Dahlia*) die Breite der Epidermis- und Rindenzellen vom Beginn der Querspannung an abwärts verfolgt, so findet man dieselbe bis zum Spannungsmaximum zwar langsam, aber stetig zunehmen. Unter diesem sind auf einmal junge radiale Scheidewände in den Zellen aufgetreten und die Mutterzellen gegen ihre vorhergehende Breite unverhältnissmässig gross geworden. — Man kann sich diesen Befund also deuten: die Epidermis- und Rindenzellen zeigen anfänglich, wie sonst, ein viel trägeres Wachstum als der Umfang des Holzes forderte, und geben nur ganz passiv soviel als unumgänglich notwendig ist, dem Drängen des Holzes nach. Diese Nachgiebigkeit wird um so geringer, je älter und dickwandiger die Zellen der peripherischen Gewebe werden, und erreicht endlich mit dem Spannungsmaximum ihren Höhepunkt; da theilen sich plötzlich diese Zellen und erhalten mit dieser Theilung eine neue, erhöhte Fähigkeit*), sich in die Breite zu dehnen (zu wachsen). Sie gehen nun eine sehr ausgiebige tangentialer Streckung ein, deren Folge eine mehr als proportionale Erweiterung des Rindenumfanges und damit eine Abnahme der Spannungsintensität ist. Denken wir uns nun diesen Process mit einem gewissen Alter im ältesten, also untersten Internodium beginnen, und sich langsam und sicher Schritt für Schritt auf die Internodien, welche das gesetzliche Alter erreichen, von unten nach oben fortsetzen — so haben wir die Erklärung dieser wandernden Maxima.

Uebrigens ist diese Art der Umfangserweiterung bei den genannten Gewächsen nicht ausreichend, die Spannung nach unten stets abnehmend zu erhalten; denn man findet gegen die Basis der Stengel in der Epidermis unzählige kleine Längsrisse, die abwärts an Grösse und Häufigkeit zunehmen und, wo sie tiefer in das Parenchym dringen, durch locale Korkwucherungen verschlossen sind, das letzte Mittel dieser Pflanzen, die Spannung nach unten abnehmend zu erhalten, zugleich die erste Andeutung jenes Processes, durch welchen die Pflanze im Stamm eine so mannichfache Spannungsänderung herstellt, der Korksprengung und des Borkeabwurfs.

2. Der Stamm.

Ein Blick auf die Tabelle VII, b. zeigt in der scheinbar regellosen Mannichfaltigkeit der Span-

*) Diese erhöhte Streckungsfähigkeit, nicht die Theilungen sind es, die wir bei dieser Gelegenheit besonders hervorheben müssen; einfache Theilungen in Epidermis und Rinde führen nicht immer unverhältnissmässige Umfangserweiterung (und Spannungsänderung) herbei; so bei den Zweigen von *Viscum*, *Jasminum*, *Acer striatum* u. s. w.

nungsintensität der Baumrinden etwa folgendes allgemeine Gesetz:

Von den äussersten Zweigspitzen, wo die Spannung gleich Null oder fast Null ist, nimmt dieselbe abwärts stetig zu, erreicht gewöhnlich in einem mehrjährigen Aste ein erstes Maximum, schwankt im weitern Verlaufe zu verschiedenen Malen auf und ab, und setzt sich aus den Aesten an den Stamm selbst mit einer Intensität an, welche der der Ansatzstelle nahe (darunter oder darüber) liegt. Im Stamme selbst findet sich, unterhalb der Aeste, ein Maximum, von welchem aus die Intensität nach unten continuirlich abnimmt, nach oben häufig noch Hebungen und Senkungen bis zu ihrem Verschwinden in der Spitze erfährt.

Eine speciellere Fassung des Rindenspannungsgesetzes der Bäume (und Sträucher) ist nicht möglich, wenn dasselbe allgemeine Geltung haben soll. Denn die Begriffe Baum, Strauch u. s. w. sind eben nicht Begriffe, die ein bestimmtes Alter einschliessen, wie der Begriff Stengel, welcher eine einjährige Achse bezeichnet; eine bestimmte Alterangabe wäre aber nothwendig, wie wir bald sehen werden, wenn z. B. eine genaue Angabe über Lage und Zahl der vorhandenen Spannungs-Maxima und Minima eines Baumes gemacht werden sollte, da diese vom Alter direct abhängen, und mit demselben sich vermehren und wandern.

Wir wollen, um dieses deutlich zu machen, einmal versuchen, uns eine Entwicklungsgeschichte des oben gegebenen Spannungsgesetzes vom ersten Jahre des Stammes her bis in sein späteres vieljähriges Alter zu construiren.

Das erste Jahr seines Lebens beginnt der Baum offenbar mit demselben einfachen Spannungssystem, wie es der unverzweigte Stengel einjähriger Pflanzen repräsentirt. Das zeigen die Frühlingsprosse der Bäume, die man einfach als einjährige Stämmchen betrachten kann, und die sich, was Entstehung und Gang der Querspannung anlangt, ganz wie Stengel verhalten (Tabelle VI. n. 4—7); ihre Querspannung tritt mit dem Verschwinden der Längsspannung ein und vermehrt sich nach abwärts stetig. Das Spannungsmaximum eines Stämmchens liegt also an seiner Basis.

In der nächsten oder einer der nächsten Vegetationsperioden beginnt, ähnlich wie bei den mit Rhizomen versehenen Stengeln, eine Wanderung des Spannungsmaximums gegen oben, aus einem ähnlichen Grunde wie dort, indem durch Neubildungen im Parenchym und durch Zerreibungen im äussern fortdichtungsunfähigen Gewebe (Kork) der Rindenumfang erweitert wird. Die während dieser

Zeit oben aufgebauten directen Fortsetzungen der Hauptachse zeigen natürlich einen ganz allmählichen Uebergang von ihrem spannungslosen Gipfel in die Spannungsintensität der vorhergehenden Jahre, aus denen sie sich entwickeln; denn sie stellen ja nichts weiter als einjährige Stämmchen dar. Auch aus der Achse hervorgegebene seitliche Triebe (Zweige) verhalten sich gerade so; auch sie nehmen den Entwicklungsgang des Stammes von Anfang her auf und wiederholen zunächst das Stadium desselben, wo dessen Maximum der Intensität an der Basis lag. — So haben wir bereits im 3 — 4-jährigen Stämmchen ein Aggregat von einfachen Spannungssystemen, die sich von den Aggregaten, wie sie verästelte einjährige Stengel darbieten, dadurch unterscheiden, dass das Spannungsmaximum der Hauptachse nicht an der Basis liegt, sondern nach oben vorgeschoben ist, wie beim Stengel des Rhizoms.

Im folgenden Jahre setzt sich am Stamme zunächst die Zellbildung und Korksprennung der Rinde nach oben fort, und damit geht die Translocation des Spannungsmaximums gegen oben successive weiter. Haben Seitenäste das nöthige Alter erreicht, so beginnt auch bei ihnen eine Wanderung des Maximums von der Basis gegen die Spitze; die Seitenäste dieser Aeste besitzen vorläufig noch das Basalmiximum, gehen aber in den spätern Jahren ebenfalls dazu über, ihr Maximum nach oben vorzuschieben. — Ein solches Stämmchen ist schon genau nach dem oben geschilderten allgemeinen Spannungstypus des Baumes gebaut, indem bereits auch in den Aesten das Maximum von der Basis abliegt.

Es liesse sich nun leicht zeigen, wie nach und nach, immer durch Wiederholung desselben einfachen Princips, sich das höchst complicirte, reich gegliederte Spannungssystem des vieljährigen Stammes herausstellt. Wir wollen die Beschreibung dieser Weiterentwicklung unterlassen, da dieselbe nach und nach schwerfällig und undeutlich werden dürfte, und sich der Leser nach dem Gesagten leicht den weiteren Ausbau des Stammes, von Jahr zu Jahr, graphisch versinnlichen kann.

Wir wollen statt dessen die *anatomischen Aenderungen* des Stammes, die im Laufe der Vegetation einen solchen Spannungsgang der Rinde verursachen können, näher betrachten. Es ist hierbei vor Allem wieder festzustellen, dass eine Spannung der Rinde überhaupt nur deshalb existirt, weil das Wachstum derselben im Umfange fortwährend träger vor sich geht, als das Dickenwachthums des Holzes; und der Umfang der Rinde deshalb immer kleiner ist, als der jedesmal er-

langte Umfang des Holzes erforderte. Ferner, dass eine Spannungsänderung überhaupt nur dann eintreten kann, wenn sich Rinden- und Holzumfang disproportional gegen vorher ändern: die Spannung wird sich vermehren, wenn der Umfang des Holzes stärker wächst als der der Rinde, und im umgekehrten Falle wird sie sich vermindern.

Es soll nun nicht unsere Aufgabe sein, die Grösse der Umfangsänderungen des Holzes und der Rinde durch die verschiedenen Altersstadien eines Stammes im Einzelnen zu verfolgen und ihre Suffizienz für die Vermehrung oder Verminderung der Spannung im Speciellen nachzuweisen; für unsern Zweck genügt es vollständig, zu zeigen, dass in der Rinde anatomische Aenderungen vor sich gehen, aus denen ihre Spannungsänderung im Laufe der Jahre im Allgemeinen begrifflich wird.

Wenn nun auch der grösste Theil der Spannungsänderungen der Rinde in dieser selbst liegt, so scheinen sich doch selbst im Dickenwachstum des *Holzes* Anhaltspunkte für eine Spannungsänderung mit dem Alter vorzufinden, selbst unter der Voraussetzung, dass die Rinde dabei ganz unthätig wäre. Denn es ändert sich mit dem Alter eines Baumes nicht allein der *absolute jährliche Zuwachs des Holzdurchmessers* (die Weite der Jahrringe), sondern, selbst wenn dieser von Jahr zu Jahr gleich bliebe, *die relative jährliche Erweiterung des Umfanges* des Holzes, indem ein und dieselbe Zulage des Durchmessers den Umfang im umgekehrten Verhältniss seiner Grösse erweitert, d. h. um so weniger vergrössert, je weiter er ist. Ein Beispiel mag dies klar machen. Nehmen wir an, ein Baum lege jedes Jahr seines Lebens einen Jahrring von 1 Mm. Weite an, mache also jährlich eine Durchmesser-Vergrösserung des Holzes von 2 Mm.; es habe ein Stämmchen desselben im 2ten Jahre 2 Mm. Holzdurchmesser, also etwa 6 Mm. Umfang; im 3ten Jahre, also ein Jahr später, hätte dasselbe also 4 Mm. Durchmesser oder 12 Mm. Umfang, gerade das Doppelte des vorhergehenden Jahres. — In einem spätern Alter nun soll dieser Stamm 100 Mm. Durchmesser erhalten haben, also 300 Mm. Umfang, dann hat derselbe im darauffolgenden 306 Mm. Umfang, oder $\frac{7}{50}$ mehr als im vorhergehenden Jahre! — Es ist nicht wohl glaublich, dass auf diese Weise *nicht* Spannungsänderungen der Rinde entstehen sollten.

Uebrigens gehen in der Rinde selbst so viele und ausgiebige anatomische Aenderungen im Laufe der Vegetation vor sich, dass diese einstelligen allein ausreichen, den oben gegebenen Spannungsgang derselben im Allgemeinen zu erklären.

Es mag für's Erste auffallend erscheinen, dass die Zweigspitzen eines Baumes, wenigstens zur Winterszeit, wo sie untersucht wurden, keine oder fast keine Spannung zeigen, während sie doch als *Sprosse* die Veränderungen der Längsspannung durchgemacht haben, und sich somit erwarten lässt, dass mit der Umänderung der Längsspannung die Querspannung aufträte, wie in den Stengeln einjähriger Pflanzen. Dagegen ist zu erwägen, dass es vor Allem sehr fraglich ist, ob in den Zweigen der Bäume, die im Verhältniss gegen einjährige Stengel im ersten Jahre sehr wenig in die Dicke wachsen, überhaupt eine namhafte Spannung beim Verschwinden der Längsspannung zum Vorschein kommt, da gerade hier das Mark sehr rasch vom fest werdenden Holze umschlossen ist. Aber selbst dann, wenn eine erhebliche Spannung mit dem Verschwinden der Längsspannung zu Stande kommen sollte, geht zu eben der Zeit in der Rinde eine Aenderung vor sich, welche die auftretende Spannung zum guten Theil entfernen kann — nämlich die *Korkbildung*. Wie wir gesehen haben, ist die Epidermis und das darunter liegende Parenchym in allen Fällen der gespannteste Theil der Rinde, und gerade diese Theile werden bei der Mehrzahl der Zweige zu einer Zeit, wo die Spannung kaum aufgetreten ist, durch die Korkbildung getödtet und für die Spannung ausser Rechnung gebracht, mögen sie nun gleich abgestossen werden, oder vertrocknet an dem Zweige bleiben. Selbst an den sehr glatten, einjährigen Zweigen z. B. von *Aesculus*, *Acer*, *Salix* findet man im Winter mit der Lupe eine Unzahl feiner Längsrissen, die bald nur oberflächliche Schichten, bald tiefere des Korkes zerreißen, und bei manchen Pflanzen ganz gewöhnlich in's Parenchym dringen, wo sie dann zu regelmässigem Korkverschluss der Wunde (Lenticellen) führen. Diese Rissen sind offenbar Producte der Querspannung, und tragen eben durch ihr Auftreten dazu bei, dieselbe auf ein Minimum zu reduciren *).

*) Die Zeit der *ersten* Korkbildung, der Ort ihres Auftretens, Grösse und die mit dem Bau der Zelle zusammenhängende Dehnungsfähigkeit derselben — das Alles sind Mittel, durch welche die grösste Mannichfaltigkeit in die Spannungsänderungen nach Zeit und Intensität gebracht werden kann. So schwankt z. B. die *Zeit* der ersten Korkbildung in allen denkbaren Extremen. Bei *Begonia fuchsoides* wird die epithelartige Epidermis sofort beim Austritt der Internodien ans Licht durch eine Korklage ersetzt; bei *Viscum*, *Ilex*, *Acer*, *striatum* u. s. w. erhält sich die Epidermis Jahre lang, und folgt durch Tochterzellbildung und Streckung dem Umfange des Holzes. — Ueber den Ort des Auftretens bei unseren einheimischen Bäumen

Mit Beginn der Vegetation im zweiten Jahre hebt das Holz sogleich die Bildung eines neuen Jahrringes an, der den Umfang desselben verhältnissmässig ausserordentlich vergrössert, und die Rindenspannung, wo sie nicht vorhanden, einleiten, im andern Falle vermehren muss, wenn die Rinde nicht durch eine energische Thätigkeit in der Richtung der Tangente eine proportionale Erweiterung ihres Umfanges herbeiführt. Letzteres geschieht aber nicht; denn Alles, was die Rinde in den ersten Jahren thut, ist einmal die Bildung einer *neuen Bastlage* im innersten Theile, durch welche, so gut wie durch das Holz, die Spannung sämtlicher Rindengewebe (sie selbst ausgenommen) von der vorjährigen Bastlage an bis zum Kork vermehrt werden muss; für's zweite wird im Umfange, unter dem ersten Kork, eine *zweite Lage* gebildet, welche die Zellen der ersten dehnt, mit ihren tangentialen Wänden auf einander presst oder stellenweise sprengt (natürlich unterstützt von dem Drucke der innern Gewebe und des Holzes). Aber gerade das *Parenchym*, der am meisten gespannte und deshalb in erster Linie massgebende Theil für die Spannungsverhältnisse, ist in den ersten Jahren ungemein bildungsträge; seine Zellen folgen gewöhnlich nur durch tangentiale Streckung, oder auch durch radiale Scheidewandbildung dem Drängen der innern Gewebe jedenfalls, wie der Erfolg lehrt, so wenig, dass in diesem und den nächstfolgenden Jahren nur eine Zunahme der Rindenspannungsintensität daraus resultirt, und endlich nach einigen Jahren das erste Spannungsmaximum erreicht wird. Die *absolute* Grösse dieses Maximums, die *Zeit* seines Auftretens und sein Ort sind bei verschiedenen Pflanzen natürlich verschieden, und die Resultate eine Menge der complicirtesten, je nach der Pflanzenart verschiedenen anatomischen Factoren; ursprüngliche Grösse der Zellen aller Rindengewebe, Grösse der neugebildeten, ihre Streckungsfähigkeit in der Tangente, Wanddicke und die damit zusammenhängende Elastizität der Gewebe sind z. B. Factoren dieser Verhältnisse.

Die anatomischen Bedingungen der unter dem ersten Spannungsmaximum liegenden allmählichen Abnahme der Spannung mögen vielleicht bei verschiedenen Arten und Gattungen sehr verschieden sein; in Ermangelung einer Entwicklungsgeschichte

und Sträuchern vergl. Sanlo, Pringsh. Jahrb. Bd. II. p. 42; ich will noch hinzufügen, dass derselbe für *Wurzel* und *Stamm* nicht gleich zu sein braucht; bei *Fraxinus* z. B. bildet sich die erste Korkschicht des Stammes ganz oberflächlich, die der Wurzel tief im Parenchym, was für die geringe Spannungsintensität der Wurzeln überhaupt bedeutungsvoll ist.

der Stammrinden mögen als Beispiel die Aenderungen, welche ich bei der in Tabelle VII. b. β . 1. analysirten 5-jährigen Esche gefunden habe, genügen.

Etwa im zweiten Drittheil der Stammhöhe (von unten gerechnet); bis zu diesem waren vom Gipfel her die Umfangserweiterungen der Jahre durch tangentiale Streckung und Auftreten radialer Scheidewände in den Parenchymzellen und Zerreißung des Korkes geschehen. Von der Stelle der Spannungsabnahme an fanden sich im Umfange des Rindenparenchyms an zahlreichen Stellen radiale Parthieen neugebildeter Zellen (4 — 8 und mehr in tangentialer Richtung), die an ihrer grossen Dünnwandigkeit gegenüber den sehr dickwandigen übrigen Parenchymzellen leicht zu erkennen waren. Auffallender Weise lagen diese Parthieen stets da, wo der Kork über ihnen tiefere Risse besass; im Uebrigen liessen sich keine besonderen Beziehungen derselben zu einander oder zu andern Geweben finden. — Offenbar ist durch diese Einschiebungen neuer tangentialer Zellreihen der Umfang der Rinde unverhältnissmässig weiter geworden, und in Folge davon die Spannung gesunken.

Im Laufe der Jahre wiederholt sich wahrscheinlich dieser Process, nachdem durch die fortgesetzte Wachsthumsträgheit der Zellen der Rindenumfang abermals viel zu eng geworden und die Spannung wieder gestiegen ist, um abermals durch einige Jahre ein fortwährendes Fallen und ein Minimum der Spannung zu bewirken. Wie lange auf diese oder eine andere Weise Hebungen und Senkungen der Intensität hervorgebracht werden können, das mag nach der Pflanzenart u. s. w. ziemlich verschieden sein. Endlich aber scheint die Thätigkeit des Parenchyms, des Korkes und der älteren Bastlagen erschöpft zu werden; sie sind nicht mehr im Stande, dem Holzumfange zu folgen; da greifen Korkbildungen nach Innen, schneiden die erschöpften Lagen vom Saftverkehr ab und bringen dieselben zum Absterben. Schon durch das Vertrocknen dieser Theile, noch mehr aber durch die Loslösung derselben aus dem Rindenverbande, muss die Spannung sehr bedeutend vermindert werden. Und so kommt es denn, dass über der Stelle der ersten *Borkeabschuppung* überall ein Spannungsmaximum zu liegen kommt. Es ist überraschend, aus der Stelle der ersten Borke bei unseren jüngern Obstbäumen, z. B. äusserlich ganz wohl die ungefähre Lage eines Spannungsmaximums in Stamm und Aesten erschliessen zu können.

III. Die Periodicität der Spannung und ihre Ursachen.

Die beiden vorhergehenden Abschnitte haben uns gezeigt, wie die Spannung eine Folge des ungleichen Wachstums der Gewebe ist, und wie ihre *Intensität* in directer Proportion zur Grösse dieses ungleichen Wachstums steht; ferner, wie sich mit dem Wachsthum der Organe die gegenseitige Grösse der Gewebe fortwährend ändert, und in Folge dessen die *Spannungsintensität in steter Bewegung*, in einem fortwährenden An- und Abwellen begriffen sein muss.

So sehen wir in der Längsspannung z. B. die Intensität jedes Internodiums zuerst wachsen, ein Maximum erreichen und dann von diesem auf den Nullpunkt für immer herabsinken; dagegen in der Querspannung eine solche Zu- und Abnahme der Intensität nicht bei einem Male verbleiben, sondern im Laufe der Vegetationsperioden sich öfter wiederholen, so dass auf diese Art bei der Querspannung eine durch das Wachsthum hervorgerufene, im Laufe der Jahre *periodisch wiederkehrende Aenderung der Spannungsintensität* an jeder Stelle des Stammes und seiner Theile, gewissermassen eine vieljährige Wachsthumperiode der Spannungsintensität resultirt.

Allein diese durch das *Wachsthum hervorgerufenen Aenderungen* der Intensität gehen alle *sehr langsam* vor sich; weder das Dicken- noch das Längenwachsthum der Pflanze erfolgt so rapide, dass man nicht die Spannungsintensität innerhalb kurzer Zeitintervalle als vollständig constant und unveränderlich betrachten dürfte. Jedenfalls sind z. B. in den meisten Fällen die Aenderungen der Intensität *innerhalb eines Tages* so gering, dass man sie gänzlich vernachlässigen, und die *Tagesgrösse der Spannung* der ganzen Pflanze oder ihrer Theile *vermöge des Wachstums als eine constante*, unveränderliche ansehen kann.

Aufgabe des Folgenden soll es nun sein, zu zeigen, wie auch *innerhalb dieser kurzen Zeit eines Tages*, wo man sich die Intensität als vom Wachsthum ungeändert vorstellen muss, dieselbe *keineswegs in Ruhe ist*, sondern durch verschiedene Kräfte in und ausserhalb der Pflanze gereizt, in fortwährende Oscillationen, in kleine Hebungen und Senkungen versetzt wird, die bei ihrer regelmässigen Wiederkehr eine regelmässig periodische Aenderung, *eine tägliche Periodicität der Spannungsintensität* veranlassen.

Beobachtet man z. B. innerhalb eines Tages zu verschiedenen Stunden, etwa am Morgen, Mittag und Abend, die Spannungsintensität eines und desselben Theiles, vielleicht die Querspannung einer

Stelle eines Baumes oder Astes durch Ablösen eines Rindenringes an derselben, so findet man nicht jederzeit gleiche Spannungszahlen, sondern am Mittag kleinere als Morgens und Abends. So betrug z. B. am 8. October an einem jungen Apfelstamm 30 Centimeter über dem Boden Morgens 7 Uhr die Spannungsintensität 3,7, war Mittags 3 Uhr auf 5,3 gestiegen; ein Ast dieses Baumes hatte in derselben Zeit einen Gang von 3,6 auf 3,1 und zurück auf 3,9 gemacht.

Um zu finden, ob solche Oscillationen der Spannungsintensität beiden Spannungen, der Längs- und Querspannung eigen sind, und einen regelmässigen täglichen Gang vollführen, wurden zunächst für die *Längsspannung* junge ganze Pflanzen, oder im Schuss befindliche Triebe von Bäumen und Sträuchern zu verschiedenen Tageszeiten, gewöhnlich von Morgens bis Abends von zwei zu zwei Stunden unmittelbar ihren normalen Lebensverhältnissen entnommen und in der gewohnten Weise auf ihre Spannung untersucht, und zwar um Mittelzahlen zu erhalten, jedezeit mehrere Exemplare. Aus den verschiedenen Einzelspannungen wurde die mittlere Spannung der Stunde berechnet und die zu verschiedenen Zeiten gefundenen Werthe mit einander verglichen (Tabelle VIII, 1.).

Die Ernirung einer Gesetzmässigkeit ist hier, obwohl sie sich aufs schönste herausstellt, doch in sofern schwierig, als man die Untersuchung zu verschiedenen Zeiten nicht an demselben Exemplare anstellen kann und gezwungen ist jedesmal neue Individuen, oder doch neue Theile eines Individuums vorzunehmen, an welchen selbstverständlich die Spannungsintensität nicht gleich zu sein braucht und auch nicht gleich ist.

Diese Schwierigkeit fällt bei der Untersuchung für die *Querspannung* von selbst weg; hier kann man an ein- und demselben Baum oder Strauch zu den verschiedenen Tageszeiten immer dieselbe Stelle durch Lösen eines Rindenringes untersuchen und erhält daher eine viel reinere Darstellung des Gesetzes, als es die Untersuchung der *Längsspannung* zu geben vermag (Tabelle VIII, II. und X.).

Aus diesen Untersuchungen ergibt sich nun, einstimmig für Längs- und Querspannung ein *allgemeines Gesetz der täglichen Periodicität der Spannung* in folgender Weise:

Die Spannungsintensität des Gesamtpflanzenkörpers und jedes Theiles fällt unter den normalen Lebensverhältnissen vom frühesten Morgen an stetig bis in die Mittags- oder ersten Nachmittagsstunden, erreicht gewöhnlich gegen 2 Uhr Mittags das Tagesminimum und steigt von da ab

wieder bis zum Abend, wo sie auf der Höhe des Morgens wieder anlangt.

Diese Oscillationen der Intensität erfolgen Tag für Tag in gleicher Regelmässigkeit, im Frühling, Sommer und Herbst; selbst nach dem Blattfall setzen sie sich ungestört weiter fort bis in den Winter hinein und sistiren nur zur Zeit der Winterkälte.

Welches ist nun die Ursache eines solch' regelmässigen täglichen Ganges der Intensität? Sind dies spontane, von allen äussern und innern Einflüssen unabhängige Bewegungen, oder sind sie die Folgen anderer Kräfte?

Zur Beantwortung dieser Frage holen wir etwas weiter aus und betrachten einmal den Einfluss, welchen die wichtigsten äusseren Agentien, Wasser, Wärme, Licht u. s. w. überhaupt auf die Spannung üben; daraus wird sich der etwaige Antheil dieser Kräfte am täglichen Spannungsgang oder ihre Selbstständigkeit von selbst ergeben.

a. Das Wasser.

Versuche über den Einfluss des Wassers auf die Spannungsintensität kann man am naturgemässen so anstellen, dass man Pflanzentheile, die etwa einen Normalgehalt von Saft aus Bodenfeuchtigkeit besitzen, nachdem man sich z. B. an einem Ast derselben von ihrer Spannungsintensität überzeugt hat, einerseits *welken* lässt und im *welken* Zustand auf Spannung untersucht, andererseits aber bis zur Sättigung mit Wasser trinkt und dann analysirt.

Das allgemeine Resultat dieser Untersuchungen ist, *dass mit der Zunahme des Wassergehaltes der Gewebe eine Zunahme der vorhandenen Spannungsintensität und mit Wasserentziehung eine Abnahme derselben verbunden ist.*

Um diesen Vorgang zu verstehen, müssen wir die Aenderungen der Gesamtspannung in die Aenderungen zerlegen, welche die einzelnen Gewebe bei der Aenderung des Wassergehaltes erleiden.

Was zunächst das *Welken* betrifft, so ist dasselbe mit einer *Verkürzung sämtlicher Gewebe* verbunden. Misst man z. B. Epidermis und Mark eines Internodiums im normalen Zustand und lässt dann beide Gewebe durch Liegen an freier Luft welken, so verkürzen sich beide in dem Maasse als sie welken (Tabelle IX); doch ist der Grad der Verkürzung, den beide erreichen, nicht gleich; das saftreiche Mark verkürzt sich, wie sich erwarten liess, schneller, also in gleichen Zeiten mehr als die wasserarme Epidermis, oder Rinde.

Dies festgehalten ist nun ganz natürlich, einmal dass, wie bereits Hofmeister nachgewiesen hat,

eine Verkürzung des ganzen Internodiums eintritt; zweitens, dass die Spannungsintensität des Internodiums eine Erniedrigung erleiden muss, da die Intensität durch die relative Länge von Epidermis und Mark gemessen wird, diese aber durch die stärkere Verkürzung des Marks sich verändert. — Es scheint übrigens, dass bei der Abnahme der Spannungsintensität mit dem Welken auch die Abnahme der *Elastizität* der peripherischen Gewebe eine Rolle spielt. Gewiss ist wenigstens, dass ein Epidermisstreifen um so dehnbarer wird, je welker er ist. Man kann sich also vorstellen, dass das Mark, welches auch im welken Zustande des Internodiums noch beträchtlich länger ist als die Epidermis, wenigstens in den Fällen, wo es durch die Elastizität der Epidermis zusammengepresst war, seinem Ausdehnungsstreben leichter folgen kann als vorher, indem es die Elastizität der peripherischen Gewebe leichter überwindet, und dass hiermit eine Abnahme der Spannungsintensität mit bewirkt werden kann.

Die Gewebe der verschiedenen Internodien eines Sprosses oder, was dasselbe ist, die verschiedenen Altersstufen eines Gewebes sind in Bezug auf Schnelligkeit und den Grad der Verkürzung beim Welken durchaus nicht gleich. Am meisten und schnellsten verkürzen sich die jüngsten Gewebe; je älter die Gewebe werden, desto langsamer und weniger verkürzen sie sich, und in dem höchst-älteren (der Spannung) geht oft in der Zeit, wo die jungen Gewebe sich bedeutend verkürzen, keine Grössenänderung vor sich (Tabelle IX, 1 c. u. 2 b.). Daher muss es kommen, dass beim Welken die Aenderung der Spannungsintensität am schnellsten und stärksten in den jüngsten Internodien eintritt. —

Legt man andererseits gemessene Epidermis- und Markstreifen normaler Spannung in Wasser, so nehmen die *Epidermisstreifen* selbst nach tagelangem Aufenthalt darin keine Grössenänderung an; sie behalten ihre *ursprüngliche Länge*; dagegen verlängert sich das Mark schon nach einigen Minuten um mehrere Procent, und nach einigen Stunden oder Tagen so enorm, dass es bis gegen 40 % an Länge wachsen kann. — Es ist klar, dass wenn die Gewebe in der lebenden Pflanze noch nicht den Sättigungsgrad für Wasser erreicht haben, die Zufuhr von Wasser eine beträchtliche Erhöhung der Spannungsintensität verursachen muss.

Im Gegensatz zu dem bei der Wasserabgabe Bemerkten verhalten sich nun die verschiedenen Altersstufen des Markes in der Art, dass im *mittleren Alter*, also da, wo das Mark etwa seine

grösste relative Verlängerung beim Isoliren annimmt und die grösste Spannung herrscht, die grösste Ausdehnung desselben durch Wasser geschieht. Die Markprismen der verschiedenen Internodien nehmen nicht um so mehr an Länge zu, je jünger sie sind, sondern die Längenzunahme derselben im Wasser wächst anfänglich mit dem Alter, erreicht im Internodium des Längenspannungsmaximums ihr Maximum, und nimmt von nun an mit dem Alter wieder ab. — Daraus muss bei Wasserzufuhr die relative stärkste Vermehrung der Intensität im Internodium des Spannungsmaximums geschehen, und von dort nach oben und unten abnehmen. —

Die vorgeführten Beispiele berücksichtigen nur die Längspannung; es gelten übrigens dieselben Verhältnisse auch für die Querspannung, wie man sich durch das Welken von Rindenringen oder Einlegen derselben in Wasser leicht überzeugen kann. —

Aus dem Vorstehenden geht nun für die Gesamtspannungsintensität die wichtige Folgerung hervor, dass Schwankungen des Stoffgehaltes, seien sie nun durch Schwankungen der äussern Feuchtigkeit (des Bodens und der Atmosphäre) oder der Thätigkeit der zu- und abführenden Kräfte der Pflanze (Wurzelkraft, Holzkraft, Transpiration) bedingt, Schwankungen der Gesamtspannungsintensität der Pflanze hervorrufen müssen, und man könnte darauf hin vermuthen, dass die *täglichen periodischen Schwankungen* mit einer Zu- und Abnahme des Wassergehaltes der Gewebe verbunden seien, und etwa abhängen von der Periodicität der Wasser zu- und abführenden Kräfte, der Wurzelkraft und Transpiration.

