

- Beispielhafter Auszug aus der digitalisierten Fassung im Format PDF -

Untersuchungen über die Orientierungstorsien der Blätter und Blüthen

Simon Schwendener
Gustav Heinrich Krabbe

Die Digitalisierung dieses Werkes erfolgte im Rahmen des Projektes BioLib (www.BioLib.de).

Die Bilddateien wurden im Rahmen des Projektes Virtuelle Fachbibliothek Biologie (ViFaBio) durch die [Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg \(Frankfurt am Main\)](#) in das Format PDF überführt, archiviert und zugänglich gemacht.

986/1943.

UNTERSUCHUNGEN
ÜBER
DIE ORIENTIRUNGSTORSIONEN
DER
BLÄTTER UND BLÜTHEN.

VON
S. SCHWENDENER UND G. KRABBE.

AUS DEN ABHANDLUNGEN DER KÖNIGL. PREUSS. AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN
ZU BERLIN VOM JAHRE 1892.

MIT 3 TAFELN.

BERLIN 1892.

VERLAG DER KÖNIGL. AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

IN COMMISSION BEI GEORG REIMER.

UNTERSUCHUNGEN
ÜBER
DIE ORIENTIRUNGSTORSIONEN
DER
BLÄTTER UND BLÜTHEN.

VON
S. SCHWENDENER UND G. KRABBE.

AUS DEN ABHANDLUNGEN DER KÖNIGL. PREUSS. AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN
ZU BERLIN VOM JAHRE 1892.

MIT 3 TAFELN.

BERLIN 1892.

VERLAG DER KÖNIGL. AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

IN COMMISSION BEI GEORG REIMER.

Bil
Kaiser-
für Züc
Erwir
Ma

9d

Phy

Einleitung.

Wie schon die Überschrift vorliegender Abhandlung deutlich erkennen läßt, handelt es sich in derselben nur um eine Untersuchung derjenigen Orientirungsbewegungen von Blättern und Blüthen, an deren Zustandekommen aufser Krümmungen auch noch bestimmte Torsionen betheiligt sind. Wir können hierbei wohl darauf verzichten, zunächst auf die allgemeine Verbreitung dieser Torsionsbewegungen hinzuweisen, die in der Natur von den meisten dorsiventralen Blättern und Blüthen zur Erreichung einer bestimmten Orientirung zur Tragaxe, zum Erdradius oder zur Beleuchtungsrichtung ausgeführt werden, vorausgesetzt, dafs die betreffenden Organe nicht schon von Hause aus, z. B. gleich bei ihrer Entfaltung, sich in dieser Lage befinden. Auch dem äufseren Charakter nach können die hier in Frage stehenden Bewegungen, wenigstens für eine Reihe von Pflanzen, im Allgemeinen als bekannt vorausgesetzt werden, da sie nach dieser Richtung wiederholt beschrieben wurden, theils in besonderen Abhandlungen, theils mehr gelegentlich in der systematischen und morphologischen Litteratur.

Was aber die physiologische Behandlung des vorliegenden Gegenstandes betrifft, so fehlt es noch immer an einer umfassenden Untersuchung desselben, vor allem an einer streng kritischen Prüfung der Frage, ob und in wie weit die im Dienste der Zweckmäfsigkeit stehenden Blatt- und Blüthenstieldrehungen einer mechanischen Erklärung fähig sind. Anläufe zur Lösung dieses Problems sind zwar wiederholt gemacht worden, allein dieselben müssen sämmtlich in mechani-

scher Hinsicht, wie später gezeigt werden soll, als verfehlt betrachtet werden.