Eine Abhängigkeit der Intensitätenperiode von den periodischen Schwankungen der Wurzelkraft ist schon deshalb sehr unwahrscheinlich, weil, wie wohl die Perioden der Wurzelkraft mit denen der Spannung der Zeit nach genau zusammenfallen *), beide gerade umgekehrt liegen, indem zur Zeit, wo die Wurzelkraft am meisten Wasser in die Pflanze führt, die Spannungsintensität gerade am geringsten ist. Uebrigens beweist sich die Unabhängigkeit der periodischen Intensitäten von denen der Wurzelkraft ganz einfach daraus, dass z. B. abgesägte, horizontal daliegende Aeste ebenso gut die Periodicität zeigen, als solche, die sich noch am bewurzelten Stamme befinden. (Vergl. Tabelle X, u. u. s. w.)

Was den Zusammenhang der Spannungsperioden mit einer periodischen Transpiration anlangt,

*) Hofmeister, Flora 1862. S 106; Sachs, Exp. Phys. S. 210.

so haben die entblätterten Stämme des Winters (also bei einem Minimum der Transpiration) und selbst unter Wasser gesetzte Aeste (vgl. Tab. X, II, III, IV u. s. w.; Tab. X, VI) ebenso gut ihren täglichen Periodengang als transspirirende, und es kann also von einem Causalzusammenhange zwischen beiden Phänomenen in der Art, dass die Transpiration die Intensitätenperiode bedinge, nicht die Rede sein *).

Wenn nun auch eine Abhängigkeit der Spannungsperioden von der Periode der Wasserkräfte der Pflanze nicht vorhanden ist, so ist damit noch nicht ausgeschlossen, dass die tägliche Periodicität nicht von periodischen Schwankungen des Wassergehaltes der Gewebe hervorgerufen sei. Ohne dass sich der absolute Wassergehalt der Pflanze ändert, ohne dass also die genannten Kräfte mit in's Spiel kommen, könnte der Gehalt der Gewebe an Wasser zu verschiedenen Zeiten verschieden sein, ja selbst bei constantem Wassergehalte der Gewebe, könnte nicht durch die verschiedene Vertheilung des Wassers derselben auf Haut und Inhalt **) eine Aenderung der Spannungsintensität erfolgen? oder selbst durch periodische Umlagerung der Wassermoleüle innerhalb der Zellhaut selbst?

Dagegen hat eine andere Frage viel Wahrscheinlichkeit für eine bejahende Antwort für sich, die nämlich, ob ein Minimum von Wasser überschritten werden darf (ob auch ein Maximum?), ohne dass die periodischen Aenderungen der Intensität sistirt werden, oder mit andern Worten, ob ein bestimmter begrenzter Wassergehalt der Gewebe eine Existenzbedingung der Periodicität ist.

*) Es ist vielmehr wahrscheinlich, dass die Perioden der Wurzelkraft und Transpiration Folgen der periodischen Spannungsintensität der Gewebe sind.

**) Nachdem Hofmeister nachgewiesen, dass die Spannung der Gewebe ihren Sitz vorwiegend in den Zellhäuten hat, könnte man die ganze Ursache der Periodicität in einer periodischen Wechselvertheilung des Wassers in die Zellhaut und den Inhalt suchen, und diese Vertheilung durch das Plasma des Inhalts reguliren lassen, indem man annimmt, dass die periodischen Aenderungen des Imbibitionsvermögens des Plasma's für Wasser eine periodische Aenderung des Wassergehaltes der Zellhäute veranlasse. Es liessen sich auch manche scheinbar sehr unterstützende Gründe für eine solche Auffassung beibringen, so z. B. dass zur Nachtzeit, wo die Spannung am grössten ist, also die Zellhaut das meiste Imbibitionswasser enthalten müsste, in vielen Fällen erwiesenermassen das Imbibitionsvermögen des Protoplasma's geringer ist, als am Licht (man muss dies aus den gewöhnlich zur Nachtzeit vor sich gehenden Zellheilungen schliessen); allein entscheiden, ob diese oder eine der oben ausgesprochenen Ansichten die richtige ist, lässt sich zur Zeit und mit unserer Methode überhaupt nicht.

Nach der Beobachtung von Sachs (Flora 1863. S. 501), dass die Mimosenblätter bei grosser Bodentrockne, ohne welk zu sein, ihre Beweglichkeit verlieren und „spannungsstarr“ werden, scheint es sehr wahrscheinlich, dass bei Ueberschreitung eines bestimmten Wassergehaltes der Gewebe, also bei einem Herabsinken der Spannung auf ein bestimmtes Minimum, deren Perioden aufhören, die Bewegungen derselben „trockenstarr“ werden. Denn wenn die periodischen Blattbewegungen, wie wir sehen werden, einfache Folgen der allgemeinen Spannungsperiodicität sind, so liegt der Gedanke ausserordentlich nahe, das Erstarren der Spannung der Blattkissen von einem Erstarren der allgemeinen Periodicität abzuleiten.

Darauf hin liesse sich z. B. denken, dass im Sommer bei ausserordentlicher Trockne, in unseren Klimaten ausnahmsweise, eine *Trockenstarre der Gewebespannung* bei Pflanzen mit geringen Wasserreservoiriren (Kräutern) eintreten könnte, und vermuthen, dass unter den Tropen im Sommer eine ebenso *regelmässige Trockenstarre* der Vegetation eintreten möchte, als bei uns im Winter die Pflanzenwelt in eine *normale Kältestarre* der Gewebespannung verfällt.

b) Die Temperatur.

Wie das Wasser einen doppelten Einfluss auf die Spannung übt, einmal durch die grössere oder geringere Menge, mit der es die Gewebe durchtränkt, dieselbe erhöht oder erniedrigt, dann auch eine Existenzbedingung der periodischen Oscillationen der Intensität ist, so auch die Temperatur. Hohe Temperaturschwankungen veranlassen Schwankungen der Spannungsintensität, und eine gewisse Grenze darf nicht, nach unten und oben (?), überschritten werden, wenn die Oscillationen der Intensität nicht sistirt werden sollen. Auch hierin gleichen sich die beiden Agentien ausserordentlich, dass im Ganzen die Empfindlichkeit der Spannungsintensität gegen dieselben nicht allzu gross ist.

So lange nämlich die Temperatur zwischen gewissen Mittelzahlen, etwa zwischen 8 und 30° C., also zwischen einer Grenze sich bewegt, welche die Temperatur des grössten Theiles der Vegetationsperiode umschliesst, habe ich durch die extremsten Schwankungen derselben keinen messbaren Einfluss auf die Intensität gefunden. Sprosse von *Sambucus* und *Glaucium*, die während einer mittleren Tagestemperatur von 20° fünf Stunden lang in Wasser von 14—16° einer- und 34—38° andererseits gehalten wurden, zeigten keine Intensitätenunterschiede (Tabelle X, 1.); in gleicher Weise Aeste von Kiefern, Sahlweiden und Vogelbeeren aus einer

Zimmertemperatur von 15° innerhalb weniger Stunden auf mehr als 40° (in Wasser) erwärmt.

Sinkt aber die Temperatur unter $7-8^{\circ}$, so tritt eine Erniedrigung der Intensität sehr rasch ein; denn Aeste aus einer solchen Temperatur in eine von $15-20^{\circ}$ gebracht, zeigen in kürzester Zeit eine namhafte Erhöhung ihrer Intensität zu einer Zeit, wo der normale Intensitätengang eine Erniedrigung derselben verlangt. (Tabelle X, u. s. w.)

Aus diesen Beobachtungen folgt nun, dass die tägliche Periodicität der Spannung von einem täglichen Wärmewechsel nicht inducirt sein kann; da nur in den wenigsten Tagen des Jahres eine solche Schwankung der Temperatur, wie sie zur Gewinnung des oben geschilderten täglichen Ganges der Intensität nöthig wäre, einmal ausnahmsweise vorkommen mag.

Dagegen ist nun die Existenz dieser Oscillationen geknüpft an eine bestimmte, freilich ziemlich weite Temperaturgrenze, innerhalb welcher die Periodicität regelmässig vor sich geht; über welche hinaus aber die Bewegungen der Intensität plötzlich stehen bleiben, und nicht eher wieder eintreten, bis die Temperatur wieder in die Grenzen eingelenkt hat.

Untersucht man unsere Laub- und Nadelbäume oder Sträucher im Winter bei einer Temperatur von $+1-3^{\circ}$ C. Wärme zu den verschiedenen Tageszeiten, so findet man ihre Intensität absolut regungslos Morgens, Mittags und Abends auf demselben Grade stehen; der bewegliche Zustand der Spannung ist in einen unbeweglichen übergegangen, er ist „erstarrt.“ Diese „Kältestarre“ dauert so lange, bis die Pflanze wieder in eine höhere Temperatur eintritt. Das Minimum der Temperatur, in welcher die durch Kälte starr gewordenen Laub- und Nadelhölzer unseres Klima's wieder Beweglichkeit der Spannungsintensität erlangen, ist $6-8^{\circ}$ C. Bringt man z. B. Aeste der bei der oben genannten Temperatur starr gewordenen Bäume in die letztgenannte, so geschieht erstlich eine merkbare Erhöhung der Gesamtspannungsintensität, was beweist, dass vor der Kältestarre die Intensität eine Erniedrigung erleidet; hierauf beginnen dieselben ihre regelmässigen täglichen Oscillationen. (Tabelle X, III u. V.) —

Versuche, die umgekehrt dazu angestellt waren, bei Ueberschreitung der Temperaturgrenzen gegen oben, eine Wärmestarre, wie sie Sachs (Flora 1863. S. 454 ff.) für die Reizbarkeit der Mimose nachgewiesen hat, allgemein für die Gewebespannung zu constatiren, haben nur das Resultat geliefert, dass bei einer Temperatur über 40° (in

Wasser), ja sogar über 50° die Periodicität längere Zeit (zwei Tage, und bei letzterer Temperatur einige Stunden) regelmässig sich fortgesetzt hat; nach Verfluss dieser Zeit gingen die Versuchsobjecte (Aeste von Laub- und Nadelhölzern) sehr rasch zu Grunde. (Tabelle X, VI u. VII.)

Als Schlussresultat aus allen diesen Beobachtungen über den Einfluss der Temperatur auf die Spannung lässt sich für die normalen Vegetationsverhältnisse unserer Klimate Folgendes aussagen:

Die Spannungsintensität unserer ausdauernden Gewächse muss, unter dem Einflusse der jährlichen Temperaturänderungen einen grossen jährlichen Periodengang machen: Im Frühling, wenn die Temperatur zum erstenmale aus der Kälte in einer Höhe von $7-8^{\circ}$ C. Wärme steigt, erwacht die während des Winters erstarrte tägliche Oscillation der Spannung zugleich mit einer namhaften Erhöhung; während des Sommers und Frühherbates bleibt die Spannungsintensität der Vegetation (vermöge der Temperatur) ungeändert; im Spätherbst sinkt mit der Temperatur die Gesamtspannungsintensität des Pflanzenkörpers, und erstarrt endlich mit dem Eintritt der ersten Winterkälte für die gesammte strengere Jahreszeit, jedoch nicht so, dass nicht wärmere Wintertage (Tabelle X, IV) die täglichen Bewegungen in den blattlosen Bäumen und Sträuchern zeitweise wachrufen könnten.

Auf den täglichen Periodengang haben Temperaturschwankungen nur an den Erstarrungsgrenzen einen unregelmässigen Einfluss. —

c) Das Licht.

Bringt man einen Ast, dessen normalen Spannungsgang man kennt, gegen Mittag etwa um 4 Uhr in einen dunkeln Raum oder unter einen dunkeln Recipienten, so dass derselbe vom Licht abgeschlossen ist, so findet man schon nach einer, höchstens nach 2 Stunden, dass die Spannung desselben auf die Nachthöhe gestiegen ist, zu einer Zeit, wo er am Licht auf sein Minimum gefallen wäre. Bringt man denselben hierauf, gegen 2 Uhr, wieder an's Licht, so beginnt dessen Intensität wieder zu sinken, und hat etwa um 4 Uhr bereits wieder eine Grösse angenommen, die der allgemeinen Intensitätengrösse der Stunde entspricht; von da ab folgt derselbe wieder dem normalen Gange. (Tabelle X, VI; XI, II, und XIII, b.)

Was hier mit dem Aste für die Querspannung versucht wurde, kann man mit demselben Erfolge mit Sprossen für die Längsspannung erfahren.

Daraus folgt nun, dass die Lichtintensität einen ausserordentlichen Einfluss auf die Spannungsintensität übt; Abwesenheit des Lichts erhöht, Anwe-

senheit desselben erniedrigt die Spannung, und zwar ganz proportional der Lichtmenge; man darf also sagen, dass die Spannungsintensität eines Organs der vorhandenen Lichtmenge umgekehrt proportional sei. —

Lässt man einen Ast oder Sprosse von Morgens bis Abends unter dunkeln Recipienten und untersucht, wie bei Beobachtung der normalen täglichen Periodicität, in Zeitabständen von 2 Stunden, so findet man nicht den regelmässigen Gang der Intensität wie am Tageslicht, sondern die Spannung *fortwährend auf der Nachthöhe stehen, und um diese ein mehr oder weniger regelmässiges Oscilliren der Intensität in sehr kurzen (etwa zwei-stündigen) Zeitintervallen.* (Tabelle XI, 1, II.)

Dies im Zusammenhalt mit dem Vorigen zeigt nun mit Bestimmtheit, dass *die regelmässige tägliche Periodicität der Spannungsintensität eine Lichtperiode ist, d. h. durch den täglich sich wiederholenden Wechsel der Lichtintensität hervorgerufen wird.* Denn in derselben Weise, wie das Licht am Morgen zunimmt, sinkt die Spannungsintensität der Pflanze, erreicht zur Zeit der grössten Lichtmenge, am Mittag, ihr Minimum; und steigt mit dem Abnehmen des Lichtes wieder bis in die Nacht; durch eine beliebige Regulirung des Lichtes lässt sich eine beliebige Spannungsintensität erzeugen; der normale Spannungsgang des Tages hört auf, sobald der normale Lichtgang des Tages zerstört wird.

Merkwürdig ist nun aber, dass bei der Abwesenheit des Lichtes die Oscillationen der Spannungsintensität (anfänglich) nicht aufhören, sondern in ganz kurzen Schwingungen auftreten, ähnlich den rasch sich folgenden Hebungen und Senkungen der beweglichen, im Dunkeln befindlichen Blätter. Diese Erscheinung lässt sich nicht anders deuten, als dass die Pflanze eine von *allen äusseren Einflüssen unabhängige Periodicität der Spannung hat*, deren Oscillationen in sehr kurzen Zeiträumen schwingen. Diese spontanen Oscillationen der Spannungsintensität müssen für gewöhnlich *) so schwach sein, dass sie durch die tägliche Lichtperiode der Intensität verdeckt und am Tage un wahrnehmbar gemacht werden, dagegen nur bei Nacht, oder wenn man die Lichtperiode durch constantes Licht oder Dunkel vernichtet, hervortreten. —

Allein für die Dauer sind diese spontanen, wie andere Intensitätenschwankungen doch an den Einfluss des Lichtes gebunden; ebenso wie ein bestimmter Wärmegrad für die Erhaltung der Lichtperiode nothwendig war, ist für Erhaltung der

*) Vgl. hierzu Sachs, Flora 1863. S. 484.

spontanen Oscillationen der Einfluss des Lichts auf die Dauer nicht zu entbehren; die Beweglichkeit der Intensität existirt nur im „Phototonus“, wie im „Thermotonus.“ Denn wenn man einen Ast z. B. mehr als einen Tag im Dunkeln lässt, so hören die während des ersten Tages stattgehabten kurzwährigen Oscillationen ganz auf, und kehren nicht wieder, bis derselbe dem Licht wieder ausgesetzt wird. Die Spannung wird also in zu geringem Lichte starr, wie in geringer Wärme; sie wird in „Dunkelstarre“ versetzt *).

Aus den bisherigen Untersuchungen über die Periodicität und ihre Ursachen ergeben sich nun allgemein folgende Sätze:

1. Die durch das jeweilige Wachstumsverhältniss der Gewebe zunächst bedingte Spannungsintensität ist innerhalb gewisser Grenzen durch die äusseren Kräfte des Lichts, der Wärme, des Wassers modificationsfähig **).

2. Die jedesmalige Grösse der Spannungsintensität eines Organes ist daher neben der Wachstumsintensität der Gewebe ein Product aus dem Zusammenwirken der genannten Kräfte.

3. Unter normalen Verhältnissen besteht auf diese Weise durch die tägliche Aenderung der Lichtintensität eine tägliche Periode und

4. Durch die jährliche Aenderung der Wärme eine jährliche Periode der Spannungsintensität.

5. Daneben besitzt die Pflanze noch spontane, ganz unabhängige Oscillationen ihrer Intensität von kurzer Schwingungsdauer, die gewöhnlich ***) am

*) Bei den Wirkungen der Wärme und des Lichts habe ich absichtlich eine Erklärung derselben nicht versucht, um nicht das mit Sicherheit Festgestellte mit Hypothetischem zu vermengen. Es sprechen bis jetzt alle Gründe dafür, dass Licht und Wärme direct oder indirect auf die Vertheilung des Wassers in den Geweben wirken, und zwar so, dass die Erhöhung der Temperatur und die verringerte Lichtintensität einen stärkern Wassergehalt in den Geweben, sei es nun im Ganzen oder in den Membranen, herbeiführen, und dadurch eben die Intensität vermehren. Allein ob dies die einzige Ursache der Spannungsänderung ist, lässt sich bis jetzt nicht sagen.

**) Andere, auf die Spannungsintensität wirkende Einflüsse, die *Schwerkraft und mechanische Einwirkungen*, denen man keine Bedeutung für die *Periodicität* beimessen kann, werden weiter unten betrachtet werden.

***) Wenn man die kurzperiodischen Blattbewegungen von *Desmodium gyrans* für die Folge der spontanen Intensitätenperiodicität der ganzen Pflanze hält, so ist bei dieser Pflanze die letztere offenbar stärker, als die *meteorische* Periodicität (des Lichts, der Wärme u. s. w.).

Tage von der Lichtperiode verdeckt sind und nur im Dunkeln (bei Nacht) hervortreten.

6. Dieser periodisch bewegliche Zustand der Intensität ist für die Dauer an ein gewisses Maass von Licht, Wärme u. s. w. gebunden, über welches hinaus derselbe nicht existenzfähig ist, sondern in einen unbeweglichen übergeht, in Starre verfällt, aus welchem nur die Rückkehr in die bestimmten Grenzen der äusseren Kräfte die Beweglichkeit wieder herstellt.

IV. Einige Bemerkungen über die Folgen der Spannung für das Pflanzenleben.

1. Einseitige Einwirkungen äusserer Kräfte auf die Gewebespannung.

Von Natur aus sind die Stengel- oder Stammgewebe um die Achse sowohl in Richtung des Radius, als der Tangente symmetrisch vertheilt; wenn daher ein Spross oder Stamm normal gewachsen ist, muss auch die Spannung desselben symmetrisch vertheilt, d. h. auf allen Seiten gleich gross sein. Schält man also z. B. an einem gut gewachsenen Internodium eines Sprosses Epidermisstreifen aus den verschiedenen Seiten desselben, so zeigen sich dieselben immer gleich lang und deshalb auch gleich stark gespannt. Dasselbe gilt von verschiedenseitigen Streifen der Rinde, des Holzes und der Markschichten. In allen Geweben eines Internodiums ist die Längsspannung auf den verschiedenen Seiten desselben gleich gross. — Aber nicht allein in der Länge, auch im Umfange sind die Gewebe normaler Weise auf allen Seiten gleichmässig entwickelt, und daher auch die Querspannung auf allen Seiten eines Stammes an einer bestimmten Stelle ringsum gleich gross. Man sieht dies, wenn man eine Stammquerscheibe durch einen axilen Radialschnitt halbirt und die Verkürzung der beiden Rindenhälften beim Isoliren vergleicht; sie ist in beiden gleich gross.

Nun ist aber klar, dass die durch das symmetrische *Wachsthum* der Pflanze hervorgebrachte symmetrische Spannungsvertheilung nur so lange wirklich symmetrisch bleiben kann, als die oben genannten äusseren Kräfte des Lichts, der Wärme, des Wassers u. s. w., die an sich eine Aenderung der Spannung hervorzubringen fähig sind, *allseitig gleich* auf den Stamm oder Spross wirken; die Längsspannung eines Sprosses, die Querspannung eines Stammes sind, selbst bei ganz normalem Wuchse, nur dann allseitig gleich gross, wenn z. B. das Licht allseitig gleich stark einfällt; würde ein Spross, ein Stamm *einseitig* vom Lichte stärker getroffen, so muss, nach dem über das Licht Mitgetheilten,

die getroffene Seite, trotz ihres den übrigen Seiten gleichen Wachstums, eine niederere Spannung haben, als die entgegengesetzte, indem die getroffene Seite die Tages-, die nicht getroffene die Nachtspannung oder eine ihr nahe liegende zeigen wird. — Unter den oben genannten äusseren Kräften scheint ausser dem *Licht* keine mehr fähig zu sein, durch einseitige Einwirkung einen *beträchtlichen* Unterschied der Spannung auf den verschiedenen getroffenen Seiten zu bewirken. Dagegen gesellt sich dem Lichte noch eine andere Kraft bei, deren normale Wirkung auf die Spannung und das Pflanzenleben bis jetzt noch unbekannt ist, die *Schwerkraft*; sie ist gleichfalls im Stande, durch einseitige Wirkung einseitige Aenderungen der Spannungsintensität hervorzurufen.

Wir müssen auch bei der Betrachtung der einseitigen Spannungsänderungen durch Licht und Schwerkraft von vorneherein auf jedes nähere Eingehen auf die molecularen Vorgänge bei diesen Processen verzichten, und wollen nur soviel bemerken, dass, wenn man für die Schwerkraft die klare Hypothese, wie sie Sachs (Exp. Phys. S. 509 — 10) entwickelt hat, annimmt, und für die Lichtwirkungen überhaupt die Verminderung der Spannung durch eine Verminderung oder Dislocirung des Wassergehaltes der Gewebe erklärt — unter diesen Umständen die Wirkungen des Lichts und der Schwerkraft von vornherein unter *einer* Kategorie fallen. In beiden Fällen wird dann durch eine äussere Kraft auf *einer* Seite des Stengels oder Stammes (auf der beschatteten bei den Licht-, auf der untern bei den Schwerkraftswirkungen) die Spannung dadurch vermehrt, dass zunächst der Wassergehalt dieser Seite überhaupt oder der der Membranen grösser, und in Folge dessen ein *stärkeres Wachsthum* der Gewebe dieser Seite eingeleitet wird. *Dies ungleiche Wachsthum* der verschiedenen Seiten führt selbstverständlich eine Spannungsänderung der Gewebe und des Internodiums, und damit für die *Längsspannung* die bekannten, von Hofmeister und Sachs beschriebenen Richtungsänderungen (Krümmungen) der Pflanzentheile und für die *Querspannung* analoge Erscheinungen herbei.

Auf die *anatomischen* Vorgänge in den Geweben bei diesen Spannungs- und Richtungsänderungen wollen wir etwas näher eingehen, und zunächst die Wirkungen der Schwerkraft in der Reihenfolge schildern, wie sie der Zeit nach in niedergelegten Sprossen successive sich einfinden.

Legt man entpilpelte und entblätterte Sprosse horizontal z. B. auf feuchtes Fliesspapier, fixirt ihr unteres Ende mit Nadeln und bringt dieselben in's Dunkle, so ist gewöhnlich nach 2—3 Stunden die erste,

ganz leichte Aufwärtskrümmung derselben zu bemerken. Nimmt man nun die verschiedenen Gewebe an der Krümmungsstelle streifenweise hinweg, und vergleicht ihre relative Grösse auf der Ober- und Unterseite, so findet man zunächst nur einen Unterschied in der Grösse der oberen und untern *Epidermis* (Rinde); die der Unterseite ist 1—2% grösser als die der oberen, die übrigen Gewebe unter sich gleich.

Hat nach Verfluss mehrerer Stunden die Krümmung weiter zugenommen, so findet man bei der Analyse den Grössenunterschied zwischen den beiderseitigen *Epidermen* bedeutender geworden, gleichzeitig ist auch die *Rinde* auf Ober- und Unterseite ungleich lang geworden. Holz und Mark der beiden Seiten sind noch unverändert gleich lang.

Mit der Zunahme des Krümmungsbogens in den nächsten Stunden wird auch das *Holz* in Mitleidenschaft gezogen; ein Holzstreifen von Ober- und Unterseite sind ungleich gross; das Missverhältnis zwischen der Grösse der ober- und unterseitigen *Epidermis* und *Rinde* ist weiter gewachsen. Nur noch das *Mark* ist allseitig symmetrisch.

Endlich nach Verlauf von 12—24 Stunden ist auch im *Mark* der unterseitige Theil länger geworden, als der nach oben gekehrte. (Tab. XII, 2)*).

Durch Messungen an den Zellen dieser Gewebe kann man sich direct überzeugen, dass das Längerwerden der Gewebe der Unterseite auf einem wirklichen *Längerwachsthum der Zellen* beruht. (Tab. XII, 3.) —

Während, wie wir gesehen, unter normalen Verhältnissen (im aufrechten Spross) die Länge der Gewebe von einer Seite eines Internodiums zur diametral gegenüber liegenden sich so verhält, dass von der *Epidermis* der einen Seite eine successive Zunahme bis zur Achse des Markes, und von diesem eine eben solche Abnahme bis zur jenseitigen *Epidermis* stattfindet — sind bei den Krümmungen der Internodien die Gewebelängen so geändert, dass von einer Seite (der oberen) zur andern (untern) eine ganz allmähliche Zunahme der Länge vorhanden ist. Damit ist natürlich auch eine Spannungs-

*) Dass in allen diesen Fällen die Verlängerung der Unterseite, auch von einer geringeren Verlängerung der oberen begleitet ist, und mithin während der Krümmung eine Verlängerung des ganzen Internodiums erfolgt — das ist, da die Krümmung überhaupt nur in wachsenden Internodien und zwar immer an der Stelle der grössten Wachstumsintensität stattfindet, ganz selbstverständlich; übrigens ist es von Hofmeister (Schwerkraftskrümmungen S. 183 f.) und Sachs (Exp. Phys. S. 502) bewiesen worden.

änderung der Gewebe vor sich gegangen; während früher auf jeder Hälfte des Internodiums ein ungespanntes Gewebe lag, ist jetzt in den beiden Hälften zusammen nur ein einziges ungespanntes Gewebe vorhanden, und die Spannung so geordnet, dass sie von der einen zur andern Seite stetig zunimmt. —

Treten in einem längsgespannten Internodium die eben geschilderten anatomischen Aenderungen ein, so ist klar, dass von dem Moment an, wo die untere *Epidermis* nur um etwas grösser geworden ist als die obere, auf der untern Seite die längern innern Gewebe (*Rinde* bis *Mark*) im Stande sind, ihre eigentliche grössere Länge mehr anzunehmen, als die auf der Oberseite, und dass somit eine leichte Krümmung des Sprosses nach der Gegenseite statthaben muss. Diese Krümmung vermehrt sich von Stunde zu Stunde, nicht allein dadurch, dass die gedehnten untern Gewebe fortwährend länger werden, und der Länge der innern (zusammengedrückten) Gewebe mehr und mehr nachzugeben vermögen, sondern auch wohl dadurch, dass überhaupt die Gewebe der Unterseite die der Oberseite an Länge übertreffen, und einen viel stärkeren Zug auf die sämtlichen Gewebe der Oberseite ausüben können, als im normalen Falle.

Man sieht aus dem Vorstehenden, wie die *Krümmungsfähigkeit* eines Internodiums in erster Linie von der Streckungsfähigkeit seiner Gewebe abhängt; wie aber in zweiter Reihe die Spannung und ihre Intensität die Krümmung wesentlich vermehren hilft. Im normalen Internodium fallen nun, wie wir oben gesehen haben, beide Factoren einer kräftigen Krümmung immer zusammen, indem mit der grössten Streckung stets die grösste Spannung verbunden ist. (Tabelle III, 1.) Man kann daher die Krümmungsfähigkeit eines Internodiums auch einfach durch seine Spannungsintensität messen, und sagen, dass ein Internodium um so krümmungsfähiger ist, je stärker die Spannung desselben ist. In der That geschieht auch die Krümmung eines Sprosses, stets an der Stelle der stärksten Spannung, im *Spannungsmaximum*. (Tabelle XII, 1)*).

Diese Erfahrungen legen die Vermuthung nahe, dass die *Krümmungsunfähigkeit*, z. B. der krie-

*) An den *Blüthenständen* (Dolden, Trauben) ist die Spannungsintensität des *gemeinschaftlichen* Blüthenstiels immer grösser als die des *besondern* (*Rosa*, *Heracleum*, *Pimpinella*, *Centranthus* u. s. w.), daher krümmt sich beim Niederlegen derselben der *gemeinschaftliche* Blüthenstiel und überhebt die besondern einer Krümmung; fixirt man aber den *gemeinschaftlichen* bis an seine Spitze mit Nadeln, so machen die besondern ihre Krümmungen.

chenden oder hängenden Stengel, einfach ihren Grund darin haben könnte, dass in denselben der Grad von Spannung (Streckungsfähigkeit) der Gewebe, wie er zu einer Krümmung nothwendig ist, überhaupt nicht zu Stande kommt, und deshalb eine Krümmung unmöglich ist. Um die Richtigkeit dieser Ansicht zu prüfen, wurde die Spannungsintensität niederliegender Stengel gemessen und damit diejenige verglichen, welche für gewöhnlich sich aufrichtende Stengel besitzen und noch besitzen müssen, wenn sie sich aufrichten sollen. Eine solche Untersuchung lehrt *) (Tabelle XII, 4 und 5), dass die Spannungsintensität und Streckungsfähigkeit der Gewebe niederliegender Stengel so ausserordentlich gering ist, dass sie das Minimum (4—5 %), welches für eine Krümmung erforderlich ist, nie erreicht. *Kriechende oder hängende Stengel richten sich also deshalb nicht auf, weil ihnen von Natur aus die nöthige Streckungsfähigkeit und Spannung der Gewebe abgeht, und diese fehlt denselben aus morphologischen Gründen.*

Wir haben Eingangs bei der Längsspannung gesehen, dass aus der ganzen Knospeneinrichtung nothwendig eine ungleiche Grösse der peripherischen und axilen Gewebe eines Internodiums resultiren muss, und bereits bemerkt, dass die Art der Blatt- und Internodienentwicklung in der Knospe auf die Intensität der Längsspannung einen bedeutenden Einfluss üben muss, indem je zahlreicher die Blätter am Vegetationspunkte dicht über einander mit Vernachlässigung der peripherischen Internodialgewebe gebildet werden, desto kleiner die letzteren den axilen Internodialgeweben gegenüber werden müssen, und eine desto grössere Gewebespannung resultiren muss.

Gerade in letzterer Hinsicht besteht zwischen den niederliegenden oder hängenden Sprossen einer- und den senkrecht emporstrebenden andererseits ein merkwürdiger Unterschied. Während bei allen exquisit sich aufrichtenden Stengeln am Vegetationspunkte dicht über einander die Blätter angelegt werden, ohne dass zwischen denselben für die peripherischen Gewebe der zugehörigen Internodien (deren axile Gewebe im Innern bereits angelegt sind) der nöthige Raum bliebe, wird bei den niederliegenden und hängenden Stengeln (*Fragaria*, *Potentilla anserina*, *Glechoma*, *Ranunculus re-*

pens, *Rubus*, *Casuarina*, *Ephedra*), nachdem ein Blattpaar angelegt ist, nicht eher ein zweites gebildet, bis das zugehörige Internodium bereits angelegt und zu einer gewissen Ausbildung gelangt ist. Die Folge dieser ungleichen Entwickelungsweise ist, dass im erstern Falle in den Internodien zwischen der Länge der axilen und peripherischen Gewebe ein grosser Unterschied besteht, und dadurch eine hohe Spannung zu Stande kommt, im letztern Falle aber sich die peripherischen und axilen Gewebe (und ihre Zellen) fast gleich lang entwickeln, und daher der Längenunterschied und die Spannung zwischen beiden nur sehr gering ist.

Kommt nun im erstern Falle durch Zufall oder Absicht ein Spross horizontal zu liegen, so muss bei der bedeutenden Spannung desselben die stärkere Verlängerung der Unterseite sofort eine Aufwärtskrümmung desselben veranlassen; im letzteren Falle dagegen wird, bei einer sehr geringen Spannung, und der schon frühzeitig vollzogenen Streckung der Gewebe (in der Knospe) die Schwere erfolglos bleiben. —

Die Einwirkung der Schwerkraft auf die *Querspannung* ist, wie zu erwarten stand, eine der auf die Längsspannung geübten ganz analoge: beim Niederlegen von Stengeln *verlängern* sich nicht allein die Gewebe und Gewebezellen der Unterseite stärker als die der Oberseite, sie wachsen auch stärker in die *Breite* (Tabelle XII, 3). Die unterseitigen Gewebe nehmen daher einen stärkern *Umfang* an, und das Dickenwachsthum des Internodiums wird excentrisch, der Querschnitt desselben zeigt nach unten grössere Radien als nach oben. Diese Erscheinung findet man nicht allein an Sprossen, die noch eine Längsspannung besitzen, sondern auch an rein quergespannten alten Aesten, Stämmen, Wurzeln. Das gewöhnliche excentrische Wachsthum der Baumwurzeln (v. Mohl, Bot. Ztg. 1862. S. 273 f.), das häufig excentrische Wachsthum horizontal streichender Aeste (*Ailanthus*, *Paulownia*, *Juglans* u. s. w.) — sind einfach die Folgen der Schwerkraftswirkungen auf die *Querspannung* *).

*) Ein ganz vorzügliches Material dafür sind *begrenzte* Blütenstände, in welchen man von einer bestimmten Zeit an jeden beliebigen Spannungsgrad haben kann. Sobald die Gipfelblüthe *verblüht* hat, ist das Minimum der Spannung für die Krümmungsmöglichkeit eingetreten — ein Fruchtstand, selbst ein sehr jugendlicher, krümmt sich gewöhnlich nicht mehr.

*) In den *holzigen* Achsen wirkt die Schwere zunächst auf die *Bündengewebe*; die Zellen und Gewebe derselben auf der Unterseite werden *breiter*, und daher für's erste die *Querspannung* auf dieser Seite geringer. In Folge dieser verringerten Spannung werden die Nahrungstoffe auf dieser Seite sich anhäufen und der Holzkörper diessseits ein stärkeres Dickenwachsthum beginnen (über die Möglichkeit einer solchen Anschauung vgl. unten den Einfluss der Spannung auf den Stofftransport). — Den Einfluss des *Lichts* auf das Excentrischwerden des Holzkörpers hat man sich ebenso zu denken.

Alle bisher als Schwerkraftsäusserungen aufgeführten anatomischen Aenderungen in Sprossen und Stämmen gelten genau auch für die Wirkungen, welche einseitig einfallendes Licht hervorruft. Sowohl beim positiven als beim negativen Heliotropismus sind die anatomischen Aenderungen die gleichen wie bei den Schwerkraftswirkungen. —

Endlich sei hier noch einer Kraft gedacht, die wohl nicht immer, aber sehr häufig einseitige Einwirkung auf die Spannung der Pflanze übt — die mechanische Erschütterung.

Der Einfluss künstlicher Erschütterung auf die Längsspannung wurde von Hofmeister entdeckt und durch eine Reihe der sinnreichsten Versuche erklärt. Solche Wirkungen mechanischer Erschütterungen kommen auch spontan in der Natur selbst vor. Man kann nach heftigem Regen, nach starken Windstößen und Stürmen im Sommer sehr häufig an Blättern und Sprossen die „Erschütterungserscheinungen“ d. h. Beugungen derselben nach einer Seite vorübergehend wahrnehmen; ja, wo solche Erschütterungen stetig und immer von einer Seite her geschehen, bilden sich in Folge dessen sogar bleibende einseitige Krümmungen aus. So krümmen sich auf höheren Gebirgen — eine in Landschaftsbildern sehr häufig verwendete Erscheinung — die schwanken Zweige exponirter Bäume ganz gewöhnlich von der Wetterseite, d. h. derjenigen Seite, wo sie stetig von Regen und Sturm getroffen werden, nach der entgegengesetzten ab, ähnlich wie in dem schönen Hofmeister'schen Versuche sich die Sprosse von einem anschlagenden Uhrpendel wendeten.

Die Ursachen dieser Krümmungen sind, nach Hofmeister's leicht zu bestätigendem Beweise, die mit solchen Erschütterungen stets verbundenen ungleichmässigen Zerrungen und Dehnungen der durch ihre Elastizität die Ausdehnung der inneren Gewebe hindernden peripherischen Gewebe, die zur Folge haben, dass eine ungleichmässige Verminderung der Elastizität auf verschiedenen Seiten der Sprosse zu Stande kommt, und die letzteren hierauf eine Beugung nach der Seite eingehen, auf welcher durch die Erschütterung die Elastizität weniger vermindert worden ist *). Gleichzeitig ist mit diesen Erschütterungsbeugungen, wie Hofmeister ebenfalls zuerst nachgewiesen hat, eine Verlängerung des ganzen Sprosses verbunden, und daher also die uralte Meinung der Praktiker, dass Wind und Sturm das

„Wachstum“ der Pflanzen befördern, buchstäblich richtig.

Für die Querspannung sind die Wirkungen mechanischer Erschütterungen ganz ähnliche wie für die Längsspannung. Die Zerrung der Rinde (wenn man z. B. einen mässig dicken Ast öfter hin und her biegt) bewirkt zunächst eine Abnahme der Elastizität der Rindengewebe und damit der Gesamtspannungsintensität derselben, wobei aber eine Zunahme des Umfangs wenigstens bei Holzgewächsen (wo von einer Pressung des Holzes nicht die Rede sein kann) für den Augenblick nicht erfolgt. Dagegen muss eine öfter wiederholte Biegung und die damit verbundene dauernde Spannungsverminderung der Aeste und Stämme im Laufe der Jahre ein stärkeres Dickenwachstum des Holzkörpers zur Folge haben. So wenigstens kann man sich allein die merkwürdigen Beobachtungen Knight's erklären, welcher fand, dass Bäume an den Stellen, wo sie vom Winde gezerzt werden, dicker werden als an den unbeweglichen; ferner, dass bei Stämmen, welche nur in einer Ebene vom Winde in Bewegung gesetzt werden können, der Holzdurchmesser in der Bewegungsebene grösser wird als in der darauf senkrecht stehenden, dass der Querschnitt des Stammes eine Ellipse bildet, deren grosse Achse in der Bewegungsebene liegt *).

2. Ueber die Bedeutung der Spannung, insbesondere der Querspannung für den Stofftransport in der Pflanze.

Es ist wiederum das Verdienst Hofmeister's zuerst den Gedanken ausgesprochen zu haben, dass die Gewebespannung ein wichtiger Factor in dem Ernährungsmechanismus der Pflanze ist: er hatte versucht den Spannungsverhältnissen beim Zustandekommen der „Wurzelkraft“ eine wesentliche Rolle zu ertheilen (Flora 1862. S. 150 ff.). — Gleich darauf wurden die Spannungskräfte von Sachs in der ausgedehntesten Weise für die Translocation assimilirter Stoffe in Anspruch genommen (Flora 1863. S. 67 ff.) und endlich in der „Experimentalphysiologie“ die Gewebespannung ganz allgemein als eine „der bewegenden Kräfte“ bei der Stoffwanderung in der Pflanze abgehandelt.

Sachs überträgt der Gewebespannung nicht nur beim Stofftransport durch communicirende Röhren

*) Die Aufrichtung künstlich erschütterter und gebeugter Sprosse geschieht durch die Schwerkraft und durch die von ihr hervorgerufenen anatomischen Aenderungen im Spross. —

*) So verhielten sich bei jungen Apfelbäumen von etwa 1 Zoll Stammdurchmesser die Aohsen der Querschnitts-ellipsen nach einer einjährigen Bewegung in einer Richtung wie 13 : 11. — Knight, Philos. Transact. 1803. S. 277 ff.; übersetzt in Treviranus, Beitr. z. Ph. phys. S. 130 ff.; S. 134 f. und S. 158. — Vgl. auch de Candolle's Phys. von Röper I. 124. —

(Milchsaftegefäße, Siebelemente) eine Rolle, was vor ihm bereits Nägeli angedeutet hatte*), indem er z. B. das Austreten dicker Schleimtropfen aus dem Weichbast durch Spannungsverhältnisse erklärt (Exp. phys. S. 399), sondern macht insbesondere auch die Wirkung derselben auf *geschlossene Gewebe* in folgenden Worten geltend:

„Die Gewebespannung kann dahin wirken, gelöste Stoffe durch die Zellhäute hindurch zu filtriren, sie mechanisch hindurch zu pressen. Dass dies geschieht, zeigt jeder Querschnitt durch saftige Stengel und Wurzeln; der in dem Parenchym und in den nicht durchbohrten Cambiformzellen (*Beta*, *Brassica*, *Allium Cepa*) enthaltene sowohl alkalische als saure Saft tritt in so grossen Mengen hervor, dass er unmöglich bloss aus den zufällig durchschnittenen Zellen abstammen kann; offenbar kommt der grösste Theil des ausquellenden Saftes aus den vom Schnitt entfernteren Zellen. Da diese aber geschlossen sind, so ist ein Austritt nur durch Filtration möglich; den dazu nöthigen Druck liefert das im Ausdehnungstreben begriffene Parenchym, dessen Ausdehnung durch die Epidermis, das Holz, überhaupt die elastischen passiven Gewebe gehindert wird. Jede Parenchym- und Cambiformzelle befindet sich in einem Zustand, als ob sie von aussen her zusammengedrückt würde, und der Druck genügt, ihren Saft durch die geschlossene Zellhaut hindurch zu pressen. Der Durchtritt erfolgt selbstredend in Richtung des geringsten Widerstandes, der an der Schnittwunde liegt. In der unverletzten Pflanze wird aber, so lange sie wächst, der geringste Widerstand in den Knospen und Wurzelspitzen, d. h. in den stoffverbrauchenden Theilen liegen; hier herrscht keine Gewebespannung, hier dehnen sich die Zellen aller Gewebeformen aus, hier wird Platz gemacht für neu aufzunehmende Stoffe. Der in den differenzirten älteren Geweben herrschende Druck muss nothwendig die in ihnen enthaltene Flüssigkeit nach jenen Stellen geringsten Widerstandes hintreiben.“ Exp. phys. S. 394.

So lange nur das Wenige von der Gewebespannung des Stammes bekannt war, was bisher veröffentlicht ist, so lange man von einer durch den ganzen Stamm vorhandenen sehr hohen Spannung der Gewebe in *der Quere* nichts wusste, war es nicht wohl möglich, auf die Wirkungen der Spannkraft für die Pflanzenernährung näher einzugehen, als es in den vorstehenden Worten geschehen ist. Unsere Untersuchungen, über die Querspannung insbesondere, erlauben einen Schritt näher in der Betrachtung

des Stofftransportes durch Kräfte, welche die Spannung liefert, zu gehen.

Wir wollen uns aber von den Wirkungen, welche die Gewebespannung für die Translocation der flüssigen Stoffe in den Geweben alle haben mag, nur auf die nähere Erörterung einer einzigen, wie es scheint der wichtigsten beschränken. Es ist wahrscheinlich, dass die Dehnung oder Compression bei der *Längsspannung* für die Bewegung der Stoffe innerhalb des *Triebes* eine hohe Bedeutung hat, dass z. B. die Compression des Markes in den älter werdenden Internodien mit der Entleerung desselben von allem Inhalt in directem Zusammenhang steht; es ist ferner wahrscheinlich, dass die endosmotischen und Filtrationseigenschaften eines Gewebes, je nachdem es positiv, negativ gespannt oder spannungslos ist, nach den bestimmten Richtungen der Spannung modificirt werden; — allein alle diese Wirkungen bedürfen noch eines eigenen experimentellen Studiums, und sollen hier nicht weiter berücksichtigt werden. Was hier allein ins Auge gefasst werden soll, das sind die ganz evidenten *Druckwirkungen*, welche durch die *Querspannung* hervorgebracht werden müssen, Kräfte, welche so gross und so vortheilhaft an dem Achsenkörper der Pflanze vertheilt sind, dass es schwer einzusehen wäre, wie dieselben nicht die wichtigsten Factoren beim Stofftransport, bei der Translocation verflüssigter Assimilationsproducte durch offene oder geschlossene Zellen und Gewebe sein sollten.

Denken wir uns einmal einen Stamm in schematischer Einfachheit für unsern Zweck als aus einem axilen, incompressibelen Holzcyliner bestehend, über welchen eine Rinde gespannt ist, welche aussen aus einer festen Peridermhaut besteht, innen aber anstatt des Parenchyms und Bastes einstweilen eine flüssige Nahrungsmasse besitzen mag; so muss den gefundenen Thatsachen zu Folge, diese Rinde für den Holzcyliner zu eng und daher quergespannt sein. Sie muss ferner vermöge ihrer Elastizität eine Rückwirkung auf das sie dehnende Holz üben, die übrigens an diesem, seiner hohen Elastizität wegen, wirkungslos ist, dagegen in ihrer ganzen Kraft die zwischen ihm und dem Periderm befindlichen Nahrungsflüssigkeit trifft, und derselben das Bestreben ertheilt, entweder in der Richtung des Holzradius oder dem Stamm parallel nach oben und unten auszuweichen. Die letztere Wirkung müsste insbesondere dann mit Evidenz eintreten, wenn der Druck an einer bestimmten Stelle des Stammes, z. B. in der Mitte stärker wäre als an den beiden Enden; es müsste dann offenbar die Rindenflüssigkeit nach den beiden Enden hin gepresst werden.

*) Sitzungsber. d. königl. bayr. Acad. 1861. S. 21.

Der Stamm oder Stengel irgend einer Pflanze besitzt mittelst der Querspannung in der That einen Druckmechanismus der eben geschilderten Art, in dem die rückwirkende Elastizität der vom Holz gedehnten Rinde, insbesondere des Periderms auf die im Parenchym und Bast enthaltenen Nahrungstoffe einen hohen Druck übt, und dieselben sowohl in das Innere des Stammes (in das Holz und Mark) als dem Stamm parallel gegen oben und unten fortzutreiben sucht. Der Druck, dem die Bindenstoffe an verschiedenen Stellen eines Stengels oder Stammes ausgesetzt sind, ist offenbar der gefundenen Spannungsintensität an diesen Stellen proportional, und wir können daher den im Stengel und Stamm gefundenen Intensitätengang der Rindenspannung dazu benutzen, die Richtung, nach welcher die Nahrungstoffe der Rinde getrieben werden, zu eruiern, indem selbstverständlich diese Stoffe von der Stelle des grössten Druckes in der Richtung des abnehmenden Druckes fortbewegt werden, und also die Nahrungsrichtung von den Spannungsmaximen gegen die Minima und Nullpunkte der Spannung geht.

Versuchen wir einmal nach dem Gang der Spannungsintensität bei den verschiedenen Stengeln und Stämmen uns ein Bild von der Richtung, welche die Stoffe bei denselben einschlagen müssen, zu machen und sehen wir zugleich, ob eine solche Richtung die Ernährung der Pflanze im Allgemeinen zu leisten vermag.

Nehmen wir zunächst den rein einjährigen Stengel, der sich im Halbwochs befindet, und betrachten, wohin die Querspannung seiner Rinde die in ihr enthaltenen und durch die Blattstiele assimilirender Blätter fortwährend neu zugeleiteten Stoffe treiben muss, so wissen wir, dass bei diesen Stengeln das Spannungsmaximum an der Basis liegt, dass die Spannung nach oben (und nach unten in die Wurzel) stetig abnimmt und in den Sprossen und Knospen gleich Null ist. Der Druck, den die gedehnte Rinde, rückwirkend auf die in ihr enthaltenen Stoffe übt, ist also an der Stengelbasis am grössten und nimmt nach oben stetig ab. Die Folge davon ist, dass die Nahrungsstoffe der Rinde fortwährend gegen die Zweig- und Wurzelspitzen hingetrieben werden müssen. Man kann nicht leugnen, dass eine solche Richtung alles leistet, was eine einjährige Pflanze zu ihrer Ernährung bedarf; denn offenbar werden auf diese Weise die von den untersten, ältesten Blättern gebildeten Assimilationsproducte mit Leichtigkeit in alle wachsenden Spitzen gepresst, in welchem Alter die Pflanze auch stehen mag.

Gehen wir nur einen Schritt weiter und lassen wir, wie bei den mit Rhizomen versehenen einjäh-

rigen Stengeln das Spannungsmaximum im Laufe der Vegetationsperiode nach oben vörrücken, so werden, so lange das Maximum der Spannung an der Stengelbasis liegt, die oben genannten Druckrichtungen gelten, d. h. es werden im Beginn der Vegetationsperiode die assimilirten, im Rhizome niedergelegten Stoffe des Vorjahres in die jungen Triebe dieses Jahres hinaufgepresst. Rückt nun aber (zu einer Zeit, wo die Blütenknospen an der Spitze bereits angelegt und mit den nöthigen Stoffen für die Fruchtbildung entweder gesättigt sind, oder durch die zunächst gelegenen Blätter versorgt werden können) das Spannungsmaximum gegen oben vor, so müssen alle diejenigen Nahrungsstoffe, welche in der Rinde unterhalb des Spannungsmaximums sich finden oder in dieselbe von den Blättern aus gelangen, durch das über ihnen liegende Druckmaximum in die Wurzel gepresst werden, und es müssen um so mehr Stoffe als Reservenernährung in die Rhizome (Knollen, Zwiebeln u. s. w.) eingelagert werden, je weiter das Druck- (Spannungs-) Maximum gegen oben vorrückt, und je mehr assimilirende Blätter unterhalb desselben ihre Stoffe abwärts zu senden genöthigt werden. Wenn es nun im Ganzen auch die Regel sein dürfte, dass die Stoffe oberhalb des Spannungsmaximums gegen oben, die unterhalb desselben gegen unten gelangen, so ist doch denkbar, dass auch von den Stoffen über dem Maximum ein Theil nach unten in die Reservoirs der Wurzel gelangt, wenn man anders annimmt, dass die Masse der Assimilationsproducte so gross werden kann, dass der durch sie geübte Druck im Stande ist, den von der Spannung herrührenden Druck in entgegengesetzter Richtung zu überwinden.

Versuchen wir endlich noch die Wirkung zu erklären, welche die Querspannung im Stamm der Bäume haben muss, so finden wir vor Allem, indem das Spannungsmaximum etwa unter der Verästelung des Stammes liegt, vermöge dieses Druckmaximums eine Abwärtswanderung der Nahrung im ganzen Stamm, „den absteigenden Nahrungsstrom“ des Stammes, so wie es die Ringelungsversuche für die Stämme zeigen; wir finden ferner, dass alle Nahrung der jungen Zweige und Aeste, oberhalb des ersten Spannungs- (Druck-) Maximums gegen oben, gegen die neubildenden Spitzen getrieben wird, in Uebereinstimmung mit aller Erfahrung. Zwischen dem Maximum des Stammes und dem obersten Zweigmaximum liegt nun noch eine unbestimmte Zahl von Maximen, abwechselnd mit dazwischen liegenden Minimen. Es scheint nicht schwer, diesen eine Bedeutung abzugewinnen: die Bindenernährung, welche zwischen zwei Maximen liegt oder zwischen sie gelangt, wird zwischen denselben, insofern sie

nicht einen den Druck derselben überwindenden Gegendruck übt, zurückgehalten; die Maxima bilden gleichsam Barrieren für die Nahrung und je zwei derselben Nahrungsreservoirs zwischen sich für die betreffenden Aeste und die daransitzenden Zweige.

Wir haben bisher nur die *Richtung* betrachtet, welche die Querspannung vermöge ihrer verschiedenen Intensität den in der Rinde enthaltenen Stoffen geben muss, ohne die Frage zu erörtern, welche *Gewebe* der Rinde für den Transport bei diesen Druckverhältnissen besonders geeignet sein möchten. Es kann aber keinem Zweifel unterliegen, dass hiefür in erster Linie der vom Gesamtrindendruck getroffene (selbst ungespannte) Weichbast und sein der Axe parallel gehendes Röhrensystem weitaus das geeignetste Gewebe ist, und dass in ihm durch die Rindenspannung der Transport der *Stickstoffnahrung* vor sich geht. Es scheint nichts näher zu liegen, als die Annahme, dass die *Gesamttickstoffnahrung* der Siebröhren, Cambiformzellen u. s. w. durch die mit der Querspannung frei werdenden Druckkräfte regulirt wird; und man sieht, dass durch dieselben gewiss allen Bedürfnissen der Pflanze, so weit es die *Nahrungsrichtungen im Ganzen und Grossen* anlangt, entsprochen wird. Es unterliegt aber keinem Zweifel, dass auch das gesammte *stärkeführende Parenchym*, insbesondere auch die „Stärkeschicht“ *) den Wirkungen des Querspannungsdruckes ausgesetzt ist, und die in ihm enthaltenen Stoffe mehr oder weniger dieselben Richtungen einschlagen werden. Jedenfalls wird aber der Grad, in welchem die Druckkräfte die in den einzelnen Geweben enthaltenen Stoffe nach dieser oder jener Richtung zu bewegen vermögen, nicht allein durch den Grad des geübten Drucks, sondern auch durch den Bau der Gewebe und die in ihnen selbst herrschende Art und Grösse der Spannung beeinflusst gedacht werden müssen. —

Die durch die Querspannung frei werdenden Druckkräfte der Rinde wirken aber nicht allein dem Stamm parallel, sondern auch in *radialer* Richtung; sie suchen offenbar auch in der Richtung des *Stammradius* die Rindenflüssigkeiten zu bewegen. Und in dieser Richtung scheinen die Markstrahlen recht eigentlich dazu vorhanden zu sein, den *Nahrungstransport* zu übernehmen. Wenn man bedenkt, dass das eine Ende der Markstrahlen in dem grünen Bindenparenchym, also in einem *stärkegefüllten, hochgespannten Gewebe* ansteht, das andere Ende, so-

*) Es ist jedenfalls bemerkenswerth, dass die Stärkeschicht gewöhnlich *einseitig* verkorkt, d. h. nach einer Seite hin für endosmotische und Filtrationsprozesse mindestens wegschwierig gemacht ist.

weit es im Holze liegt, ohne differente Stoffe ist *), und eine grosse selbstständige Thätigkeit nicht wohl entwickeln kann, — liegt es nicht ferne, anzunehmen, dass die in den Markstrahlen und den stärkeführenden Zellen des Holzes befindliche Stärke wenigstens zum Theil einer mechanischen Einpressung von der Rinde aus ihr Dasein daselbst verdankt.

Diese wenigen Andeutungen mögen genügen, um zu zeigen, welche Bedeutung die Querspannung für die Ernährungsphysiologie hat, und welche Erfolge sich in dieser Hinsicht von der Spannung überhaupt noch erwarten lassen. Es liessen sich noch viele der schönsten Belege dafür finden, wie mit den Spannungsverhältnissen die Ernährung der Organe sich ändert, z. B. bei den heliotropischen und geocentrischen Krümmungen, bei den Verminderungen der Spannung durch Winde und Stürme (vgl. oben), bei der Verminderung der Spannung durch Wegnahme des Periderms der Stämme, wie es *Knicht**)* gethan; ferner wie bei pathologischen Erscheinungen, z. B. bei Verwundungen der Stämme durch äussere Eingriffe, durch Insecten, schmarotzende Pflanzen (Pilze, Flechten, Mistel u. s. w.), bei Ueberwallungen die Verschliessung der Wunde durch neugebildetes Gewebe eben nur dadurch vorstellbar wird, dass durch das momentane Aufheben der Spannung an den betreffenden Stellen durch den Spannungsdruck von den Seiten her die nöthigen Neubildungsstoffe herzugeführt werden. — Doch ist die ganze Wirksamkeit, welche die Querspannung in dieser Hinsicht entfaltet, so sehr im Einklang mit Allem, was bisher über die Richtung der Stoffwanderung bekannt ist, dass der Causalzusammenhang ausser Zweifel scheint ***).

*) Den Markstrahl-Holzparenchym — u. s. w. Zellen fehlt jeder Plasmahalt (innerhalb des Holzes).

***) „In den letzten zwei Jahren habe ich die harte Schale der leblosen äusseren Rinde von einigen sehr alten Apfel- und Birnbäumen abgeschält und die Wirkung davon ist ausserordentlich gewesen. Es ist nämlich in diesen beiden Jahren mehr neues Holz erzeugt worden als in den zwanzig vorhergehenden und ich schreibe dieses der hergestellten leichteren Communication durch die innere Rinde zwischen den Blättern und Wurzeln zu. Auch habe ich oft Gelegenheit gehabt, zu bemerken, dass da, wo die Rinde am meisten reducirt war, sich das meiste Holz angesetzt hatte.“ *Knicht* bei *Treviranus* a. a. O. S. 137—138. Die Wegnahme der Rinde hat hier gerade so gewirkt, wie die Schwerkraft durch Aenderung des Wachstums der Gewebe wirkt — nämlich eine Spannungsabnahme hervorgerufen, die zur Folge hatte, dass die Nahrungsstoffe nach diesen Stellen gepresst und dort überwiegend verwendet wurden.

****) Ich will nur noch erwähnen, dass sich die schönen und vielfältigen Versuche *Knicht's*, wie sie in des-

Zum Schlusse mag bemerkt sein, dass, was die *Grösse* dieser Druckkräfte anlangt, kaum etwas zu wünschen übrig bleibt. Aus Tabelle III, 4 sieht man, *welch'* beträchtliche Kraft das Mark aufbieten muss, um eine verhältnissmässig sehr schwache Rinde nur ein wenig zu dehnen, *welch'* colossale Kräfte muss erst das Holz zur Dehnung der dicken, festen Baumrinde entfalten, und *welch'* colossale Druckkräfte müssen dadurch in freie Wirksamkeit für den Stofftransport gesetzt werden! Messungen darüber sind nicht leicht anzustellen, indem die spröde und noch dazu im Zirkel gewachsene Rinde Dehnungen in dieser Richtung nicht leicht verträgt; ich will übrigens bemerken, dass ich und Andere, bei verhältnissmässig kleinen Aesten mit dem Aufwand aller Kräfte nicht im Stande waren, die klaffenden Schnittträger eines losgelösten Rindenrings durch den Druck der beiden Hände wieder mit einander zu vereinigen. —

3. Die periodischen Blattbewegungen sind eine Theilerscheinung der allgemeinen Spannungsperiodicität des Pflanzenkörpers.

Nachdem einmal bekannt ist, dass die Bewegungen beweglicher Blattorgane eine Spannungerscheinung sind, muss es ausserordentlich befriedigen zu finden, dass die Perioden der Blattbewegungen im Grossen und Ganzen mit der Tagesperiode der Gesamtspannungsintensität coincidiren; dass, wie die Blätter Morgens und Abends Hebungen und Senkungen ausführen, so auch in der allgemeinen Periodicität des Stammes Hebungen und Senkungen (durch das Licht hervorgerufen) vor sich gehen. Noch mehr: dass die Bedingungen, unter welchen sich die Blattbewegungen vollziehen (Sachs, Flora 1863. S. 449 ff.) genau dieselben sind, wie die, unter welchen die allgemeine Stammesperiodicität exi-

stirt, dass Wärme, Licht, Wasser u. s. w. sowohl Existenzbedingungen für die Oscillationen der Blätter als der Stammspannung sind; kurz, dass die Gesamtspannungsverhältnisse der Blattkissen beweglicher Blätter sich genau gleich verhalten wie die Spannung des Stengels oder Stammes.

Alles dies muss den Gedanken sehr nah legen, dass die periodischen Schwankungen der Blattspannung, die, wie Brücke zuerst nachgewiesen, Morgens sinkt und Abends steigt, einfach eine Folge der periodischen Tagessenkungen und Nachthebungen der allgemeinen Spannungsintensität des Pflanzenkörpers, dass sie gleichsam nur der sichtbare Ausdruck der Oscillationen, der Schwankungen der allgemeinen Körperspannung der Pflanze seien, und die Forderung dringend erscheinen lassen, die genaue Coincidenz der Spannungsänderungen des Stammes mit den Spannungsänderungen in den Blattkissen zu prüfen.

Dies wurde an *Amicia zygomeris* in der Art versucht, dass die Querspannung eines Hauptastes zu verschiedenen Tageszeiten in der gewöhnlichen Weise, die Spannung eines an diesem sitzenden Blattes aber durch den Winkel, welchen die beiden obersten Fiederblättchen nach unten gegen einander bilden, gemessen wurde (Tabelle XIII.).

Die Beobachtungen haben auf das schlagendste bewiesen, dass die Aenderungen der Spannungsintensität des ganzen Astes und somit des ganzen Stammes mit denen des Blattkissens genau coincidiren, sowohl im normalen Zustand, als unter künstlichen Verhältnissen, wenn man z. B. die Blätter durch Einbringen ins Dunkle in Schlaf versenkt und die Stammspannung auf die Nachthöhe versetzt, und berechtigen zu dem Schlusse, dass die *die Blattbewegungen hervorrufenden periodischen Spannungsänderungen der Blattkissen einfach eine Theilerscheinung der periodischen Spannungsänderungen des ganzen Pflanzenkörpers sind.*

Was also die *beweglichen* Blätter von den *unbeweglichen* unterscheidet, das ist nicht das Vorhandensein periodischer Spannungsschwankungen in ihren Blattkissen (diese kommen voraussichtlich den unbeweglichen auch zu), sondern der anatomische Mechanismus, durch welchen jene die Spannungsänderungen sichtbar zu äussern im Stande sind, diese nicht. Man kann ganz wohl sagen, dass der *Möglichkeit nach alle Pflanzenblätter periodisch beweglich* sind, in *Wirklichkeit* aber nur diejenigen sich bewegen, welche durch *bestimmte anatomische Vorrichtungen geschickt* sind, die Oscillationen der Spannung des ganzen Pflanzenkörpers zu äussern.

sen klassischen Abhandlungen über Pflanzenphysiologie enthalten sind (Philos. Transact. 1801—1808; übersetzt in Treviranus Beiträge z. Pfl. Phys. S. 96—260), soweit sie hieher Bezug haben, aufs befriedigendste erklären lassen. So z. B. seine Versuche über das Absteigen des Nahrungssaftes a. a. O. S. 130 ff. — Zur Erklärung mancher von ihm angeführten Thatsachen ist es nothwendig zu wissen, dass abgesägte Aeste oder Zweige, die man mit dem Spannungsminimum in den Boden (Wasser, feuchten Sand) steckt, und mit dem Spannungsmaximum nach oben kehrt, in wenigen Tagen den im Boden befindlichen Theil zum Spannungsmaximum umwandeln; ich habe noch nicht untersucht, in wie weit hiebei die Schwerkraft, Einwirkung des Wassers u. s. w. in Rechnung kommt. — Daraus wird erklärt, warum z. B. ein Steckreis in jedem Falle seine Nahrung nach oben leiten muss, selbst wenn es anfänglich mit seinem Spannungsmaximum nach oben gekehrt war.

4. Zum Schlusse mögen noch einige kurze Bemerkungen die hohe Bedeutung des durch die Spannung gebübten mechanischen Druckes für die Forschung und das Leben der Zellen und Gewebe überhaupt andeuten.

Man hat von Alters her dem *mechanischen Druck* bei der Formung der Zellen und ihrer Wände einige Erfolge zugeschrieben; so wurden z. B. die polygonalen Zellformen von jeher als „durch gegenseitigen Druck“, „durch gegenseitige Abplattung“ aus der kugelförmigen Form entstanden angesehen; allein weiter als zu diesen allgemeinen Aussprüchen ging man nicht bei der Erklärung morphologisch-histologischer Erscheinungen durch mechanische Druckverhältnisse. Und es scheint vorzugsweise der Mangel an einem thatsächlichen Beweise für die Wirkung mechanischen Druckes im Pflanzenkörper gewesen zu sein, welcher eine gewisse Abneigung gegen mechanische Erklärungsweisen in der Morphologie erzeugt hat.

Die Erfahrungen, welche wir durch die vorstehenden Spannungsbetrachtungen, insbesondere bei der Längsspannung gemacht haben, zeigen uns nun aber, welch' bedeutende Druckkräfte sich die Pflanze einfach durch das ungleiche Wachstum der Gewebe zu verschaffen weiss, und liefern uns *directe Belege für einen zellumgestaltenden Druck ganzer Gewebe auf einander*.

Wir haben gesehen, wie das Längenwachstum des Internodiums aus zwei Factoren hergestellt wird, wie die axilen Gewebe, das *Mark* insbesondere *) der eigentlich *streckende* Theil, die *eigentliche Triebfeder des Wachstums* ist, und wie dem stetigen Wachstum desselben durch den *Druck*, welchen die sehr elastisch gewordenen peripherischen Gewebe auf dasselbe üben, ein Ende gemacht wird, wie also die peripherischen Gewebe gleichsam nur das *Maass* des Wachstums der Internodien bestimmen. Die eigenthümliche Art, wie hier das Weiterwachstum des Markes gehindert wird, ist es, welche für uns von so hohem Interesse ist. Die Zellmessungen haben uns gelehrt, dass die Zellen des Markes anfangs länger waren als später, und dass mit ihrer späteren Verkürzung eine sehr starke Verbreiterung verbunden ist, ein Vorgang, der sich im Zusammenhang mit dem *steten* Ausdehnungsstre-

*) Hales bemerkt (Stat. d. Vég. trad. p. Buffon p. 285), dass bereits Borelli in einem Buche de motu Animalium p. 2. ch. 13 das Mark als den eigentlichen Factor der Internodienstreckung angesehen habe und adoptirt dessen Ansicht, „dass der junge Spross wächst und sich streckt durch Ausdehnung der Feuchtigkeit in dem schwammigen Mark.“

ben des Markes und dem hohen Druck dem es fortwährend ausgesetzt ist, nicht anders deuten lässt, als dass die Zellen durch den *Druck der peripherischen Gewebe aus ihrer längeren Form in die breitere gepresst worden sind*.

Wenn wir ferner sehen, dass die Epidermis und Rindenzellen in der Richtung, in welcher sie im *Verbande* mit dem Marke *wachsen*, beim *Isoliren* sich *verkürzen*, so sind wir gewiss berechtigt ihr Wachstum in dieser Richtung einer *Dehnung* durch das Mark wenigstens zum Theil zuzuschreiben. —

In ähnlicher Weise wie die *Längsspannung* wirkt auch die *Querspannung formend* auf die Gewebe und ihre Zellen. Mancherlei Erscheinungen, wie sie die *Stammrinden* bieten, werden durch die Spannung verständlich, von dem einfachen Zerreißen des Korks und Periderms, bis zur Niederpressung der Korkzellen, dem zickzackförmigen Verlauf der Baststrahlen u. s. w. Ob auch das *Holz* und seine Elemente dem Einfluss des Rindendrucks in etwas unterliegen, lässt sich vorläufig nicht mit Sicherheit sagen, wiewohl es aus den oben angeführten Beobachtungen *Knight's* über die Bedeutung des Rindendrucks für die Jahrringweite wahrscheinlich ist.

Aber nicht allein die *Form* der Zellwände, auch ihr *Bau*, und in gewissem Sinne sogar ihre *chemische Constitution* werden durch die Spannungswirkungen geändert. Es ist bekannt, dass die abrollbaren Spiralgefäße in der Markscheide von Innen nach Aussen stetig enger gewunden sind, und die Untersuchung der Thatsachen lässt keinen Zweifel übrig, dass der vom Mark geübte Zug die Ursache derselben ist, der Zug, der selbstverständlich die innersten ältesten Spiralgefäße am längsten und intensivsten trifft. Ich stehe ferner nicht an, einen guten Theil der *Cuticularfalten* von Spannungswirkungen abzuleiten; sicherlich werden wenigstens durch die Querspannung auf den Epidermen spät herkebildender Gewächse z. B. bei *Viscum*, noch schöner aber bei *Acer striatum* Querrunzeln *) gebildet, auf denen bei letzterer Pflanze die abgebröckelte *Cuticula* in die bekannte weisse wachstartige Masse sich *umbildet*.

*) Diese localisirten Falten bilden sich jedenfalls auf eine ähnliche Weise, wie an einem an beiden Enden eingespannten Tuche in der Richtung des Zuges Falten entstehen. — Die Faltung trifft in den letztgenannten Beispielen das ganze Gewebe, nicht nur die Cuticularschichten.

Erklärung der Abbildung. (Taf. III.)

Das auf der Tafel gegebene Baumschema stellt die in Tabelle VII, 6, 9 analysirte 5jährige *Ailanthus glandulosa* vor, und versinnlicht den Gang der Querspannungsintensität in Stamm, Aesten und Wurzel. Die beigesezten arabischen Zahlen bezeichnen die gefundene Spannungsintensität der betreffenden Stelle; die römischen beziehen sich auf die in der Tabelle stehenden gleichnamigen Zahlen.

Berichtigungen.

Auf Seite 17, Spalte links, Zeile 7 von oben ist zu lesen: war Mittags 3 Uhr auf 3,2 gesunken und Abends 7 Uhr wieder auf 5,3 gestiegen — statt war M. 3 Uhr auf 5,3 gestiegen. — S. 17 Sp. rechts, Z. 22 v. oben lies Wassergehalts statt Stoffgehalts. — S. 18 Sp. rechts, Z. 24 v. u. l. dann aber, st. dann auch. — S. 19 Sp. rechts, Z. 20 v. u. l. um 12 Uhr st. um 4 Uhr. —

Tabellen zu Kraus, die Gewebespannung des Stammes.

A. Längsspannung.

Tabelle I.

Länge der aufeinanderfolgenden Gewebe und Gewebsschichten eines Internodiums.

Die römischen Ziffern bezeichnen stets die Internodien, vom ersten sichtbaren abwärts gerechnet. Die einzelnen Buchstaben am Kopfe der Columnen folgendes: G die Länge des ganzen Internodiums; E die Länge der Epidermis mit Collenchym (isolirt); R Rindenparenchym und Bast, oder, wo es in einer Tabelle allein vorkommt = E + R; H das Holz; M das Mark, mit seinen successiv nach innen folgenden Schichten M¹, M², M³ und M^m.

1. *Nicotiana Tabacum*.

Mit jungen Inflorescenzen versehene Triebe.

	G	E	R	H	M ¹	M ²	M ^m	
III - IV	42,2	41,0		41,6		43,2	43,7	Mill.
V - VI	58,4	56,7	57,6	57,9		59,5	60,0	
VII - IX	102,0	99,3	99,9	102,0		104,0	105,4	
X - XII	132,3	130,3	131,6	132,3	135,2	136,0	136,8	
XIII - XV	95,2	94,0	95,2	96,0	97,8	98,9	99,9	

	G	E	R	H	M ¹	M ²	M ^m	
I - II	30,0	28,8	29,0	29,0		31,5		
III - IV	72,0	69,7	70,4	71,0		73,2	74,0	
V	100,2	97,6	99,0	99,9		101,5	102,5	
VI - VIII	119,5	117,1	117,8	118,4		120,5	121,8	
IX - XII	117,2	115,0	116,2	117,2	119,4	120,3	121,9	
XIII - XVI	114,5	113,0	114,5	114,5	117,0	118,0	119,6	M ³ = 118,8
XVII - XX	92,7	91,8	92,7	92,7	93,4	96,0	96,8	
XXI - XXV	77,0	76,0	77,0	77,0		78,4	79,7	

2. *Vitis vinifera*.

	G	R	H	M	G	R	H	M	G	R	H	M
I	26,2	25,4	25,8	27,7	31,8	30,2	30,9	33,3	29,9	28,9	29,3	31,8
II	53,7	52,8	53,7	58,4	93,8	92,0	94,3	99,8	29,9	29,0	29,9	32,5
III	52,5	51,2	53,0	56,2	113,0	111,6	113,0	119,5	67,2	66,8	68,0	72,0
IV	64,5	64,5	64,5	68,8	81,0	81,0	81,0	85,0	53,0	52,2	53,0	55,2
V	74,0	74,0	74,0	76,0					44,0	44,0	44,0	45,0

3. *Philadelphus coronarius*.

	G	R	H	M	G	R	H	M
I	22,9	22,3	22,3	23,5				
II	51,0	50,2	50,2	55,0	56,3	55,9	55,9	58,0
III	46,3	46,0	46,3	46,3	58,0	58,0	58,0	58,0

4. *Helianthus tuberosus*.

	G	E	R + H	M ¹	M ^m
I - IV	35,4	34,0	34,8	36,8	37,8
V - VI	70,8	69,6	70,8	74,4	75,5
VI - VII	113,5	112,6	113,0	117,9	118,5
VIII	91,3	90,8	91,3	93,3	94,2
IX - XI	98,0	98,0	99,0	100,0	100,0

5. *Sambucus nigra*.

6 Sprosse.

	G	R	H	M		G	R	H	M
I	12,8	12,4	12,8	12,8	Mill.	10,0	9,5	9,5	10,0
II	47,0	46,3	47,5	50,0		33,7	32,6	33,7	35,8
III	122,0	120,0		130,0		96,5	84,0	88,3	98,7
IV	151,5	149,0	152,0	160,7		127,5	125,5	127,5	131,7
V	173,7	173,3	174,0	175,0		138,0	137,0	138,0	139,4
VI	165,6	164,7	164,8	165,8					

I	23,5	22,5	22,9	23,9		13,7	13,0	13,0	13,7
II	71,0	69,0	70,7	76,0		43,7	42,9	43,3	45,5
III	135,0	133,0	137,0	150,0		104,0	102,0	103,0	112,0
IV	109,5	106,5	109,5	118,0		172,4	171,5	174,5	175,4
V	230,0	230,0	231,0	232,0		226,0	225,4	226,0	227,0

I	22,3	21,5	22,0	22,3		22,0	21,3	21,5	22,4
II	70,0	69,4	69,6	77,0		56,8	54,3	57,5	61,5
III	159,0	156,0	160,0	171,4		145,0	142,3	146,7	159,8
IV	187,0	186,2	187,0	188,7		188,0	186,5	189,0	192,5
V						200,0	198,4	200,0	201,5

6. *Begonia fuchsoides*.

	G	E	R+H	M ^l	M ^m
I	16,5	15,5	16,5	17,0	17,0
II	38,5	37,8	38,5	39,4	
III	59,5	58,7	59,5	61,0	62,7
IV	58,0	57,5	58,0	60,3	61,6
V	74,0	73,5	74,0	77,0	79,0
VI	65,0	64,5	65,5	68,5	71,5

7. *Escheveria* sp.

	G	R ^l	R ² +H	M ^l	M ^m
II—IV	59,0	58,0	59,5	60,7	61,5
VII—XI	61,5	60,6	62,5	64,2	65,0

Tabelle II.

Der Spannungsintensitätengang im Spross.

1. *Robinia Pseudoacacia*.

(Alle Zahlen bedeuten Millimeter.)

	G	R	M	% Dif.	G	R	M	% Dif.
I	19,0	18,6	19,9	6,9	18,0	17,0	18,0	5,6
II	33,8	33,5	35,9	7,1	34,4	33,9	37,8	11,3
III	34,2	33,4	34,9	4,4	54,9	54,5	61,5	13,1
IV	41,9	41,5	42,2	1,7	69,2	68,9	70,4	3,4
V	34,0	34,0	34,0	0,0	37,5	37,5	37,7	0,5

2. *Daucus Carota*.

	G	R	M	% Dif.	G	R	M	% Dif.
I	25,5	24,8	26,0	4,7	20,9	20,5	21,9	6,7
II	44,0	43,6	45,9	5,3	45,0	45,0	45,9	2,0
III	83,1	83,0	85,8	3,5	70,0	70,0	71,2	1,7
IV	125,0	125,0	129,0	3,2	101,0	101,0	102,9	1,7
V	87,0	87,0	88,0	1,1	78,7	78,7	80,0	1,7
VI	24,0	24,0	24,3	1,2	51,4	51,4	52,3	1,7

3. *Vicia Faba*.

	G	R	M	% Dif.
I	31,5	30,3	32,2	6,0
II	47,5	46,5	49,5	6,3
III	ob. { 51,0	48,6	52,0	5,6
unt. { 35,8	35,2	37,2	5,6	
IV	74,0	73,5	75,0	2,0
V	25,0	24,5	25,0	2,0

4. *Glaucium luteum*.

	G	E	M	% Diff.		G	E	M	% Diff.	
I	37.4	36.9	37.4	1.4	I	34.8	33.9	34.8	2.4	
II	53.4	51.8	53.9	1.9	II	47.9	47.0	49.7	5.6	
III	38.3	37.7	39.0	3.3	III	58.5	57.6	59.2	2.8	
IV	ob.	107.0	107.0	2.6	IV	ob.	104.5	104.5	106.5	1.8
	mitt.	101.0	101.0	1.4		mitt.	116.2	116.2	116.9	0.6
V*	unt.	100.9	100.9	1.0	V*	unt.	49.8	49.8	51.3	3.2
		93.0	93.0	96.9		4.1	unt.	45.0	45.0	46.5

5. *Sambucus nigra*.

	G	E	M	% Diff.		G	E	M	% Diff.		
I	27.5	26.9	28.4	5.4	I	25.3	24.5	26.0	3.9		
II	ob.	37.3	36.5	40.5	10.7	II	ob.	37.0	36.4	39.5	8.3
	unt.	35.3	35.0	39.0	11.3		unt.	36.9	36.2	39.5	9.3
III	ob.	64.4	63.5	71.6	12.6	III	ob.	54.0	53.0	58.9	10.9
	unt.	69.0	68.0	70.6	3.9		mitt.	50.2	49.5	51.6	3.9
IV	ob.	67.0	67.0	67.0	0.0	IV	unt.	51.4	50.5	52.4	3.7
	unt.	64.5	64.5	64.5	0.0		ob.	76.5	76.5	77.9	1.9
VI*(letztes)	28.0	28.0	28.3	1.0	V	40.0	40.0	40.0	0.0		

	G	E	M	% Diff.	
I	26.7	25.5	26.7	4.5	
II	ob.	31.2	30.4	32.7	7.5
	unt.	37.7	36.7	39.5	7.4
III	ob.	39.5	38.5	41.5	7.6
	mitt.	35.0	34.8	37.0	8.8
IV	unt.	39.5	38.0	41.5	8.8
	ob.	40.0	40.0	42.5	6.2
V	unt.	40.5	43.5	46.0	5.7
		44.8	44.8	46.4	3.3
	47.0	47.0	47.0	0.0	

6. *Tanacetum vulgare*.

	G	E	M	% Diff.
I	21.2	20.5	22.0	7.0
II	36.2	35.3	36.9	4.4
III	50.9	50.0	51.8	3.5
IV	63.3	63.0	64.1	1.8
V	75.0	75.0	75.5	0.6
VI	61.0	61.0	61.0	0.0
VII	89.0	89.0	89.0	0.0

7. *Althaea rosea*.

	G	E	M	% Diff.
I	22.9	21.7	22.9	9.7
II	37.7	37.0	38.4	3.7
III	42.0	41.1	43.2	5.0
IV	92.7	92.2	95.0	3.0
V	81.9	81.3	83.5	2.9
VI	72.3	72.3	74.4	2.9
VII	28.0	28.0	28.0	0.0

8. *Morus alba*.

	G	E	M	% Diff.
I	10.0	9.9	10.0	1.0
II	19.3	19.3	21.9	13.4
III	24.3	24.0	25.7	7.0
IV	47.7	46.3	48.7	5.0
V	40.7	40.0	41.5	3.7
VI	35.7	35.0	36.2	3.1
VII	35.3	35.3	35.9	2.3

*) Die mit Sternchen bezeichneten Internodien sind die unmittelbar an der Wurzel, oder (bei Sprossen von Strüchern und Bäumen) am Stamm ansitzenden; hier wird das vorher luftthaltige Mark wieder saftig und es tritt die verschwundene Längsspannung wieder auf.

9. *Ribes aureum*.

	G	E	M	% Dif.		G	E	M	% Dif.
I(3)*	29.8	28.9	30.5	5.4	I(3)	25.9	25.6	26.5	3.5
II(2)	61.8	59.0	63.4	7.1	II(2)	65.9	64.0	67.7	5.6
III(1)	44.6	43.8	45.7	4.4	III	95.0	94.0	98.8	5.1
IV	55.7	55.4	56.5	3.8	IV	120.2	118.8	123.3	4.4
V	52.9	52.5	53.9	2.6	V	106.0	106.0	109.5	3.3
VI	60.7	60.7	61.7	1.6	VI	108.7	108.2	111.5	3.0
VII	68.7	68.7	69.9	1.7	VII	86.8	86.8	89.0	3.4
VIII	52.2	52.2	53.7	2.2	VIII	60.9	60.9	62.5	2.9
IX	39.5	39.5	40.8	2.0	IX	18.5	18.5	18.9	2.0
X	29.5	29.5	29.7	0.7					
XI	22.0	22.0	22.0	0.0					

10. *Pyrus Malus*.

	G	E	M	% Dif.		G	E	M	% Dif.
I	12.7	12.0	12.7	5.6	I	11.0	11.0	11.0	0.0
II	28.8	28.2	29.5	4.5	II	23.5	23.0	23.9	3.4
III	35.4	30.5	36.5	4.3	III	26.8	26.0	27.3	4.4
IV	37.9	37.5	38.2	4.4	IV	43.7	43.0	45.6	5.9
V	32.9	32.9	33.2	0.9	V	35.0	34.0	36.5	7.1
VI	10.0	10.0	10.0	0.0	VI	35.0	35.0	36.0	2.8
					VII	37.0	37.0	37.8	2.1

11. *Amorpha fruticosa*.

	G	R	M	% Dif.		G	R	M	% Dif.
I(3)	24.0	23.8	24.5	2.9	I(3)	22.9	22.4	22.9	2.2
II(3)	26.5	26.0	27.4	5.6	II(2)	39.3	39.0	41.3	5.8
III(2)	54.8	53.7	55.9	5.9	III(2)	55.9	55.7	58.4	6.6
IV(2)	56.7	56.0	57.9	3.6	IV(2)	63.8	63.5	66.5	4.7
V(2)	87.5	87.5	89.9	2.7	V(2)	73.4	73.4	76.0	3.5
VI(3)	69.5	69.5	71.0	2.1	VI(3)	77.2	77.2	80.0	3.6
VII(3)	63.8	63.8	64.8	1.5	VII(2)	85.5	85.5	88.0	2.5
VIII(3)	20.5	20.5	20.8	1.4	VIII**(3)	38.5	38.5	39.5	2.5
IX**(8)	24.5	24.5	25.0	2.0					

12. *Berberis vulgaris*.

	G	M	% Dif.		G	M	% Dif.
I(3)	19.2	19.9	3.7	I(5)	19.2	20.0	4.1
II(3)	46.3	48.9	5.6	II(3)	22.5	23.7	5.3
III(3)	65.0	69.9	7.6	III(3)	28.8	31.0	7.6
IV(3)	62.3	67.5	8.3	IV(3)	44.8	48.0	7.1
V(3)	61.8	63.9	3.3	V(3)	56.8	58.7	3.3
VI(3)	58.0	58.0	0.0	VI(3)	54.3	55.0	1.2
				VII(3)	45.0	45.0	0.0

13. *Kitabellia vitifolia*.

	G	E	M	% Dif.		G	E	M	% Dif.
I	11.2	10.9	11.2	2.7	I	19.2	18.7	19.6	8.9
II	19.0	18.2	19.9	9.4	II	32.2	31.3	32.8	3.6
III	37.2	35.9	38.9	8.1	III	42.2	40.9	43.1	5.2
IV	59.5	59.2	62.2	5.0	IV	62.8	62.8	65.0	3.5
V	99.2	98.5	103.9	5.3	V	84.5	84.3	86.5	2.4
VI	109.0	108.7	113.8	4.7	VI	88.0	88.0	89.5	1.7
VII	110.7	110.0	113.0	2.7	VII	80.5	80.3	81.5	0.1
VIII	58.0	58.0	58.2	0.4	VIII*	57.9	57.9	59.4	2.5
IX	68.5	68.5	68.5	0.	IX*	42.8	42.8	43.0	0.4

*) Die eingeklammerten Zahlen bezeichnen, dass die betreffende Nummer aus der eingeklammerten Zahl von Internodien besteht.

**) Vgl. S. 3 der Tabellen *).

Kitabellia vitifolia.

	G	E	M	% Diff.		G	E	M	% Diff.
I					I	12,5	12,0	12,5	4,0
II	32,5	31,8	35,5	5,2	II	27,0	26,4	27,0	2,3
III	69,3	67,8	71,9	4,8	III	51,9	51,3	52,7	2,9
IV	155,0	153,0	163,0	6,4	IV	92,9	91,0	94,0	4,2
V	128,5	128,5	133,8	4,4	V	117,8	117,8	121,0	2,7
VI	122,2	122,2	125,0	2,3	VI	112,0	111,3	114,0	2,4
VII	58,0	58,0	59,5	2,6	VII	85,0	85,0	86,3	1,3
					VIII	43,0	43,0	43,0	0,0

14. *Juglans regia.*

	G	R	M	% Diff.		G	R	M	% Diff.
I (3)	25,0	25,0	26,0	4,0	I (5)	60,5	59,6	61,9	3,8
II (2)	64,0	63,0	67,0	6,2	II (3)	78,0	78,0	80,9	3,7
III (3)	215,3	214,5	223,4	4,0					

15. *Smitax Pseudochina.*

	G	R	M	% Diff.		G	R	M	% Diff.
I	30,0	29,1	30,0	3,0	I	20,0	19,3	20,0	3,5
II	82,2	81,0	82,7	2,1	II	59,8	57,3	59,8	3,9
III	122,8	122,0	124,7	2,3	III	78,9	76,3	79,2	3,6
IV	80,0	80,0	81,6	2,0	IV	85,8	85,0	86,7	2,0
V	77,0	77,0	77,3	0,2	V	53,0	52,5	53,0	1,0
VI	28,3	28,3	28,3	0,0	VI	51,0	51,0	51,9	0,0

16. *Lycium europaeum.*

	G	M	% Diff.		G	M	% Diff.
I	57,9	59,8	3,2	I	83,0	86,9	4,7
II	85,7	88,0	2,6	II	122,0	130,0	6,5
III	90,6	95,2	5,0	III	116,0	121,4	4,7
IV	108,2	112,0	3,4	IV	137,0	142,8	4,2
V	118,9	117,8	3,4	V	130,3	134,9	3,5
VI	87,5	80,0	2,9	VI	107,5	111,9	4,0

17. *Apium graveolens.*

	G	R	M	% Diff.		G	R	M	% D.
I	37,9	37,9	38,7	2,1	I	62,9	62,0	63,4	2,3
II	104,0	102,0	105,2	3,1	II	106,0	106,0	107,4	1,3
III					82,5	83,3	0,9		
IV	58,9	58,7	60,7	3,4	IV	125,0	126,0	0,8	
V	79,0	79,0	71,9	1,1	V*	108,7	109,0	1,1	
VI	81,0	81,0	81,7	0,8	VI*	130,2	130,8	0,4	
VII*	88,0	88,0	89,1	1,2					
VIII*	50,0	50,0	51,3	2,6					

18. *Petroselinum sativum.*

	G	R	M	% D.
I	35,3	34,0	35,8	5,1
II	43,3	92,4	94,3	2,1
III	136,0	136,0	138,9	2,1
IV	110,0	110,0	110,0	0,0
V	135,5	135,5	135,5	0,0

19. *Asparagus officinalis.*

	G	R	M	% D.		G	R	M	% D.
I	44,6	44,2	45,5	2,9	I	61,9	59,0	61,9	4,7
II	100,7	98,0	102,1	3,0	II	72,6	71,3	73,2	2,6
III	128,2	127,7	131,9	2,5	III	47,5	46,9	48,5	3,4
IV	85,0	85,0	85,6	0,7	IV	47,0	47,0	47,0	0,0
V	42,5	42,5	42,5	0,0					
					I	41,8	40,0	41,8	4,4
					II	58,1	56,6	58,3	2,9
					III	62,3	62,0	63,6	2,5
					IV	41,0	41,0	41,0	0,0

*) Vgl. S. 3 der Tabellen *)

20. *Melilotus alba*.

(Stets mehrere Internodien zusammen analysirt.)

	G	R	% Diff.
I	74.3	72.6	2.3
II	107.6	106.0	1.5
III	165.3	164.0	0.8
IV	180.9	179.9	0.6
V	108.6	108.0	0.4
VI	154.8	154.5	0.2
VII	150.0	150.0	0.0
VIII*	90.0	90.0	0.0

21. *Ampelopsis hederacea*.

	G	E	M	% Diff.
I	45.0	43.9	46.3	5.3
II	74.1	73.9	76.8	4.0
III	75.8	75.8	77.8	2.6
IV	58.0	58.0	59.5	2.5
V	90.9	90.9	93.3	2.6
VI	50.9	50.9	51.8	1.9
VII	55.0	55.0	55.7	1.2

22. *Plantago Psyllium*.

(2 Internodien zusammen genommen.)

	G	R	M	% Diff.		G	R	M	% Diff.		G	R	M	% Diff.
I	54.3	53.0	55.7	4.9	I	33.5	33.2	33.9	2.1	I	83.5	82.0	84.5	3.0
II	69.0	67.8	70.0	3.2	II	63.0	61.3	63.5	3.4	II	82.8	81.9	83.0	2.5
III	101.6	100.9	102.5	1.5	III	106.1	105.9	106.3	0.3	III	85.3	85.3	86.2	1.1
IV*	50.0	50.0	51.0	2.0	IV*	35.3	35.3	35.9	1.8	IV	105.2	105.2	106.2	0.9

23. *Pisum sativum*.

	G	E	% Diff.		G	E	% Diff.
I	42.3	40.3	4.8	I	18.9	18.0	5.3
II	139.9	136.2	2.7	II	55.9	55.1	1.3
III	133.2	131.9	1.0	III	81.9	79.1	2.1
IV	159.7	158.3	0.9	IV	89.0	88.0	1.2
V	145.0	145.0	0.0	V	63.0	63.0	0.0
VI	46.0	46.0	0.0	VI	47.0	47.0	0.0

24. *Papaver somniferum*.

	G	M	% Diff.		G	R	M	% Diff.
I	69.5	71.8	3.3	I	54.1	53.0	55.9	5.4
II	88.3	90.3	2.6	II	81.9	80.8	84.5	4.5
III	106.0	108.5	2.3	III	98.0	97.5	102.0	4.6
IV*	65.2	67.5	3.5	IV	106.3	106.0	110.3	4.2
				V	100.0	100.0	103.9	3.9

25. *Beta vulgaris*.

	G	M	% Diff.		G	M	% Diff.
I	47.8	49.1	2.7	I	56.7	58.2	2.6
II	62.0	63.7	2.9	II	73.1	76.2	4.2
III	63.9	70.9	2.9	III	86.4	89.0	3.1
IV	86.3	88.9	3.1	IV	105.4	108.7	3.1
V	104.3	108.4	3.9	V	106.0	109.2	3.0
VI	123.0	127.3	3.4	VI	67.7	68.4	1.0
VII	67.7	69.1	2.0	VII	28.0	28.0	0.0
VIII	22.0	22.4	1.8				
IX	9.5	9.5	0.0				

26. *Corylus Avellana*.

	G	R	M	% Diff.
I	64.0	61.8	69.0	8.2
II	91.0	89.4	107.0	9.3
III	115.0	114.5	120.0	4.8
IV	144.0	144.0	145.3	0.7
V	148.0	148.0	148.0	0.0

27. *Coprinus comatus* Fries.

(Strunk eines eben zerfliessenden Hutcs.)

	G	R	M ¹	M ²	% Diff.
Untere Hälfte:	198.7	195.0	199.4	200.7	0.8
Obere Hälfte:	91.8	89.0	91.8	93.4	4.6

*) Vgl. S. 3 der Tabellen *).

Tabelle III.

I. Zusammenhang der Längsspannung mit dem Längenwachstum der Gewebe.

Es werden auf der Mitte der auf einander folgenden Internodien lebhaft wachsender Sprosse durch seichtes Einstechen von Nadeln gleiche Maasse (ein Centimeter) genommen, und die Längszunahme derselben (in Mm.) in gleichen Zeiträumen gemessen und hierauf die erlangte Spannungsintensität des Internodiums in der bekannten Weise ermittelt.

1. *Vitis vinifera*.

(17—29. August.)

Internod.	Längenzunahme * am						Spanng. am 29. August
	17.	22.	23.	25.	27.	29.	
I						5,0	7,0
II			1,0	4,0	10,0	17,0	9,0
III			1,0	4,0	8,5	8,5	12,9
IV	0,5	5,5	6,5	9,0	9,0	9,0	8,5
V	1,0	2,0	2,5	2,5	2,5	2,5	4,4

Int.	Längenzunahme am						Sp. am 29. Aug.
	17.	22.	23.	25.	27.	29.	
I						7,9	5,9
II			0,5	5,0	17,5	34,0	9,1
III			1,0	7,0	8,0	8,0	5,2
IV	1,5	15,5	17,0	18,0	18,0	18,0	5,0
V	2,3	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	0,0

Internod.	Längenzunahme am						Sp. am 29. Aug.
	17.	22.	23.	25.	27.	29.	
I						6,0	12,2
II			0,5	2,0	10,0	12,0	12,9
III			1,3	3,5	8,0	12,0	11,9
IV	2,0	8,5	10,0	14,5	15,0	15,0	9,2
V	1,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	5,1
VI	0	0	0	0	0	0	3,2

Int.	Längenzunahme am						Sp. am 29. Aug.
	17.	22.	23.	25.	27.	29.	
I			1,0	2,0	10,0	10,0	7,4
II			1,0	4,0	9,0	16,5	11,7
III	6,0	6,5	13,5	17,5	17,5	17,5	12,7
IV	6,0	6,5	6,5	7,0	7,0	7,0	7,4
V	0,5	0,5	0,5	1,5	0,5	0,5	4,2
VI	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	2,4

2. *Vitis vinifera*.

(25—29. Sept.)

Internod.	Längenzunahme am		Sp. am 29. Sept.
	25.	29.	
I	5,9	12,0	4,1
II	3,0	7,0	5,0
III	0,5	3,5	4,2
IV	0,0	0,0	2,1
V	0,0	0,0	2,1

3. *Helianthus tuberosus*.

(21—25. Sept.)

Internod.	Längenzunahme am		Sp. am 25. Sept.
	23.	25.	
III	3,0	7,0	8,4
VI	1,5	2,0	3,8
VII	1,0	1,0	2,5
VIII	0,0	0,0	1,6
IX	0,0	0,0	1,1

Helianthus tuberosus.

(21—29. Sept.)

Internod.	Längenzunahme am			Sp. am 29. Sept.
	23.	25.	29.	
V	4,0	11,0	28,0	8,3
V	3,0	8,0	10,0	3,8
VI	1,0	1,0	1,0	3,2
VII	0,5	0,5	0,5	1,3
VIII	0,0	0,0	0,0	0,7

Internod.	Längenzunahme am			Sp. am 29. Sept.
	23.	25.	29.	
III	3,0	5,0	16,0	8,2
V	3,5	7,5	15,0	5,4
VII	1,0	5,0	5,0	5,2
X	0,0	1,0	1,0	3,5
XII	0,0	0,0	0,0	2,3
XIV	0,0	0,0	0,0	1,4

*) In Millimetern.

4. *Philadelphus coronarius*.

(6—10. August.)

Internod.	Längenzunahme	Sp.
II	5,0	3,4
III	2,0	11,2
IV	0,0	4,5
V	0,0	0,8

5. *Viburnum Opulus*.

(10—15. August.)

Internod.	Zunahme	Sp.
I	6,6	4,5
II	2,5	8,6

6. *Sambucus nigra*.

(6—10. August.)

Int.	Zunahme	Sp.	Int.	Zunahme	Sp.
II	3,0	5,0	II	3,0	2,2
III	2,5	9,8	III	2,0	7,1
IV	0,0	1,9	IV	0,0	1,2
V	0,0	0,0	V	0,0	0,7

7. *Rosa centifolia* *).

(15—17. Aug.)

Int.	Zunahme	Sp.
I—III	5,0	4,2
IV—V	0,0	5,0
VI—VII	0,0	1,8

2. Grössenverhältniss der Epidermis- und Markzellen in den auf einander folgenden Internodien eines Sprosses.

Die Untersuchungspräparate sind stets aus der Mitte der Internodien genommen; die gefundenen absoluten Grössen das Mittel aus mindestens 20, gewöhnlich 30—40 Einzelmessungen, und bedeuten die Anzahl der Theilstriche meines Ocularmikrometers, von denen einer = 0,003 Mm. ist.

1. *Vitis*.

Intern.	Grösse der		Verhältniss
	Epid.zelle	Markzelle	derselben
I	2,6	9,8	1 : 3,79
II	2,9	12,8	1 : 4,41
III	5,1	22,5	1 : 4,41
IV	5,7	33,6	1 : 5,89
V	12,9	44,85	1 : 3,3
VI	12,9	37,1	1 : 2,9

2. *Helianthus tuberosus*.

Intern.	Grösse der		Verhältniss
	Epid.zelle	Markzelle	derselben
I	4,15	11,45	1 : 2,75
V	6,7	17,9	1 : 2,7
VIII	10,0	28,5	1 : 2,85
X	14,4	41,7	1 : 2,89
XIII	18,8	41,5	1 : 2,11
XVI	19,9	39,1	1 : 1,9

3. *Rosa centifolia*.

Intern.	Grösse der		Verhältniss
	Epid.zelle	Markzelle	derselben
I	3,27	6,12	1 : 1,87
IV	4,61	11,4	1 : 2,47
VII	5,05	15,75	1 : 3,12
X	4,82	19,3	1 : 4,0
XIII	6,10	25,1	1 : 4,11
XVI	6,95	22,8	1 : 3,28
XX	7,5	21,8	1 : 2,90

4. *Balsamine hortensis*.

Intern.	Grösse der		Verhältniss
	Epid.zelle	Markzelle	derselben
I	5,7	20,75	1 : 3,64
II	9,15	40,35	1 : 4,41
III	11,20	58,0	1 : 5,18
IV	11,25	51,15	1 : 4,54

5. *Morus alba*.

Intern.	Grösse der		Verhältniss
	Epid.zelle	Markzelle	derselben
I	2,15	8,2	1 : 3,81
III	3,82	15,84	1 : 4,14
IV	5,77	21,13	1 : 3,66
VI	4,62	17,14	1 : 3,70

6. *Corylus Avellana*.

Intern.	Grösse der		Verhältniss
	Epid.zelle	Markzelle	derselben
I	5,5	5,56	1 : 1,0
II	7,4	20,4	1 : 2,75
III	9,4	23,9	1 : 2,54

*) Die unter No. 4—7 angeführten Beispiele beweisen nur, wenn man sie mit den vorhergehenden vergleicht.

3. Grössenverhältniss der Epidermis- und Markzellen verglichen mit der Spannung des zugehörigen Internodiiums.

1. *Rosa centifolia*.

Internod.	Grösse der		Verh. ders.	Sp. d. Int.
	Epid.zelle	Markzelle		
I—IV	3,84	5,28	1:1,37	2,2
V—VIII	4,25	9,13	1:2,14	3,1
IX—X	5,08	17,24	1:3,39	4,4
XI—XII	6,28	21,94	1:3,33	4,9
XIII—XIV	6,86	31,24	1:4,91	4,9

2. *Vitis*.

Internod.	Grösse der		Verh. ders.	Sp. d. Int.
	Epid.zelle	Markzelle		
I	3,03	7,13	1:2,35	8,4
II	3,23	7,69	1:2,06	9,1
III	3,8	9,18	1:2,41	8,8
IV	4,78	14,27	1:2,98	9,5
V	7,25	17,52	1:2,41	8,4
VI	7,50	18,33	1:2,44	4,5
VII	7,06	16,15	1:2,26	2,4
VIII	8,33	17,03	1:2,04	1,6

3. *Helianthus tuberosus*.

Internod.	Grösse der		Verh. ders.	Sp. d. Int.
	Epid.zelle	Markzelle		
I—III	6,66	13,17	1:1,9	7,0
IV—VI	11,4	21,97	1:1,9	9,8
VII—X	15,3	41,04	1:2,61	7,4
XI—XIV	15,1	32,73	1:2,16	4,4
XV—XVII	14,6	27,20	1:1,86	2,2
XVIII—XX	22,5	31,2	1:1,34	0,0

4. *Kerria japonica*.

Internod.	Grösse der		Verh. ders.	Sp. d. Int.
	Epid.zelle	Markzelle		
I—III	5,26	14,65	1:2,78	9,1
IV—V	7,40	19,83	1:2,68	7,5
VI—VII	8,50	20,63	1:2,42	2,8
IX—XI	8,28	16,15	1:1,94	2,0

5. *Rosa canina*.

Internod.	Grösse der		Verh. ders.	Sp. d. Int.
	Epid.zelle	Markzelle		
I—IV	3,49	6,76	1:1,93	2,1
V—VII	5,55	13,00	1:2,34	2,6
VIII—IX	6,50	20,29	1:3,12	4,6
X—IX	6,24	22,05	1:3,51	6,3
XII—XIII	5,84	24,99	1:4,27	3,9
XIV—XV	6,00	23,87	1:3,93	3,8
XVI—XVIII	6,30	25,18	1:3,98	1,9
XIX—XXII	5,93	20,80	1:3,51	0,8

6. *Nicotiana*.

Internod.	Grösse der		Verh. ders.	Sp. d. Int.
	Epid.zelle	Markzelle		
I—II	5,27	14,43	1:2,73	8,0
III—IV	12,86	38,18	1:2,96	10,3
V—VI	38,25	82,0	1:2,12	6,4
VII—IX	58,15	109,1	1:1,87	5,9
X—XII	70,0	94,25	1:1,34	5,0
XIII—XVIII	69,8	75,25	1:1,08	4,5

7. *Nicotiana*.

Internod.	Grösse der		Verhältniss derselben	Spannung d. Intern.
	Epid.zelle	Markzelle		
I—II	9,08	30,30	1:3,33	7,6
III—IV	34,02	89,5	1:2,63	7,5
V—VI	52,1	89,8	1:1,72	4,2
VII—X	65,4	98,5	1:1,51	4,5
XI—XVI	62,5	89,3	1:1,41	4,0

4. Zunahme der Elastizität der Epidermis (Rinde) mit dem Alter.

Es wurden von *Peperomia verticillata* und *Begonia fuchsioides* an den auf einander folgenden Internodien eines Sprosses die verkürzten isolirten Epidermen (Rinden) durch Anhängen von Gewichten zu der Länge gedehnt, welche sie im Verbands besaßen.

1. *Peperomia verticillata*.

Intern.	G.	Ep.	Gew. in Grammen
I	37,0	36,3	22,265
II	52,0	51,4	39,265
III	55,0	54,5	42,265
IV	52,0	51,7	52,265

2. *Begonia fuchsioides*.

Intern.	G.	Ep.	Gew. in Grammen
I	12,5	11,5	22,265
II	26,4	25,9	27,265
III	48,6	48,0	30,265
IV	71,5	71,0	41,265
V	78,0	77,7	52,265

B. Querspannung.

Tabelle IV.

I. Spannung der Rindengewebe mit Epidermis.

1. *Balsamtna hortensis.*

Internod.	G	E	R
I*	83,0	79,0	81,2 Mill.
II	58,5	56,6	57,4
III	50,0	49,0	49,4
IV	41,0	40,1	40,7

2. *Nicotiana.*

Internod.	G	E	R
untere Hälfte	50,5	48,7	49,6
obere H. d. Stengels	46,0	44,5	45,2

3. *Helianthus tuberosus.*

Internod.	G	E	R
an d. Basis d. Stengels	81,0	79,0	80,0
6 Internod. darüber	81,0	78,7	79,0

4. *Viscum album.*

3jähr. Internod.	G	E	R	Bast
	69,0	67,7	68,0	68,2

2. Spannung der Rindengewebe mit Periderm.

1. *Prunus Cerasus* (10jähr. Stamm).

G	Perid.	R	Bast
60,0	58,1	57,0	60,0
60,0	58,5	57,5	60,0
55,5	54,0	52,5	55,5

2. *Pyrus communis* (8jährig).

G	Perid.	R	äuss. B.	inn. B.
70,0	68,0	67,0	66,7	68,8
69,0	67,2	66,0	66,0	67,0

3. *Corylus avellana* (8jähr.).

G	Perid.	R + B.
79,0	78,0	77,0 Mill.

4. *Prunus domestica* (10jähr.).

G	Perid.	R	äuss. B.	inn. B.
100,0	97,7	95,2	95,5	100,0

5. *Syringa vulgaris.*

G	Perid.	R + äuss. B.	inn. B.
58,0	56,2	54,5	55,5
50,0	48,4	47,2	48,5
46,0	44,4	43,2	45,0

6. *Fraxinus excelsior.*

G	Perid.	R	B.
102,5	101,0	100,7	101,2

7. *Acer striatum.*

G	E	R	äuss. B.	inn. B.
97,0	95,5	94,2	94,4	94,4

8. *Castanea vesca.*

G	Perid.	R	äuss. B.	inn. B.
119,0	117,7	116,6	117,0	117,2

9. *Pyrus communis* (12jähr.).

	G	P+R+B	B+B
Am Boden	82,0	79,0	78,0
	81,0	78,4	77,5
50 Cm. weiter	72,5	69,2	68,5
	72,5	69,5	68,5
50 Cm. weiter	48,0	46,0	45,7
	47,0	45,0	44,5

10. *Sorbus aucuparia* (15jähr.).

	G	P+R+B	R+B
10 Cm. üb. d. Boden	225,0	219,2	207,1
20 Cm. darüber	207,0	201,0	200,0
40 Cm. -	193,0	187,0	186,0
60 Cm. -	183,0	177,7	176,7
100 Cm. -	164,7	159,4	158,0

*) Von der Wurzel aus gerechnet.

Tabelle V.

Gang der Spannungsintensität in den einjährigen Achsen (Stengeln).

1. *Balsamina hortensis* (blühend).

Internod.	G	R	% Diff.
I (3 Cm.) *	81,5 (Mill.)	79,6	2,4
II (5 Cm.)	58,0	55,0	2,3
III (7 Cm.)	51,0	50,5	1,1
IV (9 Cm.)	38,0	37,7	0,8
Ast zw. I u. II	38,6	37,8	2,1
V (10 Cm.)	30,0	29,9	0,2

2. *Helianthus annuus*.

	G	R	% Diff.
I (an der Wurzel)	44,8	42,8	4,5
II (60 Cm.)	45,0	43,2	4,0
III (unter der Blüthe)	29,5	29,0	1,7

3. *Balsamina hortensis*.

Internod.	G	R	% Diff.
I (2 Cm.)	95,5	93,8	1,8
II (6 Cm.)	76,0	75,0	1,4
III (3 Cm.)	61,0	60,4	1,0

4. *Borrago officinalis*.

Int.	G	R	% Diff.
I	57,0	55,9	2,0
III	52,0	51,0	1,9
V	47,0	46,4	1,3

5. *Centranthus angustifolius*.

Int.	G	R	% Diff.
I	39,0	38,0	2,6
III	31,0	30,3	2,1
V	26,0	25,6	1,5

6. *Glaucium luteum*.

Int.	G	R	% Diff.
I	32,0	30,5	4,7
II	26,0	25,0	3,9
IV	17,0	16,4	3,5

7. *Scorzonera hispanica* (mit Blütenknospen).

Int.	G	R	% Diff.
I	31,0	29,2	5,8
III	30,0	28,7	4,4
VI	28,0	27,0	3,6
X	25,0	24,5	2,0

8. *Scorz. hisp.* (verblüht).

Int.	G	R	% Diff.
II	33,0	32,5	1,5
V	28,0	27,2	2,9
IX	22,0	21,5	2,1

9. *Dahlia variabilis*.

Int.	G	R	% Diff.
I	33,0	32,0	3,55
	33,0	31,7	
II	35,0	33,5	4,3
III	35,0	33,7	4,0
IV	36,0	34,5	4,1

10. *Athaea rosea*.

	G	R	% Diff.
An d. Wurzel	60,0	57,0	5,0
20 Cm.	58,0	54,8	5,6
40 Cm.	47,0	44,4	5,6
40 Cm.	42,0	40,2	4,3

11. *Dahlia variabilis* (blühend).

	G	R	% Diff.
I (5 Cm.)	64,0	63,5	0,8
II (20 Cm.)	68,0	67,1	1,3
III (20 Cm.)	77,0	75,7	1,7
IV (10 Cm.)	82,0	80,5	1,9
V (25 Cm.)	76,0	74,0	2,7
VI (10 Cm.)	74,0	71,0	4,1
VII (20 Cm.) **	74,0	72,0	2,7
VIII (10 Cm.) ***	60,0	59,0	1,7
Ast über VII	37,0	35,7	3,5

12. *Helianthus tuberosus* (blühend).

	G	R	% Diff.
I (10 Cm.)	99,0	98,0	1,1
II (15 Cm.)	89,0	87,1	2,2
III (15 Cm.)	88,0	86,0	2,3
IV (20 Cm.)	84,0	82,0	2,4
V (20 Cm.)	85,0	82,5	3,0
VI (25 Cm.)	84,0	81,2	3,4
VII (30 Cm.) **	79,0	76,7	3,0
VIII (20 Cm.)	75,0	73,6	1,9
IX (25 Cm.)	65,0	64,0	1,6
X (40 Cm.)	50,0	49,5	1,0
XI (20 Cm.)	42,0	41,7	0,7

13. *Helianthus tuberosus*.

	G	R	% Diff.
I (3 Cm.)	78,0	76,8	1,6
II (30 Cm.)	76,8	74,5	3,0
III (40 Cm.)	71,3	68,5	3,9
IV (40 Cm.)	65,0	62,0	4,6
V (30 Cm.)	63,0	59,7	3,7

*) Die römischen Ziffern werden von der Wurzel an gezählt; die eingeklammerten Längen (Centimeter) bezeichnen die Entfernungen der betreffenden analysirten Theile von dem vorhergehenden; die bei I gesetzte die Entfernung von der Wurzel.

**) Unmittelbar unter den stärksten Aesten.

***) 10 Cm. von der gabeligen Gipfelverästelung.

Tabelle VI.

I. Breitenverhältniss der Epidermis- und Markzellen in den auf einander folgenden Internodien eines Sprosses.

1. *Balsamina hortensis.*

Intern.	Grösse der		Verhältniss derselben
	Epid.zelle	Markzelle	
II	5.06	23.87	1 : 4.71
VII	6.8	37.5	1 : 5.51
XII	7.62	52.75	1 : 6.92
XIII	6.62	71.00	1 : 10.7
XXIII (letztes)	17.0	88.0	1 : 5.10

2. *Helianthus tuberosus.*

Intern.	Grösse der		Verhältniss derselben
	Epid.zelle	Markzelle	
I	6.51	27.85	1 : 4.28
III	7.54	33.89	1 : 4.49
V	7.91	42.15	1 : 5.33
VII	7.60	43.40	1 : 5.71
X	9.06	42.45	1 : 4.68
XII	9.12	44.65	1 : 4.88

3. *Helianthus tuberosus.*

Intern.	Grösse der		Verhältniss derselben
	Epid.zelle	Markzelle	
I	6.51	20.85	1 : 3.51
IV	7.25	24.44	1 : 3.37
VIII	7.6	36.82	1 : 4.84
XII	9.1	37.35	1 : 4.10
XV	9.2	37.31	1 : 4.05

4. *Vitis.*

Intern.	Grösse der		Verhältniss derselben
	Epid.zelle	Markzelle	
II	3.00	7.80	1 : 2.60
IV	4.86	13.53	1 : 2.78
V	6.43	23.05	1 : 3.58
VI	7.0	29.25	1 : 4.18
VII	7.1	28.35	1 : 3.99
IX	7.8	26.68	1 : 3.42

5. *Morus alba.*

Intern.	Grösse der		Verhältniss derselben
	Epid.zelle	Markzelle	
I	2.3	10.85	1 : 4.7
III	3.18	18.73	1 : 5.9
IV	3.06	23.30	1 : 7.6
VI	4.22	27.91	1 : 6.6

6. *Ribes Grossularia.*

Intern.	Grösse der		Verhältniss derselben
	Epid.zelle	Markzelle	
II	4.2	11.36	1 : 2.7
III	4.5	12.09	1 : 2.6
IV	5.2	14.4	1 : 2.7
VII	6.7	14.6	1 : 2.2

7. *Rosa canina.*

Intern.	Breite der		Verhältniss derselben
	Epid.zelle	Markzelle	
I	5.0	13.41	1 : 2.6
III	5.3	20.15	1 : 3.8
V	5.0	28.05	1 : 5.6
VII	6.5	41.7	1 : 6.4
IX	6.4	40.95	1 : 6.2
XI	6.91	51.80	1 : 7.5
XIII	7.90	58.50	1 : 7.4
XV	6.5	50.5	1 : 7.7

8. *Balsamina hortensis.*

Internod.	Breite der			Verhältniss der Ep. u. Mkz.
	Ep.z.	Collenchymz.	Mkz.	
III	5.96	7.72	26.82	1 : 4.5
VIII	7.02	10.69	36.16	1 : 5.15
XIV	7.03	13.1	70.00	1 : 9.95
XXI	7.4	12.68	84.00	1 : 11.3
XXVII	8.33	15.12	108.0	1 : 12.9
XXXV	9.63	18.0	138.0	1 : 14.3
XXXVIII	17.3*	26.91*	112.0	1 : 6.4

*) Die hier angegebenen Grössen sind die Grössen der Mutterzellen; die vorher gemessenen Zellen haben sich in diesem Internodium in mehrere Tochterzellen getheilt.

2. Einige Beispiele, in denen Länge und Breite der Markzellen im Internodium der grössten Längsspannung und in dem ersten spannungslosen verglichen sind.

1. *Rosa canina*.

Internod.	Länge	Breite
Stärkst.gesp.	33,9	32,7
Spannungslos	24,4	43,8

2. *Helianthus tuberosus*.

Internod.	Länge	Breite
Stärkst.gesp.	40,6	48,8
Spannungslos	25,98	55,0

3. *Sambucus nigra*.

Internod.	Länge	Breite
Stärkst.gesp.	20,03	13,02
Spannungslos	17,36	23,70

4. *Symphoricarpos racemosus*.

Internod.	Länge	Breite
Stärkst.gesp.	59,5	20,90
Spannungslos	47,35	26,70

3. Abnahme der Spannung gegen die Wurzel bei mehrjährigen Stengeln.

Helianthus tuberosus.

Internod.	G	R	% Diff.	Grösse der	
				Epid.z.	Coll.z.
II (über d. Boden)	77,0	75,8	1,5	42,8	33,20
V	71,0	68,2	4,0	25,80	17,10

Tabelle VII.

Gang der Spannung in mehrjährigen Achsen (Stämmen).

a. Sträucher (Aeste derselben).

1. *Prunus spinosa* (12jährig).

	G	R	% Diff.
Einige Cm. üb. d. Boden	168,0	164,2	2,3
	(Mill.)		
50 Cm. darüber (unter den Aesten)	125,0	120,2	3,9
Erster Ast (Basis)	79,0	76,0	3,9
Zweiter Ast	85,0	82,4	3,1

2. *Nerium Oleander* (4jährig).

	G	R	% Diff.
I Basis	32,0	30,5	4,7
II 30 Cm. darüber	28,0	26,9	3,9
Ast über II	20,0	19,5	2,5

3. *Springa vulgaris* (4jährig).

	G	R	% Diff.
I Basis	62,0	58,5	5,7
II (25 Cm.)	50,0	48,0	4,0
III (30 Cm.)	46,0	44,4	3,5
IV (40 Cm.)	36,0	35,0	2,8
V (40 Cm.)	27,0	26,3	2,6
VI Ast: an V, einjährig	17,0	16,6	2,3

4. *Corylus Colurna* (6jährig).

	G	R	% Diff.
I Am Stammanatz	91,5	89,5	2,2
II (40 Cm.)	81,0	79,2	2,3
III (60 Cm.) (unter einer Gabelung)	76,0	74,0	2,7
IV Erster Gabelast (Basis)	57,0	55,7	2,3
V In demselben (26 Cm.)	56,0	54,7	2,4
VI (20 Cm.) in demselben	58,0	56,2	3,1
VII 34 Cm. weiter	31,0	30,3	2,3
VIII 10 Cm. weiter	21,0	20,7	1,4

5. *Rhamnus Frangula* (6jährig).

	G	R	% Diff.
I Am Boden	57,0	56,0	1,8
II (54 Cm.)	44,5	43,5	2,3
III (52 Cm.)	39,0	38,2	2,1
IV (40 Cm.) (zahlreiche Nebenäste)	31,0	30,5	1,6
V (40 Cm.) desgl.	24,0	23,5	2,1
VI (40 Cm.)	15,0	14,7	2,0
VII (10 Cm.) 9 Cm. unter dem Gipfel	13,0	12,8	1,5

6. *Aesculus rubicunda* (2jährig).

	G	R	% Diff.
2jährig	60,5	59,2	2,2
Unt. Int. d. einjähr. Triebes	50,0	48,8	2,4
Unt. d. Gipf.knospe	32,5	32,0	1,5

7. *Rosa canina*.

a. Ein wachsender Schoss.

	G	R	% Diff.
I Nicht mehr wachsende Internodien	32.7	31.9	2.2
II (40 Cm.)	30.0	29.6	1.4
III (20 Cm.) (30 Cm. vom Gipfel)	22.2	22.0	0.9

b. Ein sehr ästiger, noch mit Epidermis versehener Stamm.

	G	R	% Diff.
I (20 Cm.)	56.0	53.6	4.3
II (20 Cm.)	53.5	51.5	3.8
III (10 Cm.)	54.0	53.5	1.0

c. Ein streifenweise verkorkter Stamm.

	G	R	% Diff.
I	44.0	43.2	1.8
II (20 Cm.)	41.0	39.7	3.2

d. Ein sehr dicker, ganz verkorkter Stamm.

	G	R	% Diff.
I	77.0	74.5	3.3
II (45 Cm.)	70.0	67.5	3.6

b. Stämme.

a. Äste derselben.

1. *Pyrus communis* (12jährig).

	G	R	% Diff.
I (20 Cm.)	82.0	79.0	3.75
	81.5	78.4	
II Unter den Seitenästen	72.5	69.2	4.4
	72.5	69.5	
III In den Seitenästen	48.0	46.0	4.25
	47.0	45.0	

2. *Carya tomentosa* (8jährig).

	G	R	% Diff.
I (Am Stammansatz)	47.8	74.1	0.8
II (20 Cm.) 7jährig	53.0	51.9	2.1
III (40 Cm.)	43.0	41.7	3.1
IV (50 Cm.) 3jähr.	31.4	30.6	2.6
V Seitenast über IV (8 Cm.)	27.0	26.5	1.8
VI (2 Cm.) derselbe am Gipfel	21.8	21.5	1.4
VII Seitenast über II	18.0	17.7	1.7

3. *Pyrus Malus* (18jährig).

	G	R	% Diff.
I (Stammansatz)	226.0	221.0	2.3
II (40 Cm.)	202.0	196.0	3.0
III (40 Cm.)	214.0	208.0	2.8
IV (30 Cm.)	200.0	192.0	4.0
V Gabelast (20 Cm.)	128.0	122.5	4.3
VI Ders. (60 Cm.)	100.0	195.0	5.0

4. *Acer striatum* (6jährig).

	G	R	% Diff.
I (Stammansatz)	97.0	93.5	3.6
II (50 Cm.)	75.5	72.5	4.0
III Gabelast über II	72.0	69.0	4.2
IV (30 Cm.) derselbe	67.0	64.2	4.2

5. *Castanea vesca* (16jährig).

(November.)

	G	R	% Diff.
I (Stammansatz)	119.0	116.7	1.9
II (30 Cm.) 15jähr.	106.0	103.2	2.7
III (32 Cm.) 14jähr.	97.0	94.0	3.1
IV (22 Cm.)	87.0	85.2	2.1
V (30 Cm.)	73.0	70.7	3.2
VI (20 Cm.)	54.0	52.4	3.0
VII Ast bei III (13jährig)	53.0	51.2	3.4
a. (30 Cm.)	42.0	40.7	3.1
b. (12 Cm.)	42.0	40.3	4.1
c. Gabelung desselben (6jähr.)	35.0	33.7	3.7
d. (20 Cm.)	28.0	27.4	2.2
e. (20 Cm., 3jähr.)	20.0	19.6	2.0
VIII Ast bei V (10j. Basis)	42.0	40.6	3.4
a. (30 Cm.) 6jähr.	32.0	31.0	3.1
b. (20 Cm.) 4jähr.	26.0	25.2	3.1
c. (20 Cm.) 3j. (15 Cm. v. Gipfel)	22.0	21.6	1.8
d. 8 Cm. v. Gipfel, 1j.	11.0	10.9	0.9
IX Gabelung bei VI (Basis) 9jähr.	44.0	42.8	2.7
a. (25 Cm.) 6jähr.	30.0	29.0	3.4
b. (25 Cm.) 4jähr.	22.0	21.2	3.6
c. 2jähr. (10 Cm.)	19.0	18.6	2.1
d. 1jähr. (10 Cm.)	15.0	14.8	1.3

β. Ganze Stämme.

1. *Fraxinus excelsior* (5jährig).

(November.)

Stamm:	G	R	% Diff.
I (Wurzelhals)	191.0	187.0	2.1
II (53 Cm.)	112.3	109.9	2.2
III (68 Cm.)	93.0	90.7	2.3
IV (48 Cm.)	80.0	78.2	2.3
V (30 Cm.)	52.0	51.0	1.9
VI Ast an V	46.3	45.7	1.3
a. (40 Cm.)	26.0	25.3	2.7
b. (20 Cm.) (7 Cm. von der Gipfelknospe)	25.0	24.3	2.8
VII Zweiter Ast von V	52.0	51.0	1.9
a. (20 Cm.)	52.0	51.0	1.9
b. (20 Cm.)	40.0	39.4	1.5
c. (20 Cm.)	34.5	34.2	0.9
d. (20 Cm.)	33.5	33.3	0.6
e. (15 Cm.) (4 Cm. vom Gipfel)	25.0	24.9	0.4
Wurzel:			
VIII a. (10 Cm.) vom Stamm	173.0	170.0	1.7
b. Eine zweite Wurzel (40 Cm.)	94.0	92.5	1.6
	47.0	46.3	1.5

2. *Pinus Picea* Du Roi (21jährig).
(7. October.)

Stamm:	G	R	% Diff.
I (40 Cm.) 17jähr.	156,0	151,5	2,9
II (50 Cm.) 14jähr.	136,5	130,5	4,4
III (40 Cm.) 12jähr.	120,0	115,2	5,0
IV (20 Cm.) 12jähr.	116,0	112,5	3,1
V (20 Cm.) 11jähr.	103,5	101,2	2,4
VI (30 Cm.) 10jähr.	86,0	84,0	2,4
VII (20 Cm.) 10jähr.	82,0	80,1	2,4
VIII (25 Cm.) 9jähr.	67,0	65,5	2,1
IX (25 Cm.) 8jähr.	59,0	57,8	2,0
X (40 Cm.) 5jähr.	34,0	33,5	1,5

3. *Pinus Picea* Du Roi (13jährig).
(October.)

Stamm:	G	R	% Diff.
I 10jähr.	103,0	100,5	2,6
	103,0	100,3	
II 9jähr.	98,0	94,5	3,1
	98,0	95,5	
III 8jähr.	87,0	83,7	3,4
	87,0	84,4	
IV 7jähr.	75,0	73,0	2,7
V 6jähr.	60,0	58,5	2,5

4. *Prunus domestica* (12jährig).
(3. October.)

Stamm:	G	R	% Diff.
I (Einige Cm.)	195,5	191,0	2,36
	194,5	189,6	
	197,0	192,5	
II (45 Cm.) Hälfte des Stammes	151,0	147,2	2,96
	150,0	146,0	
	150,0	145,5	
III (55 Cm.) unter der Verästelung desselben	140,0	135,0	3,46
	138,5	133,6	
	138,0	133,7	
IV (20 Cm.) in den Aesten zw. VII und IX	125,0	121,0	2,66
	123,0	120,0	
	123,0	120,0	
V (15 Cm.) wie vorher	103,5	101,5	1,9
	103,5	101,5	
VI (20 Cm.)	103,0	101,2	1,85
	103,0	101,0	
VII Erster Ast (6jähr.) über III, Basis	67,7	64,7	4,45
(25 Cm.) unter a und b Einer Gabelung Basis:	61,3	58,5	
a	58,5	55,7	4,8
b	48,0	45,2	5,8
VIII Zweiter Ast, 6jähr. über III	62,0	59,5	4,1
(30 Cm.)	54,0	51,7	4,3
(40 Cm.)	43,8	42,2	3,6
IX Ast unter V	48,0	45,7	4,8
X Erster Gabelast über VI, Basis	71,0	69,0	2,8
	71,0	69,0	2,8
(20 Cm.)	62,5	61,0	2,8
(40 Cm.)	62,5	60,5	
	57,0	55,0	3,5

	G	R	% Diff.
(20 Cm.)	46,0	44,4	3,8
(40 Cm.) 90 Cm. v. Gipfel	38,0	36,7	4,0
	22,0	21,1	4,45
40 Cm. vom Gipfel, 8j.	21,0	20,0	
(10 Cm.) 30 Cm. v. G. 1j.	9,5	9,3	2,0
XI Zweiter Gabelast über VI, Basis	65,5	63,7	2,8
(40 Cm.)	58,0	56,5	2,8
	58,0	56,3	
(20 Cm.)	58,0	56,0	3,4
Gabelast von VI (12 Cm.)	37,0	36,0	3,45
	37,0	35,5	

5. *Prunus domestica* (18jährig).
(4. October.)

Stamm:	G	R	% Diff.
I (15 Cm.)	160,0	156,7	2,1
	157,0	153,7	
II (30 Cm.)	136,7	132,7	2,95
	136,0	132,0	
III (20 Cm.)	128,0	124,0	3,4
	128,0	123,7	
IV (30 Cm.)	116,0	112,0	3,4
	116,0	112,5	
V (30 Cm.)	131,0	126,0	3,95
	124,0	119,0	
VI (10 Cm.) in den Aesten	92,0	89,0	3,3
	91,0	88,2	
VII (35 Cm.) unter d. Hauptverästelung	79,0	75,0	3,4
	78,0	75,5	
VIII Erster Ast unmittelbar vor VI	78,0	75,5	3,2
	78,0	75,5	
(70 Cm.)	65,0	62,5	3,9
	65,0	62,5	
IX Zweiter Ast, 4j. (20 Cm.)	45,5	43,6	4,2
	45,5	43,5	
(80 Cm.)	35,0	33,5	4,7
	35,0	33,2	

6. *Prunus Armeniaca*.
(31. October.)

Stamm:	G	R	% Diff.
I Am Boden	336,0	329,5	2,0
II (50 Cm.)	296,0	288,0	2,7
III (50 Cm.)	264,0	256,0	3,1
IV (30 Cm.) unter den Aesten	284,0	275,7	2,9
V Erster Ast (Basis) (60 Cm.) unter seiner Verästelung	170,0	165,0	3,0
VI Ein Ast von V	154,0	149,0	3,1
Wurzel:	97,0	93,2	3,9
VII Eine Hauptwurzel	102,2	98,7	3,75
a. am Stammansatz	102,0	98,7	
b. (20 Cm.)	74,0	71,5	3,25
	74,0	71,7	
c. Ein Seitenast	54,0	52,5	2,8
d. (40 Cm.)	33,0	32,1	2,4
VIII Eine zweite Hauptwurzel Ansatz	106,0	103,0	3,05
	106,0	102,7	
a. (10 Cm.)	78,0	76,0	2,6
b. (40 Cm.)	52,0	50,7	2,5

7. *Sorbus aucuparia*.
(2. October.)

Stamm:	G	R	% Diff.
I (10 Cm.)	225.0	219.2	2.6
	223.0	218.0	2.3
	221.2	216.2	2.3
	207.0	201.0	2.9
	205.5	200.3	2.6
	205.0	200.0	2.5
	203.5	198.7	2.4
	193.0	187.0	3.1
	193.0	188.0	2.6
	191.4	186.8	2.7
	183.0	177.7	2.9
	183.0	177.7	2.9
	164.7	159.4	3.1
	164.0	158.5	3.4
	163.5	158.2	3.3
	156.0	151.3	3.1
	154.7	149.7	3.3
	155.0	150.5	3.0
	145.0	141.0	2.8
	145.0	141.0	2.8
	145.3	141.2	2.9
	102.0	99.2	2.8
	102.5	99.5	3.0
	102.0	99.2	2.8
	97.0	95.0	2.1
	97.0	95.0	2.1
	96.2	93.7	2.6
	65.0	63.0	3.1
	65.0	62.5	3.9
	64.5	62.2	3.6
	58.0	56.0	3.5
	57.5	55.5	3.5
	53.5	51.5	3.8
	52.0	50.0	3.9
	47.0	45.1	4.1
	46.0	44.0	4.4
	47.5	45.6	4.0
	40.0	38.2	4.5
	39.0	37.1	4.9
	30.0	27.9	7.0
	30.0	28.1	6.4
	30.0	28.1	6.4

8. *Pinus Larix* (20jährig).
(Nadeln im Abfallen; 6. October.)

	G	R	% Diff.
I (40 Cm.)	182.5	177.5	2.8
II (40 Cm.)	162.0	156.7	3.3
III (50 Cm.)	148.7	143.0	3.2
IV (30 Cm.)	144.0	139.5	3.1
V (20 Cm.)	138.0	133.8	3.1

9. *Ailanthus glandulosa*.
(December; 5jährig; vgl. Taf. III.)

Stamm:	G	R	% Diff.
I Basis	487.0	478.2	1.6
	485.0	487.0	
II (66 Cm.)	401.5	397.0	1.2

	G	R	% Diff.
III (64 Cm.)	376.0	371.0	1.2
	376.0	371.5	1.2
V (75 Cm.)	301.0	297.6	1.2
VI (100 Cm.)	271.0	267.5	1.3
VII (30 Cm.) dicht unter d. ersten Ast	251.0	247.6	1.5
VIII (44 Cm.) mitten in der Astregion	229.0	225.8	1.4
IX (37 Cm.) an der Gipfeligabelung d. Stammes	195.0	191.8	1.7
X Unterster Ast über VII, Basis	68.5	67.5	1.5
a. (70 Cm.)	51.0	50.3	1.4
b. Einjähriger Ast desselben, Basis	44.0	43.6	0.9
5 Cm. vom Gipfel	39.5	39.3	0.5
XI Zweiter Ast zw. VII u. VIII a. (Basis)	69.0	68.1	1.3
b. (80 Cm.) unter d. 1j.	54.5	53.8	1.3
c. erster 1jäh.	53.0	52.4	1.1
d. (6 Cm.)	46.5	46.2	0.7
XII Dritter Ast über XI a. (Basis)	55.8	55.0	1.4
b. (70 Cm.) unter c.	54.3	53.8	0.9
c. 1jäh. Basis	44.0	43.7	0.7
d. Spitze dess. (42 Cm.)	36.0	35.9	0.3
XIII Fünfter Ast über XII a. (Basis)	60.0	59.1	1.5
b. (40 Cm.) Hälfte	53.0	52.5	1.0
c. (40 Cm.) unter d. 1j.	50.0	49.6	0.8
d. einjäh.	41.3	41.1	0.5
XIV Sechster Ast über XIII; an VIII a. (Basis)	68.0	67.2	1.2
b. (95 Cm.) unter d. 1j.	55.0	54.5	0.9
XV Elfter Ast an VIII a. (Basis)	73.0	72.1	1.3
b. (8 Cm.)	55.5	54.9	1.1
c. 1jäh. Basis an b.	44.0	43.7	0.7
XVI Zwölfter Ast zw. VIII u. IX a. (Basis)	69.0	68.2	1.2
b. (40 Cm.)	61.0	60.5	0.5
c. (40 Cm.) unter d.	54.0	53.7	0.6
d. 1jäh. Ast	49.5	49.3	0.4
XVII Funfzehnter Ast zw. VIII u. IX a. (Basis)	85.0	84.1	1.1
b. (40 Cm.)	68.5	68.0	0.7
c. (50 Cm.) unter den 1jäh. Aesten	63.0	62.6	0.5
d. einj. Ast, Basis	51.0	50.8	0.4
e. (20 Cm.) Hälfte dess.	46.0	45.9	0.2
XVIII Erster Gipfelast a. (Basis)	97.5	95.9	1.7
b. (40 Cm.)	79.0	77.5	1.9
c. (50 Cm.)	69.0	68.2	2.7
d. Erster 1jäh. Ast α. (Basis)	54.0	53.6	0.8
β. (20 Cm.)	52.0	51.7	0.6
γ. (14 Cm.) 5 Cm. v. der Gipfelknospe	50.5	50.4	0.2
e. Zweiter 1jäh. Ast α. (Basis)	42.0	41.7	0.7
β. (50 Cm.) unter d. Gipfel	34.5	34.4	0.3
f. Dritter 1jäh. Ast α. (Basis)	42.0	41.7	0.7
β. 30 Cm. unt. d. Gipfel	36.0	35.9	0.3

XIX Zweiter Gipfelast				c. Einige Stamm- und Wurzelansätze.			
	G	R	% Diff.				
a. (Basis)	81,0	79,5	1,9	1. <i>Sambucus nigra.</i>			
b. (40 Cm.)	72,0	71,0	1,4	(31. Oct.)			
c. (20 Cm.)	69,0	68,2	1,2	α. Stamm:			
d. (4 Cm.)	63,0	62,4	1,0	I 20 Cm. über der Basis			
e. Ast 1jähr. über c.				II An der Basis			
α. (Basis)	47,0	46,7	0,6	III Am Wurzelhals			
β. (60 Cm.)	41,0	40,9	0,3	β. Wurzel:			
f. 1jähr. Ast über d.				I Hauptwurzelansatz			
α. (Basis)	56,5	55,7	1,4	II 30 Cm. darunter			
β. (14 Cm.)				2. <i>Ricinus communis.</i>			
Gipfel	51,0	50,7	0,6	α. Stamm:			
Wurzel:				I 20 Cm. über der Basis			
a. Am Stammsatz	214,0	211,5	1,2	II Wurzelhals			
b. (25 Cm.)	172,0	170,0	1,1	β. Wurzel:			
c. (30 Cm.)	100,0	99,0	1,0	Am Ansatz			
d. Ast derselben (20 Cm.)	81,5	80,9	0,8				
α. (20 Cm.)	72,0	71,5	0,7*				

Tabelle VII.

Tägliche Periodicität der Längs- und Querspannung des Pflanzenkörpers.

I. Periodicität der Längsspannung.

1. *Plantago Psyllium* **).

(11. Juni.)

5 1/2 ham

	G	R	M	% D.		G	R	M	% D.		G	R	M	% D.
I	134,8	132,3	136,8	1,7	I	115,8	114,0	118,8	4,1	I	130,5	129,0	133,9	3,7
II	205,0	205,0	208,5	1,2	II	153,5	153,5	155,4	1,2	II	181,7	181,3	185,0	2,1
				Sp.M.					Sp.M.					Sp.M.
				1,45					2,65					2,9
														3,15

Allg. Mittel d. Sp. um 5 1/2 ham 2,529.

7 ham

	G	R	M	% D.		G	R	M	% D.		G	R	M	% D.
I	125,8	123,8	126,7	2,3	I	105,3	103,5	105,9	2,3	I	135,2	132,3	137,0	2,7
II	178,3	178,3	180,8	1,3	II	200,5	200,4	202,6	1,0	II	132,2	131,6	133,9	1,7
				Sp.M.					Sp.M.					Sp.M.
				1,8					1,65					2,2
														1,75

Allg. Sp. M. um 7 ham 1,85.

8 1/2 ham

	G	R	M	% D.		G	R	M	% D.		G	R	M	% D.
I	88,9	87,5	89,9	2,8	I	104,6	104,0	105,8	1,7	I	85,7	84,5	86,6	2,4
II	160,0	159,5	161,7	1,3	II	140,2	139,8	142,0	1,6	II	194,0	194,0	196,0	1,0
				Sp.M.					Sp.M.					Sp.M.
				2,05					1,65					1,7
														1,35

Allg. Sp. Mittel um 8 1/2 ham 1,68.

*) Dieses, wie überhaupt sämtliches untersuchte Material nicht einheimischer Bäume, wurde mir durch Herrn Professor de Bary aus dem Erlanger botanischen Garten in der liberalsten Weise zur Verfügung gestellt.

**) Es werden jeder Zeit 4 Pflanzen, direct dem Boden entnommen, analysirt; an der Spitze der Analysen steht die Zeit derselben; bei jeder Pflanze bedeutet I die obere, II die untere Hälfte des Stengels; aus den Spannungsmitteln der 4 Stengel ist das allgemeine Spannungsmittel der Stunde berechnet.

12^{hm}.

	G	R	M	% D.		G	R	M	% D.		G	R	M	% D.
I	82,7	81,9	83,7	2,2	I	96,0	94,6	97,6	3,1	I	85,6	84,5	87,0	2,9
II	165,1	164,9	166,5	1,0	II	206,0	205,6	207,8	1,0	II	165,3	164,8	166,5	1,0
	Sp. M.					Sp. M.					Sp. M.			
	1,6					2,05					1,85			

Allg. Sp. M. um 12^{hm} 1,62.2^{hpm}.

	G	R	M	% D.		G	R	M	% D.		G	R	M	% D.
I	100,5	99,9	101,6	1,6	I	105,8	104,7	106,6	1,8	I	108,0	107,3	108,8	1,7
II	158,4	158,8	149,2	0,5	II	164,5	164,5	166,2	1,0	II	229,9	229,9	230,5	0,2
	Sp. M.					Sp. M.					Sp. M.			
	1,05					1,4					0,95			

Allg. Sp. M. um 2^{hpm} 1,09.4^{hpm}

	G	R	M	% D.		G	R	M	% D.		G	R	M	% D.
I	80,3	79,7	81,0	1,6	I	123,7	122,3	124,5	1,8	I	115,5	114,5	116,3	1,5
II	222,0	222,0	223,9	0,8	II	224,0	224,0	225,0	0,4	II	213,0	213,0	213,0	0,4
	Sp. M.					Sp. M.					Sp. M.			
	1,2					1,1					0,95			

Allg. Sp. M. um 4^{hpm} 1,07.6^{hpm}

	G	R	M	% D.		G	R	M	% D.		G	R	M	% D.
I	97,0	96,0	98,0	2,1	I	85,6	84,9	86,2	1,6	I	86,0	85,0	86,5	1,7
II	157,4	157,0	159,0	1,3	II	163,7	163,0	165,0	1,1	II	151,9	151,3	153,3	1,3
	Sp. M.					Sp. M.					Sp. M.			
	1,7					1,35					1,5			

Allg. Sp. M. um 6^{hpm} 1,24.2. *Plantago Psyllium*. (9. Juni.)6^{ham}

	G	R	M	% D.		G	R	M	% D.		G	R	M	% D.
I	144,0	142,5	147,5	3,5	I	126,0	124,8	128,6	3,0	I	167,9	165,7	170,0	2,6
II	193,5	192,9	195,5	1,5	II	160,5	159,5	162,5	1,9	II	190,5	190,1	193,0	1,6
	Sp. M.					Sp. M.					Sp. M.			
	2,5					2,45					2,1			

Allg. Sp. M. um 6^h 2,4.10^{ham}

	G	R	M	% D.		G	R	M	% D.		G	R	M	% D.
I	146,7	145,2	147,8	1,8	I	143,2	141,3	144,8	2,5	I	118,8	117,0	119,3	1,1
II	199,6	199,0	200,9	1,0	II	136,5	136,2	137,5	1,0	II	158,3	157,8	159,0	0,7
	Sp. M.					Sp. M.					Sp. M.			
	1,4					1,75					0,9			

Allg. Sp. M. um 10^{ham} 1,5.12^{hm}

	G	R	M	% D.		G	R	M	% D.		G	R	M	% D.
I	134,3	133,0	135,6	1,9	I	160,9	159,9	162,9	1,9	I	99,9	98,9	100,9	3,1
II	172,9	172,5	175,0	1,5	II	223,9	223,7	225,0	0,5	II	169,2	168,0	170,2	1,3
	Sp. M.					Sp. M.					Sp. M.			
	1,7					1,2					2,2			

Allg. Sp. M. um 12^{hm} 1,7.

2hpm

	G	R	M	% D.		G	R	M	% D.		G	R	M	% D.		G	R	M	% D.
I	110,9	109,5	111,8	2,1	I	120,6	119,0	121,9	2,4	I	119,5	118,9	121,1	1,8	I	115,9	115,6	117,8	2,1
II	196,8	196,8	198,0	0,6	II	117,9	117,9	118,9	0,8	II	187,0	187,0	188,0	0,6	II	125,5	125,5	127,0	1,1
	<u>Sp. M.</u>					<u>Sp. M.</u>					<u>Sp. M.</u>					<u>Sp. M.</u>			
	1,35					1,6					1,2					1,6			

Allg. Sp. M. um 2^h 1,44.

4hpm

	G	R	M	% D.		G	R	M	% D.		G	R	M	% D.		G	R	M	% D.
I	144,8	142,5	147,0	3,1	I	117,5	116,5	118,5	1,7	I	94,8	94,2	95,4	1,3	I	91,0	90,0	92,2	2,4
II	203,0	203,0	206,0	1,4	II	296,0	296,0	297,5	0,5	II	183,0	183,0	184,0	0,5	II	190,8	190,8	192,9	1,1
	<u>Sp. M.</u>					<u>Sp. M.</u>					<u>Sp. M.</u>					<u>Sp. M.</u>			
	2,25					1,1					0,9					1,75			

Allg. Sp. M. um 4^h 1,5.

6hpm

	G	R	M	% D.		G	R	M	% D.		G	R	M	% D.		G	R	M	% D.
I	165,4	163,9	167,5	2,2	I	110,8	108,5	111,5	2,7	I	150,6	150,3	152,7	1,6	I	86,6	85,9	87,8	2,2
II	180,9	180,5	183,0	1,4	II	230,8	230,2	232,3	0,9	II	240,3	240,3	242,6	0,9	II	138,9	138,9	140,5	1,1
	<u>Sp. M.</u>					<u>Sp. M.</u>					<u>Sp. M.</u>					<u>Sp. M.</u>			
	1,8					1,8					1,25					1,65			

Allg. Sp. M. um 6^h 1,62.

8hpm

	G	R	M	% D.		G	R	M	% D.		G	R	M	% D.		G	R	M	% D.
I	86,5	85,0	87,0	2,3	I	78,9	78,0	79,0	2,4	I	122,8	121,0	123,9	2,3	I	130,9	129,6	132,9	2,5
II	187,2	186,8	188,8	1,1	II	186,3	185,5	187,3	1,1	II	169,6	169,2	171,3	1,3	II	265,2	264,5	269,0	1,3
	<u>Sp. M.</u>					<u>Sp. M.</u>					<u>Sp. M.</u>					<u>Sp. M.</u>			
	1,7					1,75					1,8					1,9			

Allg. Sp. M. um 8^h 1,77.3. *Plantago Psyllium*. (10 Juni.)

7ham

	G	R	M	% D.		G	R	M	% D.		G	R	M	% D.		G	R	M	% D.
I	123,6	121,8	125,6	3,5	I	94,5	93,4	96,3	3,1	I	111,5	110,0	112,7	2,4	I	110,0	108,0	111,8	3,5
II	185,6	185,6	188,5	1,5	II	174,0	173,4	176,8	2,0	II	122,2	121,0	123,5	2,0	II	160,2	159,9	162,7	1,8
	<u>Sp. M.</u>					<u>Sp. M.</u>					<u>Sp. M.</u>					<u>Sp. M.</u>			
	2,5					2,25					2,2					2,6			

Allg. Sp. M. um 7 Uhr 2,45.

8^{1/2}ham

	G	R	M	% D.		G	R	M	% D.		G	R	M	% D.		G	R	M	% D.
I	129,5	128,0	131,0	1,3	I	126,8	124,5	128,5	3,2	I	107,3	106,8	109,0	2,1	I	118,8	118,0	119,9	1,6
II	187,0	186,5	188,5	1,7	II	158,8	158,0	159,6	1,1	II	188,1	187,7	190,5	1,8	II	176,0	176,0	178,4	1,3
	<u>Sp. M.</u>					<u>Sp. M.</u>					<u>Sp. M.</u>					<u>Sp. M.</u>			
	1,5					2,15					1,95					1,45			

Allg. Sp. M. um 8^{1/2} Uhr 1,76.

10ham

	G	R	M	% D.		G	R	M	% D.		G	R	M	% D.		G	R	M	% D.
I	126,9	125,6	127,9	1,9	I	70,5	69,9	71,5	2,2	I	96,7	95,5	98,3	2,9	I	118,8	117,0	119,7	2,3
II	141,5	140,9	142,4	1,1	II	149,9	149,7	151,0	0,9	II	164,9	164,2	166,0	1,1	II	143,9	143,0	144,9	1,4
	<u>Sp. M.</u>					<u>Sp. M.</u>					<u>Sp. M.</u>					<u>Sp. M.</u>			
	1,5					1,55					2,0					1,85			

Allg. Sp. M. um 10 Uhr 1,72.

11¹/₂ hpm

	G	R	M	% D.		G	R	M	% D.		G	R	M	% D.
I	90,3	89,2	90,8	1,8	I	77,0	75,9	78,8	3,8	I	101,8	100,5	102,9	1,3
II	172,3	171,8	173,4	1,5	II	166,8	166,0	169,0	1,8	II	200,9	200,5	201,2	0,3
	Sp. M. 1,65					Sp. M. 2,8					Sp. M. 0,8			
											Sp. M. 1,75			

Allg. Sp. M. um 11¹/₂ Uhr 1,75.12¹/₂ hpm

	G	R	M	% D.		G	R	M	% D.		G	R	M	% D.
I	113,7	112,8	114,0	1,0	I	132,9	131,0	133,8	2,1	I	111,9	110,9	112,7	1,6
II	201,8	201,3	203,9	1,3	II	167,9	167,6	168,9	1,3	II	175,3	175,3	176,7	0,7
	Sp. M. 1,65					Sp. M. 1,7					Sp. M. 1,65			
											Sp. M. 1,65			

Allg. Sp. M. um 12¹/₂ Uhr 1,66.

2 hpm

	G	R	M	% D.		G	R	M	% D.		G	R	M	% D.
I	129,7	128,0	130,3	1,8	I	83,3	82,0	83,9	2,3	I	69,0	68,5	69,5	1,3
II	156,3	156,0	157,5	1,1	II	200,2	199,9	201,0	0,5	II	171,6	171,0	173,0	1,1
	Sp. M. 1,45					Sp. M. 1,4					Sp. M. 1,2			
											Sp. M. 1,8			

Allg. Sp. M. um 2 Uhr 1,46.

4 hpm

	G	R	M	% D.		G	R	M	% D.		G	R	M	% D.
I	93,5	92,2	94,2	2,1	I	87,0	87,0	88,9	2,2	I	98,8	98,0	99,7	1,8
II	179,5	178,9	180,0	0,6	II	162,7	161,9	163,7	1,1	II	144,0	143,8	144,9	1,5
	Sp. M. 1,35					Sp. M. 1,65					Sp. M. 1,65			
											Sp. M. 0,65			

Allg. Sp. M. um 4 Uhr 1,35.

5 hpm

	G	R	M	% D.		G	R	M	% D.		G	R	M	% D.
I	124,7	123,3	125,6	3,4	I	113,8	112,7	115,2	3,0	I	107,8	106,7	108,9	2,1
II	178,9	177,8	180,5	1,5	II	177,5	176,9	179,3	1,4	II	211,0	211,0	212,8	0,8
	Sp. M. 2,4					Sp. M. 2,2					Sp. M. 1,45			
											Sp. M. 1,8			

Allg. Sp. M. um 5 Uhr 1,93.

7³/₄ hpm

	G	R	M	% D.		G	R	M	% D.		G	R	M	% D.
I	72,6	71,2	74,1	4,0	I	102,0	100,5	103,8	2,2	I	102,3	100,5	100,8	3,2
II	186,5	185,8	189,9	1,6	II	185,0	184,8	187,8	1,7	II	167,9	167,7	170,0	1,4
	Sp. M. 2,8					Sp. M. 1,95					Sp. M. 2,3			
											Sp. M. 2,3			

Allg. Sp. M. um 7³/₄ Uhr 2,34.4. *Plantago Psyllium.* (12. Juni.)5¹/₂ hpm

	G	R	M	% D.		G	R	M	% D.		G	R	M	% D.
I	120,0	117,9	121,5	3,0	I	95,0	93,7	96,8	3,2	I	142,0	140,8	145,4	3,2
II	200,9	200,3	204,8	2,2	II	176,6	175,9	178,5	1,4	II	200,9	200,3	203,9	1,7
	Sp. M. 2,6					Sp. M. 2,3					Sp. M. 2,45			
											Sp. M. 1,8			

Allg. Sp. M. um 5¹/₂ Uhr 2,28.

7^ham

	G	R	M	% D.		G	R	M	% D.		G	R	M	% D.
I	92.9	91.6	94.3	2.9	I	70.5	69.6	71.0	2.0	I	87.7	86.9	89.8	3.3
II	157.5	156.8	158.8	1.2	II	170.5	170.0	171.9	1.1	II	167.2	167.2	169.0	1.0
	Sp. M.					Sp. M.					Sp. M.			
	2.05					1.55					2.15			

Allg. Sp. M. um 7 Uhr 1.87.

9^ham

	G	R	M	% D.		G	R	M	% D.		G	R	M	% D.
I	97.9	96.8	98.9	2.2	I	80.0	79.3	81.3	2.0	I	71.0	70.5	71.9	1.9
II	189.5	189.2	191.5	1.7	II	192.2	191.9	193.9	1.5	II	198.0	197.5	198.7	0.6
	Sp. M.					Sp. M.					Sp. M.			
	1.95					2.0					1.25			

Allg. Sp. M. um 9 Uhr 1.76.

11^ham

	G	R	M	% D.		G	R	M	% D.		G	R	M	% D.
I	76.0	74.8	77.9	3.5	I	68.5	67.5	69.3	2.6	I	79.2	78.8	80.4	2.0
II	181.0	180.5	183.0	1.4	II	171.0	171.0	172.0	0.5	II	194.0	194.0	196.5	1.2
	Sp. M.					Sp. M.					Sp. M.			
	2.45					1.55					1.60			

Allg. Sp. M. um 11 Uhr 1.862...

12^{1/2}hpm.

	G	R	M	% D.		G	R	M	% D.		G	R	M	% D.
I	63.4	62.7	64.3	2.6	I	86.0	84.9	86.0	1.5	I	86.0	85.2	87.0	2.1
II	220.5	220.5	222.7	0.9	II	161.9	161.9	163.2	0.8	II	171.0	171.0	172.2	0.7
	Sp. M.					Sp. M.					Sp. M.			
	1.75					1.15					1.4			

Allg. Sp. M. um 12^{1/2} Uhr 1.315.2^hpm

	G	R	M	% D.		G	R	M	% D.		G	R	M	% D.
I	57.8	56.9	58.4	2.6	I	75.7	74.9	76.2	2.4	I	96.0	95.1	96.9	1.8
II	179.0	179.0	181.3	1.0	II	171.0	171.0	172.2	0.7	II	158.0	158.0	159.5	0.9
	Sp. M.					Sp. M.					Sp. M.			
	1.85					1.55					1.35			

Allg. Sp. M. um 2 Uhr 1.32...

3^{1/2}hpm

	G	R	M	% D.		G	R	M	% D.		G	R	M	% D.
I	84.0	83.0	84.8	2.1	I	92.9	92.0	94.0	2.0	I	111.3	110.5	113.0	2.3
II	150.0	150.0	151.2	0.8	II	188.5	188.5	190.9	1.2	II	153.0	153.0	154.5	0.9
	Sp. M.					Sp. M.					Sp. M.			
	1.45					1.6					1.6			

Allg. Sp. M. um 3^{1/2} Uhr 1.42.5. *Plantago Psyllium.* (8. Juni.)7^ham

	G	R	M	% D.		G	R	M	% D.		G	R	M	% D.
I	88.0	86.8	88.0	1.4	I	134.3	132.5	136.5	3.0	I	94.9	93.3	94.9	1.7
II	125.5	125.3	126.3	0.8	II	138.2	137.8	139.8	1.4	II	88.9	88.0	89.9	2.2
III	94.0	94.0	95.9	2.0	III					III	65.0	65.0	66.3	2.1
	Sp. M.					Sp. M.					Sp. M.			
	1.4					2.2					2.0			

Allg. Sp. M. um 7 Uhr 1.8.

2hpm

	G	R	M	% D.		G	R	M	% D.		G	R	M	% D.		G	R	M	% D.
I	105,5	104,8	105,8	1,0	I	100,0	99,0	101,2	2,2	I	87,2	86,0	87,9	2,1	I	95,1	93,5	95,7	2,0
II	132,8	132,8	133,3	0,3	II	197,5	197,5	198,9	0,7	II	119,2	119,2	120,2	0,9	II	96,9	96,5	97,8	1,4
III	.	.	.		III	.	.	.		III	129,9	129,9	130,9	0,7	III	116,5	116,5	118,0	1,2
				Sp. M.					Sp. M.					Sp. M.					Sp. M.
				0,4					1,4					1,2					1,6

Allg. Sp. M. um 2 Uhr 1,25.

4hpm

	G	R	M	% D.		G	R	M	% D.		G	R	M	% D.		G	R	M	% D.
I	118,8	117,0	118,8	1,6	I	122,0	120,9	123,0	1,8	I	115,5	114,5	117,8	2,0	I	110,5	109,5	110,5	1,0
II	181,3	180,5	182,3	1,0	II	130,5	130,5	132,8	1,7	II	192,8	191,5	195,0	1,8	II	152,0	152,0	152,9	0,5
III	.	.	.		III	115,0	115,0	116,0	0,8	III	.	.	.		III	.	.	.	
				Sp. M.					Sp. M.					Sp. M.					Sp. M.
				1,3					1,4					1,9					0,7

Allg. Sp. M. um 4 Uhr 1,32.

6. *Sambucus nigra*. (8. Juni.)

8ham

	G	R	M	% Diff.		G	R	M	% Diff.		G	R	M	% Diff.
I	155,0	151,9	165,5	8,7	I	224,5	221,5	238,0	7,4	I	138,9	135,3	148,2	9,2
II	181,0	178,3	189,7	5,7	II	142,0	141,0	145,5	3,2	II	167,5	165,0	175,5	6,2
III	174,9	174,9	176,8	1,0	III	152,0	152,0	154,0	1,3	III	163,0	163,0	165,4	1,4
				Sp. M.					Sp. M.					Sp. M.
				5,0					3,9					5,6

Allg. M. um 8 Uhr 4,8.

3hpm

	G	R	M	% Diff.		G	R	M	% Diff.		G	R	M	% Diff.
I	59,5	57,9	61,3	5,7	I	174,0	172,5	181,0	4,9	I	143,2	142,9	143,8	0,6
II	166,8	165,4	178,0	7,8	II	114,3	113,8	116,0	1,9	II	218,8	217,8	225,7	3,6
III	184,0	182,8	185,8	1,1	III	.	.	.		III	232,0	232,0	233,0	0,4
IV	175,3	175,3	176,8	0,9	IV	.	.	.		IV	.	.	.	
				Sp. M.					Sp. M.					Sp. M.
				3,9					3,4					1,5

Allg. Sp. M. um 3 Uhr 2,9.

7ham (9. Juni.)

	G	R	M	% Diff.		G	R	M	% Diff.		G	R	M	% Diff.
I	110,0	108,3	116,8	7,7	I	153,8	150,8	168,0	11,2	I	142,0	139,0	154,0	10,6
II	130,0	126,8	139,9	10,1	II	131,0	129,0	135,0	3,6	II	136,5	135,5	147,9	9,1
III	135,0	134,0	136,6	1,9	III	149,0	148,8	150,8	2,0	III	150,0	150,0	152,0	1,3
IV	.	.	.		IV	.	.	.		IV	.	.	.	
				Sp. M.					Sp. M.					Sp. M.
				6,6					5,9					7,0

Allg. Sp. M. um 7 Uhr 6,5.

7. *Solanum tuberosum* *). (14. Juni.)

7ham

G	R	M	% Diff.	G	R	M	% Diff.	G	R	M	% Diff.
382,0	379,5	400,9	5,6	402,8	399,5	422,9	5,8	361,0	359,0	377,0	5,2

Allg. Sp. M. 5,533...

*) Die 6 obersten Internodien kräftiger Stengel.

				8 $\frac{1}{2}$ ham							
G	R	M	% Diff.	G	R	M	% Diff.	G	R	M	% Diff.
383,5	382,8	398,0	3,9	386,0	383,9	398,0	3,7	365,7	363,8	379,9	4,4

Allg. Sp. M. 4,00.

				10ham							
G	R	M	% Diff.	G	R	M	% Diff.	G	R	M	% Diff.
337,5	334,9	351,0	4,8	368,3	359,9	373,3	3,9	327,8	326,2	342,7	4,9

Allg. Sp. M. 4,4.

				12ham							
G	R	M	% Diff.	G	R	M	% Diff.	G	R	M	% Diff.
393,5	391,0	409,3	4,6	349,0	346,0	364,3	4,6	400,2	398,3	413,0	3,6

Allg. Sp. M. 4,1.

				2hpm							
G	R	M	% Diff.	G	R	M	% Diff.	G	R	M	% Diff.
368,5	367,3	386,0	5,1	379,6	378,3	392,5	3,8	379,8	396,8	415,9	4,9

Allg. Sp. M. 4,60.

				4hpm							
G	R	M	% Diff.	G	R	M	% Diff.	G	R	M	% Diff.
368,3	366,4	385,5	5,2	398,0	396,0	416,0	5,0	372,3	371,9	390,0	4,9

Allg. Sp. M. 5,05.

				7hpm							
G	R	M	% Diff.	G	R	M	% Diff.	G	R	M	% Diff.
333,5	331,5	356,0	7,3	356,0	354,9	375,5	5,8	345,2	342,8	359,9	4,9

Allg. Sp. M. 5,60.

				8 $\frac{1}{2}$ hpm							
G	R	M	% Diff.	G	R	M	% Diff.	G	R	M	% Diff.
454,0	452,0	481,0	6,4	460,0	458,0	484,0	5,5				

Allg. Sp. M. 5,95.

8. *Solanum tuberosum*. (13. Juni.)

				6ham							
G	R	M	% Diff.	G	R	M	% Diff.	G	R	M	% Diff.
361,3	358,0	379,5	6,1	334,0	332,3	354,0	6,4	406,3	403,5	432,0	7,6

Allg. Sp. M. 6,5.

				8ham							
G	R	M	% Diff.	G	R	M	% Diff.	G	R	M	% Diff.
355,5	354,5	372,5	5,0	346,8	345,0	363,5	5,3	381,8	379,0	398,0	5,0

Allg. Sp. M. 5,1.

10ham

G	R	M	% Dif.
302,8	301,8	313,0	3,7

G	R	M	% Dif.
397,8	396,0	417,0	5,3

G	R	M	% Dif.
425,0	423,0	441,5	4,3

Allg. Sp. M. 4.43.

12 $\frac{1}{2}$ hpm

G	R	M	% Dif.
330,0	328,3	341,8	4,0

G	R	M	% Dif.
382,5	381,5	396,0	4,0

G	R	M	% Dif.
433,0	432,0	448,0	3,7

Allg. Sp. M. 3.9.

2hpm

G	R	M	% Dif.
314,9	313,3	330,0	5,2

G	R	M	% Dif.
348,0	341,9	355,0	4,8

G	R	M	% Dif.
416,5	414,0	431,0	4,0

Allg. Sp. M. 4.66. . . .

4hpm

G	R	M	% Dif.
265,4	264,5	277,2	4,8

G	R	M	% Dif.
327,9	326,0	341,1	4,6

G	R	M	% Dif.
367,5	366,0	380,0	3,6

Allg. M. 4.33. . . .

9. *Kitabelia vitifolia* *). (8—9. Juni.)

5hpm (8. J.)

	G	R	M	% Dif.
I	168,3	166,8	172,4	3,2
II	210,5	210,5	215,6	2,4
III	228,0	228,0	232,3	1,9
IV	165,8	165,8	168,7	1,7
	Sp. M.			2,3

	G	R	M	% Dif.
I	195,7	194,0	200,6	3,4
II	288,6	288,6	292,8	1,4
III	195,0	195,0	197,0	1,0
IV	107,0	107,0	109,0	1,8
	Sp. M.			1,9

	G	R	M	% Dif.
I	277,8	296,3	306,8	3,6
II	225,9	224,0	228,5	2,0
III	249,0	248,0	251,5	1,4
	Sp. M.			2,3

Allg. Sp. M. 2.15.

7 $\frac{1}{2}$ ham (9. J.)

	G	R	M	% Dif.
I	297,1	293,4	311,0	5,6
II	213,5	213,0	223,0	4,7
III	265,8	265,0	270,5	1,8
	Sp. M.			4,0

	G	R	M	% Dif.
I	292,9	289,9	305,0	4,5
II	237,0	237,0	242,3	2,2
III	152,3	152,3	153,6	0,8
	Sp. M.			3,5

	G	R	M	% Dif.
I	270,5	267,5	282,0	5,4
II	294,0	293,0	303,0	3,4
III	185,3	185,3	188,5	1,7
	Sp. M.			3,5

Allg. Sp. M. 3.3.

10 $\frac{1}{2}$ ham

	G	R	M	% Dif.
I	272,8	270,9	287,3	6,0
II	384,8	384,5	395,0	2,9
	Sp. M.			4,4

	G	R	M	% Dif.
I	290,0	288,0	296,7	3,0
II	354,0	352,7	359,6	1,9
	Sp. M.			2,3

	G	R	M	% Dif.
I	321,0	320,0	325,0	1,6
II	328,6	327,0	337,6	3,2
	Sp. M.			2,4

Allg. Sp. M. 3.0.

*) Ganze Stengel, vom ersten bis zum letzten Internodium, in 2—4 Stücken analysirt. Die Pflanzen der Blüthe nahe.

12 $\frac{1}{2}$ hm

	G	R	M	% Diff.
I	346.0	344.9	354.9	2.9
II	307.9	307.0	309.2	0.7
III	148.9	148.9	150.9	1.3
			Sp. M.	1.6

	G	R	M	% Diff.
I	323.0	321.9	333.5	3.6
II	417.9	414.8	426.2	2.7
			Sp. M.	3.15

	G	R	M	% Diff.
I	365.2	363.9	376.0	3.3
II	360.8	359.8	367.3	2.1
			Sp. M.	2.7

Allg. M. 2.7.

2 $\frac{3}{4}$ hpm

	G	R	M	% Diff.
I	413.3	411.0	429.5	4.4
II	349.9	348.8	360.5	3.5
			Sp. M.	3.95

	G	R	M	% Diff.
I	427.9	426.4	438.0	2.7
II	346.0	345.0	350.0	1.4
			Sp. M.	2.05

	G	R	M	% Diff.
I	442.9	441.0	455.2	3.2
II	358.6	358.0	366.9	2.4
			Sp. M.	2.8

Allg. Sp. M. 2.9.

4 $\frac{1}{2}$ hpm

	G	R	M	% Diff.
I	331.9	329.8	343.0	4.0
II	408.5	407.3	412.2	1.2
			Sp. M.	2.6

	G	R	M	% Diff.
I	391.9	389.0	404.0	3.8
II	304.7	303.8	307.1	1.0
			Sp. M.	2.4

	G	R	M	% Diff.
I	318.3	317.8	334.9	5.6
II	327.0	327.0	335.8	2.3
			Sp. M.	3.9

Allg. Sp. M. 2.45.

8 $\frac{1}{2}$ hpm

	G	R	M	% Diff.
I	424.9	422.8	439.5	3.9
II	290.8	290.8	297.0	2.1
			Sp. M.	3.0

	G	R	M	% Diff.
I	387.8	385.0	408.0	4.1
II	296.8	295.6	300.1	1.0
			Sp. M.	2.55

	G	R	M	% Diff.
I	405.8	403.0	419.9	4.1
II	400.0	400.0	410.0	2.5
			Sp. M.	3.3

Allg. Sp. M. 2.9.

10. *Chenopodium Quinoa* *). (15. Juni.)7 $\frac{1}{2}$ hpm

G	R	M	% Diff.
317.5	313.0	333.0	6.3

G	R	M	% Diff.
323.0	319.5	336.3	5.2

G	R	M	% Diff.
236.0	233.0	250.0	7.2

Allg. Sp. M. 5.75.

10 $\frac{1}{2}$ hpm

G	R	M	% Diff.
231.0	229.0	247.2	7.9

G	R	M	% Diff.
253.9	253.0	262.0	3.5

G	R	M	% Diff.
240.0	238.5	250.5	5.0

Allg. Sp. M. 5.46.

12hm

G	R	M	% Diff.
278.0	277.0	289.0	4.3

G	R	M	% Diff.
316.0	313.0	329.0	5.1

G	R	M	% Diff.
290.0	287.9	304.0	5.6

Allg. Sp. M. 5.00.

*) Ganze Pflanzen.
Kraus, Tabellen.

3bpm											
G	R	M	% Diff.	G	R	M	% Diff.	G	R	M	% Diff.
278,8	297,0	313,0	5,4	299,8	298,0	308,2	3,5	275,3	274,5	287,8	4,9

Allg. Sp. M. 4,6.

11. *Chenopodium Quinoa.* (14. Juni.)

7 $\frac{1}{2}$ ham							
G	R	M	% Diff.	G	R	M	% Diff.
294,8	290,0	303,0	4,5	282,8	280,0	291,0	3,9

Allg. Sp. M. 4,2.

9ham							
G	R	M	% Diff.	G	R	M	% Diff.
208,0	206,0	214,3	4,0	263,0	260,0	271,5	4,1

Allg. Sp. M. 4,05.

11ham											
G	R	M	% Diff.	G	R	M	% Diff.	G	R	M	% Diff.
311,8	309,1	321,0	3,8	302,3	300,5	312,0	3,8	297,6	295,5	306,5	3,7

Allg. Sp. M. 3,8.

12 $\frac{1}{2}$ ham							
G	R	M	% Diff.	G	R	M	% Diff.
282,8	280,0	289,5	3,3	271,3	269,5	280,3	3,6

Allg. Sp. M. 3,45.

5bpm											
G	R	M	% Diff.	G	R	M	% Diff.	G	R	M	% Diff.
279,0	276,0	285,0	3,2	238,5	236,3	247,0	4,5	239,0	237,0	245,3	3,5

Allg. Sp. M. 3,9.

12. *Helianthus tuberosus* *). (21. Juni.)

9ham											
G	R	M	% Diff.	G	R	M	% Diff.	G	R	M	% Diff.
329,3	328,0	344,8	5,1	319,0	316,8	333,0	5,5	349,0	347,0	363,5	4,7

Allg. Sp. M. 5,1.

11ham											
G	R	M	% Diff.	G	R	M	% Diff.	G	R	M	% Diff.
274,5	273,3	288,0	5,4	296,0	295,0	308,5	4,6	320,8	319,5	335,0	5,0

Allg. Sp. M. 5,00.

2bpm											
G	R	M	% Diff.	G	R	M	% Diff.	G	R	M	% Diff.
298,5	297,0	315,0	6,0	295,0	294,0	307,0	4,4	317,0	316,0	329,5	4,3

Allg. Sp. M. 4,90.

*) Die 4 obersten Internodien junger Pflanzen.

4hpm

G	R	M	% Diff.	G	R	M	% Diff.	G	R	M	% Diff.
258,3	257,0	270,8	5,3	253,8	251,5	266,0	5,7	292,0	291,0	305,5	5,0

Allg. Sp. M. 5,33.

9hpm

G	R	M	% Diff.	G	R	M	% Diff.	G	R	M	% Diff.
258,3	256,3	271,2	5,3	260,0	258,3	275,0	6,3	271,0	268,0	283,0	5,6

Allg. Sp. M. 5,733.

13. *Corylus Avellana* *). (3. August.)

7hpm

G	R	M	% Diff.	G	R	M	% Diff.	G	R	M	% Diff.
204,5	202,0	221,0	9,3	218,0	215,0	232,3	7,8	215,4	212,0	230,0	8,3

Allg. Sp. M. 8,4.

9hpm

G	R	M	% D.	G	R	M	% D.	G	R	M	% D.	G	R	M	% D.
221,0	218,3	236,2	8,1	220,0	217,3	237,4	9,2	218,0	215,0	232,9	8,2	205,0	203,0	216,5	6,6

Allg. Sp. M. 8,02.

7hpm

G	R	M	% D.	G	R	M	% D.	G	R	M	% D.	G	R	M	% D.
208,0	204,0	226,3	10,8	218,5	215,8	235,8	8,9	217,3	215,0	236,0	9,7	217,0	215,0	233,9	8,8

Allg. Sp. M. 9,55.

II. Periodicität der Querspannung.

1. *Prunus insiticia*. 10jähr. Stamm. (6. October.)

I am Boden; II einige Decimeter über I; beide am Stamm des Bäumchens.

		10hpm			12½hpm			5hpm			7hpm					
		G	R	% Diff.	G	R	% Diff.	G	R	% Diff.	G	R	% Diff.			
I		98,0	95,0	3,1	I	96,5	93,5	3,1	I	96,0	93,0	3,2	I	95,0	91,0	4,3
II		83,5	81,0	3,0	II	84,0	81,5	3,0	II	82,5	80,0	3,1	II	82,0	79,1	3,6

2. *Pinus Larix*. 15—20jähr. (6. October.)

I und II wie bei No. 1.

		3½hpm			7hpm			
		G	R	% Diff.	G	R	% Diff.	
I		169,0	162,5	3,8	I	164,0	157,6	3,9
II		164,0	158,5	3,4	II	162,0	156,0	3,7

3. *Pinus Larix*. (6. October.)

		3½hpm			7hpm			
		G	R	% Diff.	G	R	% Diff.	
		145,0	141,0	2,8		147,0	141,7	3,7

*) Etwa gleichlange Schosse eines Strauches.

4. *Pyrus Malus*. 15jähr.

I = 35 Cm. über dem Boden; II = 35 Cm. über I; III = 40 Cm. über II (Ast).

8. Octb.: 6 ³ / ₄ ham			9 ³ / ₄ ham			1 ³ / ₄ hpm			4hpm						
	G	R	% Diff.		G	R	% Diff.		G	R	% Diff.		G	R	% Diff.
I	135.0	130.0	3.7	I	133.5	128.7	3.6	I	133.0	128.5	3.4	I	132.5	128.5	3.1
II	131.0	126.0	3.8	II	131.0	126.3	3.6	II	133.0	128.2	3.6	II	134.0	129.0	3.8
III	81.5	78.0	4.3	III	81.0	77.6	4.2	III	78.0	75.4	3.2	III	78.0	75.5	3.1

9. Octb.: 7ham			8 ¹ / ₂ ham			1hpm					
	G	R	% Diff.		G	R	% Diff.		G	R	% Diff.
I	132.0	127.0	3.9	I	132.0	127.2	3.7	I	131.0	127.5	2.7
II	138.0	133.0	3.7	II	.	.	.	II	130.0	125.5	3.5
III	76.0	72.0	5.3	III	.	.	.	III	75.0	72.0	4.0

5. *Prunus spinosa* *). (8. Oct.)

7ham			10ham			2hpm			4hpm			7ham			1hpm		
G	R	% D.	G	R	% D.	G	R	% D.	G	R	% D.	G	R	% D.	G	R	% D.
116.0	112.0	3.5	114.0	111.2	2.5	114.0	111.2	2.5	115.0	112.0	2.6	116.0	113.0	2.6	115.0	112.5	2.2

6. *Sorbus aucuparia*. 20jähr. (Anfangs October.)

I = Brusthöhe des Stammes; II einige Decimeter über I.

6ham			9ham			2hpm			5hpm						
	G	R	% Diff.		G	R	% Diff.		G	R	% Diff.		G	R	% Diff.
I	218,3	211,5	3,1	I	217,8	212,5	2,5	I	217,8	212,3	2,6	I	219,0	212,7	2,9
II	192,5	186,7	3,1	II	190,0	185,0	2,6	II	188,9	184,9	2,2	II	189,0	183,2	3,1

7. *Pyrus communis*. 8jähr. (6. October.)

I = 20 Cm. über der Wurzel; II = 10 DC. darüber, unter den Aesten; III 60 Cm. über II, mitten in der Astregion.

7ham			10ham			2hpm			5hpm			7hpm			
	G	R	%D.		G	R	%D.		G	R	%D.		G	R	%D.
I	82.5	78.5	4.9	I	82.3	78.3	4.9	I	81.0	78.0	3.7	I	83.0	79.5	3.9
II	59.5	56.2	5.6	II	60.0	57.0	5.0	II	59.3	56.5	4.8	II	60.0	57.5	4.2
III	48.0	45.1	6.0	III	47.0	44.7	4.9	III	48.0	46.0	4.2	III	50.0	48.0	4.0

Tabelle IX.

Einfluss des Wassers auf die Spannungsintensität.

I. Einfluss der Wasserentziehung durch Welken.

1. *Balsamina hortensis*.

a) Von einer kräftigen Gartenbalsamine, die im Topf gepflanzt war, ergaben zwei starke Seitenzweige im *normalen Zustand* die Spannung 6.66 und 7.06, also im Mittel 6.86.

Nachdem dieselbe etwa einen Tag *gewelkt* hatte, so dass die Blätter anfangen herabzuhängen, ergaben zwei Zweige von derselben Grösse:

*) In der Mitte eines baumartig gewachsenen Stämmchens von etwa 10 Jahren.

Int.	I				II			
	G	E	M	% Diff.	G	E	M	% Diff.
I	19,6 (Mill.)	19,6	20,0	2,0	148,0	148,0	152,5	3,0
II	32,0	31,6	33,0	4,4				
III	64,0	64,0	66,0	3,1				
IV	28,5	28,5	29,0	1,7				
				Sp. M. 2,8				

Also im Mittel 2,9.

Nach reichlichem Begiessen ergab dieselbe an einem gleichen Zweige in $\frac{1}{2}$ Stunde, nachdem die Blätter wieder straff geworden:

Int.	I				II			
	G	E	M	% Diff.	G	E	M	% Diff.
I	11,1	10,9	12,0	9,9	25,3	25,0	26,4	5,5
II	48,0	47,1	50,0	6,0	45,2	44,7	47,2	5,5
III	85,0	84,2	87,7	4,1	41,8	41,0	44,1	7,1
				Sp. M. 6,66				Sp. M. 6,03

Also im Mittel 6,34.

b) Entblätterte Sprosse derselben Pflanze werden frisch analysirt und ergeben:

	I				II			
	G	E	M	% Diff.	G	E	M	% Diff.
Obere Hälfte	69,1	67,8	72,7	7,3	73,0	72,0	76,5	6,2
Untere Hälfte	74,5	74,5	79,6	6,8	75,0	75,0	76,5	2,0
				Mittl. Sp. 7,05				Mittl. Sp. 4,1

Drei Sprosse wurden welk analysirt (nach 1 Stunde) und ergaben:

	I				II				III			
	G	E	M	% Diff.	G	E	M	% Diff.	G	E	M	% Diff.
Ob. H.	69,0	68,2	71,2	4,4	71,5	71,0	72,5	2,0	69,0	68,0	69,6	2,3
Unt. H.	72,0	72,0	73,3	1,8	73,5	73,5	74,5	1,3	83,0	83,0	84,3	1,5
				Mittl. Sp. 3,1				Mittl. Sp. 1,65				Mittl. Sp. 1,9

c) Eine junge Pflanze wird in 3 Theile getheilt, analysirt, und darauf Epidermis und Mark welken lassen (durch Liegen an freier Luft), und in bestimmten Zeitintervallen die Verkürzung derselben gemessen:

	I. Obere Internodien.				II. Mittlere Internodien.			III. Untere Internodien.		
	G	E	M	% Diff.	G	E	M	G	E	M
a) Frisch	36,5	34,8	38,0		48,0	46,7	49,8	83,8	82,9	87,8
b) Nach 7 Minuten		34,0	36,5		.	46,0	48,6		82,9	87,8
c) Nach 20 Minuten		33,6	33,8		.	45,0	44,0		82,9	86,8

2. *Helianthus tuberosus.*

a) Junge Triebe zu je 4 Internodien ergeben frisch folgende Spannung:

	I				II			
	G	E	M	% Diff.	G	E	M	% Diff.
	59,0	57,0	62,0	8,5	64,5	63,0	69,0	9,3
	86,9	85,0	89,5	4,9	98,0	96,9	104,9	8,2
				Mittl. Sp. 6,7				Mittl. Sp. 8,75

Nach $\frac{1}{4}$ stündigem Welken, wobei die obersten Internodien bereits schwach überhingen:

I				II			
G	E	M	% Diff.	G	E	M	% Diff.
75.0	74.0	77.8	5.7	72.5	71.0	76.0	6.9
107.3	107.3	108.3	0.9	108.3	107.7	110.3	1.0
			Mittl.Sp. 3.8				Mittl.Sp. 3.9

Nach 1/2 stündigem Welken:

G	E	M	% Diff.
71.3	70.0	73.5	4.9
104.0	104.0	106.5	2.4
			Mittl.Sp. 3.6

Nach 1 stündigem Welken:

G	E	M	% Diff.
74.0	73.5	75.8	3.1
109.2	109.2	110.5	1.2
			Mittl.Sp. 2.15

b) Versuche wie die unter c) von *Balsamina* mitgetheilten:

	I. Obere Internodien.			II. Mittlere Internodien.			III. Untere Internodien.		
	G	E	M	G	E	M	G	E	M
a. Frisch	40.0	38.0	42.0	62.0	60.5	66.2	72.2	71.5	76.8
b. Nach 10 Minuten	.	37.3	41.5	.	59.9	65.1	.	70.8	75.8
c. Nach 30 Minuten	.	36.7	40.0	.	58.9	63.3	.	69.8	73.8

c) Ein Trieb gab analysirt folgende Zahlen:

Internod.	G	R	M
I	48.9	50.5	54.8
II	79.0	77.0	85.0
III	85.0	83.9	90.0
IV	97.0	95.0	100.0
V	75.9	75.0	77.0

Das Mark sämtlicher Internodien ergab nach 1- und 3 stündigem Liegen an freier Luft folgende Grössen:

	Int. I	II	III	IV	V
Nach 1 Stunde	50.0 (8.8) *	81.6 (4.0)	87.0 (3.3)	97.0 (3.0)	75.0 (2.6)
Nach 2 Stunden	38.7 (29.4)	71.4 (16.0)	79.0 (12.3)	87.0 (13.0)	70.0 (9.1)

II. Einfluss der Wasserzufuhr durch Einlegen der betreffenden Theile in Wasser.

a) Ein Spross von *Helianthus tuberosus* gibt folgende Spannungsanalyse:

	G	R	M	% Diff.
I (mehrere Int.)	38.3	36.7	41.0	11.2
II	47.4	46.9	52.3	11.4
III	71.6	70.9	79.0	11.3
IV	79.4	79.4	82.8	4.3
V	163.0	163.0	168.0	3.0

Epidermis und Mark wurden hierauf in Brunnenwasser gelegt und ergaben nach 2, 5 und 12 Stunden folgende Grössen:

α) Epidermis aller Internodien, jederzeit unverändert.

β) Mark:

	Int. I	II	III	IV	V
Nach 2 Stunden	52.0 (26.8)	70.0 (33.8)	105.0 (32.9)	98.0 (18.3)	178.0 Mill. (5.9)
" 5 "	55.2 (34.6)	74.2 (41.8)	111.3 (40.9)	100.0 (20.8)	180.3 (7.3)
" 12 "	60.0 (46.3)	81.0 (54.8)	120.0 (51.9)	101.4 (22.8)	182.0 (8.3)

*) Die eingeklammerten Zahlen geben die procentische Verkürzung (wenn die Grösse des Markes im frischen Internodium = 100 gesetzt wird).

Ein zweiter Spross von folgender Spannung ergab ebenfalls keine Verlängerung der Epidermis, dagegen nebenstehende Markverlängerungen in 1, 2 und 3 Stunden:

	G	R	M	% Diff.		I	II	III	IV	V
I (mehr. Int.)	34,8	33,0	36,0	8,6	Nach 1 Stunde	44,9	68,0	96,0	124,0	114,0
II (ein Int.)	51,0	49,4	55,0	14,0		(24,6)	(28,6)	(22,5)	(15,9)	(2,4)
III ob. H. } eines Int.	74,2	73,3	80,0	9,0	" 2 "	46,0	70,6	102,0	127,0	
IV unt. H. }	102,0	102,0	107,0	4,9		(27,7)	(28,3)	(27,5)	(18,7)	
V ein Int.	110,0	110,0	111,3	1,2	" 3 "	48,0	73,4	104,0	128,0	
						(33,3)	(33,4)	(30,3)	(19,6)	

Ein dritter Spross von nachstehender Spannung:

	G	R	M	% Diff.
I (mehr. Int.)	24,0	23,4	25,8	10,0
II (ein Int.)	47,0	46,0	50,0	10,6
III ob. H. } eines Int.	63,0	62,0	66,5	6,2
IV unt. H. }	79,0	78,9	84,4	7,6
V ein Int.	111,2	111,2	114,0	2,5

gibt folgende Markverlängerungen:

	I	II	III	IV	V
Nach 10 Minuten	27,7 (7,3)	56,8 (11,3)	76,2 (14,6)	93,0 (10,2)	118,7 (4,1)
" 20 "	28,8 (11,6)	59,0 (15,7)	79,4 (19,5)	96,5 (14,3)	121,5 (6,6)
" 40 "	30,0 (16,3)	62,0 (21,5)	81,5 (22,5)	98,7 (16,9)	122,0 (7,0)
" 60 "	31,0 (20,1)	63,5 (24,5)	83,8 (26,0)	101,0 (19,6)	123,0 (7,9)

b) Das zweite und dritte Internodialmark von *Sambucus nigra* werden in Wasser gelegt und ihre Verlängerung nach 1, 2, 3 u. s. w. Stunden untersucht; die Epidermen eben derselben Internodien ergaben während eben der Zeit nicht die geringste Verlängerung.

II. Internod.	1/2 h	1 h	2 h	3 h	4 h	24 h	48 h
(frisch 94,8)	108,6 (13,5)	112,6 (16,0)	118,6 (25,1)	122,3 (29,0)	125,0 (32,9)	134,0 (42,5)	138,0 (45,5)
III. Int.	1/2 h	1 h	2 h	3 h	4 h	24 h	48 h
(frisch 167,6)	187,6 (11,9)	192,5 (15,0)	202,0 (20,5)	205,5 (22,6)	211,0 (25,3)	226,0 (34,2)	227,0 (34,3)

c) Aus einem jungen Klettenstengel wird das Markprisma (von der Wurzel bis an die Spitze) ausgeschält; es misst 253,9 Mm. (der Stengel betrug 220,5 Mm.), wird durch Umlegen eines Fadens halbiert und in Wasser gesetzt. Die Verlängerungen der beiden Hälften waren folgende:

In	Obere Hälfte	Untere Hälfte
15 Minuten	138,0	137,0
1 Stunde	151,8	148,3
2 Stunden	158,5	152,3
3 "	163,4	153,3
6 "	170,2	155,1
80 "	183,0	158,1

d) Ein Stengelstück von *Lappa*, 105,8 Mm. lang, verlängert sein Markprisma, isoliert, auf 110,0 Mm.; dieses und ein zweites jüngeres Markstück von 101,0 Mm. Länge werden in Wasser gelegt.

Anfängl. Länge	Erstes Stück	Zweites Stück
Nach 5 Minuten	110,0	101,0
" 10 "	114,3 (3,9%)	106,5 (5,4%)
" 15 "	116,3 (5,7)	107,7 (6,6)
" 3 Stunden	118,7 (7,9)	
" 20 "	128,0 (16,3)	110,5 (16,8)
" 30 "	141,5 (28,6)	128,0 (26,7)
" 48 "		130,7 (29,4)
" 72 "		134,2 (32,8)
" 6 Tagen		136,2 (34,8)
" 7 "		137,2 (35,8)
" 8 "		138,0 (36,6)
		138,0 (36,6)

Tabelle X.

Einfluss der Temperatur auf die Spannungsintensität.

I. Sprosse von *Sambucus nigra* und *Glaucium luteum* wurden in Wasser von 12—17° einer- und 28—34° andererseits mehrere Stunden lang gehalten, und von Zeit zu Zeit die Grösse der Spannungsintensität gemessen.

a) *Sambucus nigra*.

A. 14—16° C.

B. 28—34° C.

Nach 3 Stunden.

Int.	G	R	M	% Dif.	Int.	G	R	M	% Dif.
I	35,9	35,0	37,2	6,1	I	42,0	40,7	43,7	7,1
II	81,2	79,9	86,2	7,1	II	105,5	104,8	112,0	6,8
III	120,8	119,4	126,3	5,8	III	109,2	108,7	112,2	3,3
IV	118,5	117,2	119,9	2,2	IV	123,0	123,0	124,5	1,2
V	139,0	139,0	139,7	0,5	V	122,0	122,0	122,7	0,5
Mittl.Sp. 4,46					Mittl.Sp. 3,8				

Nach 4 Stunden.

Int.	G	R	M	% Dif.	Int.	G	R	M	% Dif.
I	27,9	26,3	28,8	9,0	I	19,9	18,9	20,5	8,1
II	58,6	57,7	62,5	9,9	II	53,9	52,2	56,5	7,9
III	117,3	116,3	126,5	8,7	III	114,3	113,0	123,0	8,8
IV	110,2	110,2	112,2	1,8	IV	136,2	135,5	139,0	2,5
V	114,6	114,6	115,8	1,0	V	122,6	121,8	123,5	1,4
Mittl.Sp. 6,06					Mittl.Sp. 5,74				

Nach 5 Stunden.

Int.	G	R	M	% Dif.	Int.	G	R	M	% Dif.
I	18,4	17,9	18,4	2,8	I	21,4	20,8	21,4	2,8
II	51,0	50,0	53,2	5,9	II	54,0	52,2	55,9	6,9
III	97,9	96,0	107,5	9,4	III	89,9	88,6	98,0	10,3
IV	120,6	119,5	125,9	5,3	IV	133,0	131,0	144,2	9,9
V	129,5	129,0	130,8	1,4	V	136,0	136,0	138,0	1,5
Mittl.Sp. 4,96					Mittl.Sp. 6,3				

Gesamte Mittl. Sp. bei einer Temperatur von 14—16° C. während 5 Stunden = 5,13.

Gesamte Mittl. Sp. bei einer Temperatur von 28—34° C. während 5 Stunden 5,26.

b) *Glaucium luteum*.

Das unterste Internodium blüthenknospentragender Stengel in 3 Theilen.

A. 12—17° C.

B. 28—34° C.

Nach 3 Stunden.

	G	E	M	% Dif.		G	E	M	% Dif.
I	122,4	121,0	127,5	5,4	I	144,9	143,7	149,8	4,2
II	88,1	87,0	90,2	3,6	II	122,6	121,8	125,9	3,4
III	72,6	72,1	74,9	3,8	III	66,5	66,5	70,8	6,4
Mittl.Sp. 4,2					Mittl.Sp. 4,6				

Nach 5 Stunden.

	G	E	M	% Dif.		G	E	M	% Dif.
I	116,9	116,0	119,8	3,2	I	193,5	192,3	200,0	3,6
II	114,0	113,5	116,9	3,0	II	165,8	165,2	168,0	1,8
III	115,5	115,5	110,8	5,2	III	67,5	67,5	72,0	6,6
Mittl.Sp. 3,8					Mittl.Sp. 4,0				

II. Am 24. Dezember wurden 3 Aeste von *Corylus Colurna* Morgens 9 Uhr auf ihre Spannung analysirt; der eine derselben blieb im Freien bei einer Temperatur von -5° C.; der zweite wurde in ein ungeheiztes Zimmer in eine Temperatur von $+1^{\circ}$ gebracht; der dritte in ein geheiztes Zimmer von $+17^{\circ}$; und alle drei auf den täglichen Gang zu bestimmten Stunden beobachtet.

I			II			III		
Beobachtungszeit	Temperatur	Spannung (‰)	Beobachtungszeit	Temperatur	Spannung	Beobachtungszeit	Temperatur	Spannung
8ham	-5°	1,5	8ham	-5°	1,8	8ham	$-5,0$ C.	1,8
10 ^b	$-3,7^{\circ}$	1,5	10 ^b	$+1$	1,8	11ham	$+21,2$	3,0
11 ^b	$-3,5$	1,5	11 ^b	$+1,3$	1,8	12ham	$+20,0$	3,0
12 ^b	$-2,0$	1,5	12 ^b	$+1,5$	1,8	1 ^{3/4} pm	$+15,0$	2,5
3bpm	$-0,8$	1,5	1 ^{3/4} pm	$+2,0$	1,8	3bpm	$+13,5$	2,1
25. Dez.			25. Dez.			4bpm	$+13,0$	2,8
8ham	$-3,7$	1,5	8 ^{3/4} ham	$+1,0$	1,8	25. Dez.		
1 ^{3/4} ham	$+5,0$	1,3	1 ^{3/4} bpm	$+3,0$	1,8	8 ^{3/4} ham	$+5$	2,8
26. Dez.			4 ^{1/2} bpm**	$+3,0$	1,8	1 ^{3/4} pm	$+18,7$	1,8
8 ^{3/4} ham	$-2,4$	1,5	26. Dez.			4 ^{1/2} pm	$+13,0$	2,8
10 ^{3/4} ham	$-1,6$	1,5	8 ^{3/4} ham	$+7,0$	2,3	26. Dez.		
1 ^{3/4} bpm	0,0	1,5	10 ^{3/4} h	$+10,0$	2,0	8 ^{3/4} am	$+13,0$	2,8
4 ^{1/2} bpm	$-1,0$	1,5	1 ^{3/4} pm	$+12,0$	2,0	10 ^{3/4} am	$+20,0$	2,3
27. Dez.			4 ^{1/2} pm	$+10,0$	2,8	1 ^{3/4} am	$+16,3$	2,0
4bpm	$+3,0$	1,5	28. Dez.			4 ^{1/2} pm	$+12,7$	2,7
29. Dez.			9 ^{1/2} am	$+5,0$	2,3			
9ham	$+3,0$	1,5	1 ^{1/2} pm	$+5,0$	2,3			
1 ^{1/2} pm	$+12^*$	2,0	11 ^{1/2} am	$+7^{\circ}$	2,0			
5bpm	$+15$	2,4	1 ^{1/2} pm	$+11^{\circ}$	1,8			

III. Am 28—29. Dezember wurden bei einer Temperatur von $+5^{\circ}$ *Cytisus Laburnum* und *Pinus sylvestris* (Aeste) im Freien auf ihre Periodicität untersucht und nach einiger Zeit ins Warmhaus gebracht.

I. *Cytisus Laburnum*.

Beobachtungszeit	Temperatur	Spannung
9ham	$+5,0$ C.	2,0
1 ^{1/2} bpm	$+5,0$	2,0
29. Dez. 9ham***	$+5,3$	2,0
11 ^{1/2} am	$+13,0$	1,8
1 ^{1/2} am	$+15,0$	1,6
5bpm	$+12,0$	2,3

II. *Pinus sylvestris*.

Beobachtungszeit	Temperatur	Spannung
9ham	$+5,0$	1,8
3 ^{3/4} bpm	$+5,0$	1,8
29. Dez. 9ham***	$+5,3$	1,8
11 ^{1/2} am	$+13,0$	1,6
1 ^{1/2} bpm	$+15,0$	1,0
5bpm	$+12,0$	1,5

IV. Am 7. Januar wurden *Evonymus latifolius* und *Viburnum Lantana* im Freien bei einer Temperatur, die während des Tages zwischen $+7,8$ bis $8,6^{\circ}$ schwankte, auf Spannungsperiodicität beobachtet.

I. *Evonymus*.

Beobachtungszeit	Temperatur	Spannung
9ham	$+7,8$	3,2
11ham	$+8,0$	2,9
12ham	$+8,6$	2,9
4bpm	$+7,9$	3,2

II. *Viburnum*.

Beobachtungszeit	Temperatur	Spannung
9ham	$+7,8$	2,8
11ham	$+8,0$	2,4
12ham	$+8,6$	2,4
4bpm	$+7,9$	2,6

V. Die folgenden Bäume und Sträucher zeigen während der Beobachtungszeit vom 31. Dezember bis 1. Januar bei einer Temperatur von $+3,1$ bis $3,7^{\circ}$ keine Periodicität; in den Tagen vom 3. bis 5. Januar waren dieselben einer Kälte von -5° bis -10° ausgesetzt, und begannen darauf bei derselben Temperatur von $+2,4^{\circ}$ bis $+6,0^{\circ}$, bei der sie sonst nicht periodisieren, eine, wenn auch schwache Periodicität zu zeigen.

*) Ins Warmhaus gebracht.
Zeit ins Warmhaus gebracht.

**) Wird ins Kalt haus gebracht bei $+6^{\circ}$.

***) Um diese

1. *Betula alba*.

Beobachtungszeit	Temperatur	Spannung
31. Dez. 9ham	+ 3,1	1,6
12 ¹ / ₂ hm	+ 3,7	1,6
2bpm	+ 3,7	1,6
4 ¹ / ₂ pm	+ 2,5	1,6
1. Jan. 8 ¹ / ₂ am	+ 2,5	1,6
2bpm	+ 3,7	1,6
5. Jan. 2bpm	- 6,0	1,1
6. Jan. 8 ¹ / ₄ am	+ 2,4	1,6
10 ¹ / ₄ am	+ 2,0	1,1
11 ³ / ₄ am	+ 2,0	1,1
2bpm	+ 2,8	1,1
4bpm	+ 3,0	1,6
7. Jan. 8 ¹ / ₄ am	+ 6,0	1,6

2. *Tilia parvifolia*.

Beobachtungszeit	Temperatur	Spannung
31. Dez. 9ham	+ 3,1	2,2
12m	+ 3,7	2,2
2bpm	+ 3,7	2,2
4bpm	+ 2,5	2,2
1. Jan. 8 ¹ / ₂ am	+ 2,5	2,2
2pm	+ 3,7	2,2
7. Jan. 8 ¹ / ₂ ham	+ 6,0	2,2
11ham	+ 7,8	2,0
12hm	+ 7,8	2,0
4bpm	+ 7,5	2,2

3. *Salix Caprea*.

Beobachtungszeit	Temperatur	Spannung
31. Dez. 9ham	+ 3,1	3,4
12hm	+ 3,7	3,4
2bpm	+ 3,7	3,4
4 ¹ / ₂ pm	+ 2,5	3,4
1. Jan. 8 ¹ / ₂ am	+ 2,5	3,4
2bpm *	+ 3,7	3,4
4bpm	+ 8,0	4,6
2. Jan. 9ham	+ 6,0	4,6
10am	+ 9,0	3,1
2bpm	+ 12,0	3,1
3pm	+ 10,0	3,9
3. Jan. 9 ¹ / ₄ am	+ 4,0	3,4
1 ¹ / ₂ pm	+ 10,0	3,1
4. Jan. 9ham	+ 5,0	3,4

4. *Chimonanthus fragrans* (blühend).

Beobachtungszeit	Temperatur	Spannung
31. Dez. 2bpm	+ 3,1	2,0
4 ¹ / ₂ pm	+ 2,5	2,0
1. Jan. 8 ¹ / ₂ am	+ 2,5	2,0
2. Jan. 10ham	+ 1,5	2,0
2bpm *	+ 1,5	2,0
4bpm	+ 8,0	2,0
6. Jan. 8 ¹ / ₂ am	+ 8,0	3,0
10 ¹ / ₄ am	+ 11,0	1,9
11 ³ / ₄ am	+ 11,0	1,8
2bpm	+ 9,5	2,0
7. Jan. 8ham	+ 8,5	2,0

5. *Syringa vulgaris*.

Beobachtungszeit	Temperatur	Spannung
5. Jan. 2bpm **	- 6,0	2,4
4 ¹ / ₂ pm	+ 3,0	3,8
6. Jan. 8 ¹ / ₄ am	+ 2,0	2,7
10 ¹ / ₄ am	+ 2,0	2,4
11 ³ / ₄ am	+ 2,0	2,2
2bpm	+ 2,8	2,2
3bpm	+ 3,0	2,4
4bpm	+ 3,0	2,7
7. Jan. 8 ¹ / ₄ am	+ 6,0	2,4

6. *Pyrus japonica*.

Beobachtungszeit	Temperatur	Spannung
31. Dez. 2bpm	+ 3,7	2,9
4 ¹ / ₂ pm	+ 2,5	2,9
1. Jan. 8 ¹ / ₂ am	+ 2,5	2,9
2. Jan. 10am	+ 1,5	2,9
5. Jan. 2bpm *	- 6,0	2,9
4pm	+ 8,0	3,2
6. Jan. 8 ¹ / ₂ am	+ 8,0	3,0
10ham	+ 11,0	2,7

7. *Fagus sylvatica*.

Beobachtungszeit	Temperatur	Spannung
5. Jan. 2bpm †	- 6,0	1,8
4bpm	+ 3,0	2,1
6. Jan. 8 ¹ / ₄ am	+ 3,0	1,8
10 ¹ / ₄ am	+ 2,0	1,6
11 ³ / ₄ am	+ 2,0	1,5
2bpm	+ 2,8	1,5
4bpm	+ 3,0	1,9
7. Jan. 8 ¹ / ₄ am	+ 6,0	2,1

8. *Quercus*.

Beobachtungszeit	Temperatur	Spannung
5. Jan. 2bpm †	- 6,0	2,4
4bpm	+ 3,0	3,0
6. Jan. 8 ¹ / ₄ am	+ 3,0	2,7
10 ¹ / ₄ am	+ 2,0	1,9
11 ³ / ₄ am	+ 2,0	1,8
2bpm	+ 2,8	1,7
4bpm	+ 3,0	2,0
7. Jan. 8 ¹ / ₄ am	+ 6,0	2,7

9. *Corylus Coturna*.

Beobachtungszeit	Temperatur	Spannung
6. Jan. 10 ¹ / ₂ am †	- 6,0	1,1
11 ³ / ₄ am	+ 2,0	1,4
2bpm	+ 2,8	1,1
4pm	+ 3,0	1,7
7. Jan. 8 ¹ / ₄ am	+ 6,0	1,4

10. *Corylus Coturna*.

Beobachtungszeit	Temperatur	Spannung
6. Jan. 10 ¹ / ₂ am ††	+ 11,0	1,7
11 ³ / ₄ am	+ 2,0	1,7
2bpm	+ 2,8	1,4
4bpm	+ 3,0	1,9
7. Jan. 8 ¹ / ₄ am	+ 6,0	1,7

11. *Thuja occidentalis*.

Beobachtungszeit	Temperatur	Spannung
5. Jan. 2bpm †	- 6,0	2,1
4bpm	+ 3,0	2,9
6. Jan. 8 ¹ / ₄ ham	+ 3,0	2,4
10 ¹ / ₄ am	+ 2,0	1,6
2bpm	+ 2,8	1,6

*) Ins Kalthaus gebracht.

**) In einen geschlossenen Raum von +2,0° gebracht.

†) In einen geschlossenen Raum von +2,0° gebracht.

††) Mehrere Tage im Kalthaus bei einer Temperatur von +6 bis 12° gewesen; nun in den Raum von † gebracht.

VI. Ein Ast von *Salix Caprea* (I); *Pinus sylvestris* (II) und *Sorbus domestica* (III) werden bei einer Temperatur von $+3,7^{\circ}$ dem Freien entnommen und nach einem Aufenthalt von einer Stunde im geheizten Raum in Wasser von $+18^{\circ}$ gebracht.

Beobachtungszeit	Temperatur des Wassers	Spannung			Bemerkungen.
		I	II	III	
1. Jan. 2 ^h pm (im Freien)	+3,7 (Lufttemperatur)	3,1	1,8	3,1	
4 ^{3/4} hpm	+18,0 bis +17,6 ^o	3,5	2,1	3,7	Während der Nacht auf $+8^{\circ}$ gefallen; von 7 ^{am} allmählig auf 22° gestiegen.
2. Jan. 9 ^{am}	22,0 ^o	3,5	2,6	3,7	
10 ^{am}	constant 30,0 ^o	3,1	2,2	3,1	
12 ^{am}	seit 11 ^h 35—37 ^o	3,1	2,2	3,1	
1 ^{1/2} pm	constant 38 ^o	2,7	2,2	3,0	
3 ^{1/4} pm	„ 40—42 ^o	3,2	2,5	3,6	
4 ^{1/2} pm	„ 40—42 ^o	3,8	2,6	4,5	Während der Nacht bis Morgens 7 Uhr auf $+1^{\circ}$ gesunken.
3. Jan. 8 ^{1/2} am	bis 14,0 ^o	3,3	2,2	4,5	
10 ^h	bis 40 ^o	2,7	2,2	3,1	
11 ^{am}	45—50 ^o	3,5	2,6		Seit 10 Uhr ins Dunkle gestellt!
11 ^{1/2} am	50—55 ^o	2,7	2,2	3,1	Seit 11 Uhr wieder am Licht.
12 ^{1/4} pm	53—55 ^o	2,4	2,1	3,0	
1 ^{1/2} pm	52—55 ^o	2,1	1,8	2,2	
3 ^{1/2} pm	50—55 ^o	2,7	2,2	3,1	
4 ^h pm	do.	3,1	2,2	3,1	
5 ^h pm	30 ^o	2,0	1,8	2,2	Die Rinde ist schlaff; lässt das Wasser schwammartig auspressen; die Aeste sind zu Grunde gegangen.

VII. Der oben unter V, 3 auf Periodicität bereits beobachtete im Kalthaus befindliche Ast von *Salix Caprea*, dessen Spannung am 4. Januar Morgens 9 Uhr bei einer Temperatur von $+5^{\circ} = 3,2$ ist, wird sofort in eine Zimmertemperatur von 17° gebracht, und nach einer halben Stunde in Wasser von 25° , und darin binnen $3/4$ Stunden auf 53° ; er zeigt nun:

Beobachtungszeit	Wassertemperatur	Spannung	Bemerkungen.
10 ^{1/4} am	58 ^o	4,1	
10 ^{3/4} am	58—62 ^o	3,1	
11 ^{1/4} am	do.	2,7	
12 ^{am}	do.	3,1	Um 12 Uhr ins Dunkle gestellt; um 2 Uhr wieder ans Licht gebracht.
2 ^h pm	do.	4,2	
4 ^{am}	do.	4,2	
5 ^h pm	do.	4,2	Die Aeste wie in VI zu Grunde gegangen.

Tabelle XI.

Einfluss des Lichtes auf die Spannungsintensität.

I. Unter dunkeln Recipienten gehaltene entblätterte und entgipfelte Sprosse in Bezug auf die Abänderung des täglichen Ganges der Intensität durch Lichtmangel untersucht.

1. *Kitabelia vitifolia*.

Kräftige mit Blütenknospen versehene Triebe, in Wasser von constant 16° seit Abend vorher gestellt; jedesmal 3 Sprosse untersucht.

Beobachtungszeit	Spannung der einzelnen Sprosse			Mittl. Ges. Sp.	Spannung derselben Pflanze am Licht
7 ^h am	7.7	5.9	6.4	6.66	5.66
9 ^h am	6.4	6.0	7.2	6.53	
12 ^h am	6.8	5.8	5.6	6.066	3.7
2 ^h pm	7.7	6.9	6.3	6.966	
4 ^h pm	4.8	6.7	6.0	5.83	5.1
6 ^h pm	7.1	6.8	6.7	6.86	6.3
8 ^h pm	6.7	6.8	9.0	7.5	6.9

2. *Solanum tuberosum*.

Beobachtungszeit	Spannung der einzelnen Sprosse			Mittl. Ges. Sp.	Spannung ders. Pfl. am Licht
7 ^{1/2} ham	6.2	6.4	5.9	6.1	7.8
9 ^{1/2} ham	9.8	7.3	6.5	7.8	6.4
11am	7.9	7.3	7.4	7.5	
3 ^h pm	7.8	7.0	9.3	8.03	
5 ^h pm	10.0	9.3	5.9	8.4	
8 ^h pm	9.8	7.9	8.8	8.83	

3. *Helianthus tuberosus*.

Beobachtungszeit	Spannung der einzelnen Sprosse			Mittl. Ges. Sp.
7 ^h am	7.8	8.8	7.3	7.96
9 ^h am	7.7	6.7	8.2	7.53
11 ^h am	7.6	8.0	8.0	7.86
1 ^h pm	8.5	7.3	7.8	7.6
3 ^h pm	7.5	8.4	7.6	7.83
5 ^h pm	8.5	7.5	8.0	7.9
8 ^h pm	6.0	7.6	7.8	7.13

4. *Plantago Psyllium*.

Beobachtungszeit	Spannung der einzelnen Sprosse			Mittl. Ges. Sp.	Dieselbe Pflanze im Freien
7 ^h am	2.2	2.4	2.4	2.33	
9am	2.7	2.6	2.3	2.53	2.13
10 ^{1/2} am	2.3	3.3	3.2	2.93	
12 ^h am	2.0	2.9	2.2	2.36	
2 ^h pm	2.9	2.6	2.6	2.7	1.46
4 ^h pm	3.5	2.3	2.3	2.7	

5. *Vitis vinifera*.

Beobachtungszeit	Spannung der einzelnen Sprosse			Mittl. Ges. Sp.	Dieselbe Pflanze im Freien
7 ^h am	9.0	7.8	8.8	8.53	8.8
9 ^h am	7.8	10.9	10.9	9.83	7.43
1 ^h am	8.2	13.3	9.6	10.7	7.43
2 ^h pm	8.5	8.2	9.3	8.6	
4 ^h pm	9.0	9.0	8.0	8.96	7.0
6 ^h pm	7.0	8.1	10.3	8.4	
8 ^h pm	8.4	9.0	8.6	8.6	

II. Ein Ast von *Acer striatum* wird an 4 Stellen gemessen: I am Stammansatz; II 50 Cm. darüber; III einige Cm. über II, an einer Gabelung; IV ein Gabelast, 30 Cm. über III. Derselbe wird einen Tag lang auf seine regelmässige Periodicität untersucht und dann ins Dunkle gebracht.

Beobachtungszeit		Spannung der einzelnen Stellen				Bemerkungen.
		I	II	III	IV	
25. Nov.	4hpm	3.6	4.0	4.2	4.2	Ins Dunkle gebracht.
26. Nov.	11ham	2.6	3.3	3.8	4.0	
	2hpm	3.3	3.7	3.9	3.9	
	4hpm	3.1	3.3	3.2	4.1	
27. Nov.	8ham	3.3	3.6	3.7	3.9	
	10ham	2.9	3.2	3.2	4.1	
	12ham	3.1	3.3	3.7	3.9	

Beobachtungszeit		Spannung der einzelnen Stellen				Bemerkungen.
		I	II	III	IV	
27. Nov.	2hpm	3.1	3.3	3.7	4.0	Dunkelstarr; ans Licht gebracht.
	4hpm	2.9	3.3	3.7	3.9	
28. Nov.	8 $\frac{1}{2}$ am	3.3	3.5	4.1	4.5	
	10ham	3.3	3.6	4.1	4.2	
	3 $\frac{1}{2}$ pm	3.3	3.6	4.1	4.2	
	8ham	3.3	3.5	4.1	4.2	
	12hm	2.9	3.2	3.2	4.1	
	3hpm	3.3	3.6	3.6	4.2	

Tabelle XII.

Einfluss der Schwerkraft auf die Spannungsintensität.

I. Lage des Krümmungspunktes bei Schwerkraftskrümmungen.

I = ungekrümmtes Stück über der Krümmung; II = gekrümmtes Stück; III ungekrümmtes Stück unterhalb der Krümmung.

1. *Plantago media* (Blüthenstiel).

	G	R	M	% Diff.
I	35.0	34.0	35.0	2.9
II	52.0	49.0	53.5	8.7
III	55.0	54.0	56.0	3.6

2. *Calendula officinalis*.

	G	R	M	% Diff.
I	23.5	23.0	23.5	2.2
II	78.0	76.0	81.0	6.4
III	81.0	79.3	83.0	4.5

3. *Philadelphus*.

	G	R	M	% Diff.
I	46.2	45.8	47.5	3.7
II	81.8	81.8	86.0	7.4
III				

4. *Helianthus tuberosus*.

	G	R	M	% Diff.
I	56.0	55.0	60.0	8.8
II	102.0	100.7	111.5	10.5
III	122.2	121.9	130.8	7.2

5. *Rosa*.

	G	R	M	% Diff.
I	28.2	27.8	29.0	3.5
II	89.5	88.5	92.0	6.2
III	99.6	95.3	101.9	3.4

6. *Ribes Grossularia*.

	G	R	M	% Diff.
I	16.6	16.0	16.6	3.1
II	41.0	40.0	42.4	6.8
III	57.0	57.0	59.5	4.4

7. *Balsamine*.

	G	R	M	% Diff.
I	59.5	58.5	63.3	8.1
II	40.5	39.5	43.0	8.5
III	71.9	70.5	75.0	6.3

8. *Helianthus tuberosus*.

	G	R	M	% Diff.
I	22.6	22.0	24.0	8.8
II	67.3	65.8	73.3	11.2
III	71.0	70.0	72.7	3.4

II. Anteil der verschiedenen Gewebe an den Krümmungen zu verschiedenen Zeiten. Alle Versuche sind mit *Helianthus tuberosus* (Trieben) gemacht.

A. a) Nach 7 Stunden:		G	R	H	M	b) Nach 10 Stunden:		G	R	H	M
Ob.	} Seite	81.7	80.0	81.0	86.0	Ob.	} S.	85.0	85.0	87.0	93.0
Unt.											

c) Nach 15 Stunden:					d) Nach 15 Stunden:					
	G	R	H	M		G	R	H	M	
Ob. } S.	88,3	86,0	88,3	95,0	Ob. } S.	72,6	71,0	71,0	76,2	
Unt. } S.		91,2	90,0	96,0	Unt. } S.		74,8	73,3	77,2	
B. a) Nach 2 Stunden:										
	G	R	H	M		G	R	H	M	
Ob. } S.		112,2	119,6	123,5	131,2	Ob. } S.	163,7	158,0	165,3	175,3
Unt. } S.			120,6	123,5	131,2	Unt. } S.		161,0	165,3	175,3
b) Nach 5 Stunden:										
	G	R	H	M		G	R	H	M	
Ob. } S.		142,4	138,8	141,6	152,0	Ob. } S.	162,0	157,0	162,0	178,0
Unt. } S.			141,6	143,0	152,0	Unt. } S.		162,0	165,0	178,0
c) Nach 23 Stunden:										
	G	R	H	M		G	R	H	M	
Ob. } S.		81,0	79,7	79,7	86,7	Ob. } S.	29,3	38,8	38,8	41,2
Unt. } S.			82,7	83,9	87,0	Unt. } S.		39,8	39,8	41,9
C. a) Nach 1 Stunde:										
	G	R	H	M		G	R	H	M	
Ob. } S.		145,0	139,0	144,0	159,0	Ob. } S.	133,0	127,3	132,0	145,0
Unt. } S.			140,0	144,0	159,0	Unt. } S.		128,2	132,0	145,0
b) Nach 3 Stunden:										
	G	R	H	M		G	R	H	M	
Ob. } S.		109,5	104,6	109,5	119,0	Ob. } S.	130,0	125,8	131,0	144,5
Unt. } S.			107,0	109,5	119,0	Unt. } S.		128,0	132,0	144,5
c) Nach 5 Stunden:										
	G	R	H	M		G	R	H	M	
Ob. } S.		40,9	39,7	40,2	43,0					
Unt. } S.			41,3	41,3	44,0					

III. Einige Zellmessungen an den ober- und unterseitigen Geweben gekrümmter Sprosse (an den Krümmungstellen).

	Epidermiszellenlänge		Epidermis-	Rinde-	Markzellenlänge
	Oberseite	Unterseite			
1) <i>Calendula officinalis</i> .	37,55	44,55			
do.	32,0	35,7			
2) <i>Centranthus angustifolius</i> .	22,5	36,6			
do.	22,2	28,4			
3) <i>Cucurbita</i> (Blattstiel)	Ober-	Seite	20,6	81,0	97,5
	Unter-		34,9	111,7	97,8
	Breite der Epidermiszellen				
	Ob. } Seite		18,78		
	Unt. } Seite		30,32		

IV. Spannungsintensität kriechender Sprosse (Ausläufer).

	Int.	G	E	% Diff.		
1) <i>Ranunculus repens</i> . Erster Spross	I	22,5	21,5	4,5	Dieses Internodium war in einem Winkel von etwa 30° gebogen. Etwas erhoben.	
	II	71,5	70,0	2,1		
Zweiter Spross	I	46,4	45,0	3,1		
Dritter Spross	I	82,0	80,0	2,5		
Vierter Spross	I	39,5	38,5	2,5		
Fünfter Spross	I	G	E	M	% Diff.	
	II	22,0	21,0	22,0		4,6
Sechster Spross	I	95,0	94,0	96,0	2,1	Etwas gekrümmt.
	I	92,3	91,0	92,3	1,4	

		G	E	M	% Diff.	
2) <i>Glechoma hederacea.</i> (Erstes Internodium)	Erster Spross	54,0	52,4	54,6	4,1	} Bedeutend empor gerichtet.
	Zweiter Spross	20,0	19,0	20,0	5,0	
	Dritter Spross	73,0	72,5	73,8	1,8	

		Int.	G	R	M	% Diff.	
3) <i>Rubus fruticosus</i> *).	Erster Spross	I	42,4	41,6	43,0	3,1	} Gekrümmt.
		II	117,3	117,3	120,0	2,3	
	Zweiter Spross	I	26,9	26,5	27,8	4,6	
		II	118,0	116,5	125,0	7,2	
		III	84,0	83,8	85,7	2,3	
	Dritter Spross	I	35,5	35,0	36,2	3,3	
		II	69,9	68,9	71,7	4,1	
		III	110,3	110,0	111,0	0,9	
	Vierter Spross	I	49,8	49,0	50,0	3,8	
		II	82,9	82,5	84,9	2,9	
		III	100,9	100,2	102,3	2,0	

V. Spannungsintensität nicht mehr krümmungsfähiger Stengel von *Calendula officinalis*. (Oberstes Internodium der Blütenstiele.) *)

	G	E	M	% Diff.	
a)	45,2	44,7	46,4	3,8	} War etwas gekrümmt.
b)	58,0	57,3	58,0	1,2	
c)	57,5	56,8	57,5	1,2	
d)	57,4	56,4	57,4	1,8	
e)	57,4	56,4	57,4	1,8	
f)	52,2	51,0	53,0	3,8	
g)	31,7	30,0	31,7	5,4	

Tabelle XIII.

Coincidenz der Blattbewegungen von *Amicia zygomeris* mit den Bewegungen der allgemeinen Spannungsintensität des Stammes.

a) Erste Beobachtungsreihe, an einem im Topf befindlichen Exemplar gemacht.

Beobachtungszeit	Temperatur	Spannung d. Astes	Unterer Winkel der ob. Fiederblättchen	
26. Nov.	2 ^h pm	18,0° C.	90°	
	4 ^h pm	18°	25°	
27. Nov.	8 ^h am	16°	25°	
	9 ^h am	17°	135°	
	10 ^{1/2} am	} 18°	2,7	180°
	12 ^{1/2} pm		2,7	180°
	1 ^{1/2} pm		3,5	135°
	3 ^h pm		3,8	100°
	4 ^h pm		3,8	70°
28. Nov.	8 ^{1/2} am	14°	120°	
	10 ^{1/2} am	17°	180°	
	1 ^{1/2} pm	20°	180°	
	3 ^h pm	} 18°	3,2	130°
	4 ^h pm		3,5	90°
29. Nov.	8 ^h am	14°	90°	
	2 ^h pm	19°	180°	
	4 ^h pm	17°	90°	

*) Die analysierten Triebe waren in der oben beschriebenen Weise erfolglos zu Schwerkraftskrümmungen benutzt worden; mit Ausnahme der als gekrümmt bezeichneten. An allen waren die Blätter entfernt!

b) Zweite Beobachtungsreihe an einem abgeschnittenen in Wasser stehenden Aste, der sich während der Versuchszeit im geheizten Zimmer ganz normal verhielt.

Beobachtungszeit	Temperatur	Spannung d. Astes	Winkel d. Fiedern	Bemerkungen
29. Nov. 2hpm	21,5°	3.0	180°	
3hpm	do.	3.4	150°	
30. Nov. 8ham	16°	5.0	90°	
10ham	} 17—20°	3.0	180°	Um 10 Uhr ins Dunkle gebracht; um 11 $\frac{1}{2}$ vollständig eingeschlafen. Seit 11 $\frac{1}{2}$ am Licht. Seit 12 Uhr im Dunkeln. Im Dunkeln. Seit 2 Uhr am Licht.
11 $\frac{1}{2}$ am		4.3	25°	
12hm		2.7	130°	
1hpm		3.3	100°	
2hpm		5.6	25°	
3hpm		16°	2.8	
3 $\frac{1}{2}$ pm	15°	2.5	180°	
4hpm	15°	3.5	100°	