Um vorerst einen deutlichen Überblick über die hier zu lösenden Fragen zu gewinnen, wird es sich empfehlen, in aller Kürze an diejenigen Torsionen anzuknüpfen, deren Mechanik durch die Untersuchungen Schwendener's¹⁾, Zimmermann's²⁾, Eichholz's³⁾, Steinbrinck's⁴⁾ u. A. gegenwärtig ziemlich klar gelegt ist. Es sind dies Drehungen, die an ausgewachsenen Pflanzentheilen, wie Gramineengrannen, Erodiumschnäbeln und einer Reihe anderer Objecte zur Beobachtung gelangen. Viele dieser Bewegungen stimmen mit denjenigen der Blätter und Blüthen insofern überein, als sie ebenfalls im Dienste der Zweckmäßigkeit stehen; in anderer Hinsicht zeigen dieselben jedoch wesentliche Abweichungen, deren Hervorhebung für die richtige Beurtheilung der Blatt- und Blüthenstieldrehungen nicht ohne Bedeutung ist.

Wie wir wissen, liegen bei ausgewachsenen, hygroskopischen Pflanzentheilen die Torsionsursachen stets in bestimmten Strukturverhältnissen der Zellmembranen. Durch die Untersuchungen oben genannter Autoren kann hier wenigstens die wichtige Thatsache als sicher gestellt gelten, daß die Drehungen in allen Fällen mit einem ungleichen Imbibitionsvermögen, resp. mit einer ungleichen Aufnahme oder Abgabe von Wasser nach verschiedenen Richtungen der Wandsubstanz zusammenhängen. Dabei handelt es sich gewöhnlich um eine auch mikroskopisch sichtbare spiralförmige Streifung der Wände, deren Quellung in der Richtung der Streifung eine andere ist als senkrecht zu dieser. Ob die Spiralförmigkeit mikroskopisch nachweisbar ist oder nicht, ist freilich an und für sich ohne Belang, wie es überhaupt für die mechanische Behandlung der Torsionsvorgänge unnöthig ist zu wissen, welche speciellen Strukturverhältnisse dem ungleichen Quellungsvermögen der Zellwände nach den angegebenen Rich-

¹⁾ S. Schwendener, Über Quellung und Doppelbrechung vegetabilischer Membranen (Sitzungsber. der K. Preuss. Akademie d. Wissensch. zu Berlin, 1887).

²⁾ A. Zimmermann, Über mechanische Einrichtungen zur Verbreitung der Samen und Früchte (Pringsheim's Jahrb. f. wiss. Botanik, 1881).

³⁾ Eichholz, Untersuchungen über den Mechanismus einiger zur Verbreitung von Samen und Früchten dienender Bewegungserscheinungen (Pringsheim's Jahrb. 1886, Bd. XVII).

⁴⁾ C. Steinbrinck, Zur Theorie der hygroskopischen Flächenquellung und -schrumpfung vegetabilischer Membranen (aus den Verhandl. des naturhist. Vereins der pr. Rheinlande etc., Jahrg. 47, 1891).

tungen zu Grunde liegen; es genügt zu diesem Zwecke vollständig, die Quellungsverhältnisse empirisch festgestellt zu haben.

Aus der hervorgehobenen Thatsache läßt sich auch ohne näheres Eingehen auf die Mechanik der Torsion zunächst für die Richtung derselben eine wichtige Folgerung ziehen: die Torsionsrichtung ist bei hygroskopischen Pflanzentheilen eine von Hause aus gegebene; dieselbe ist darum keiner Änderung fähig, so lange die mit der Structur gegebenen Bedingungen ungleicher Quellung nach verschiedenen Richtungen erhalten bleiben.

Wesentlich anders liegen nun die Verhältnisse bezüglich aller Orientirungstorsionen der Blätter und Blüthen. Da diese nur so lange, als Wachstum stattfindet, möglich sind, so folgt daraus zunächst, daß die Torsionsursachen nicht, wie bei den oben erwähnten ausgewachsenen Pflanzentheilen, in Structurverhältnissen der Zellwände, vielmehr in bestimmten Vorgängen innerhalb des Protoplasma's gesucht werden müssen. Zwar entstehen, wie wir später sehen werden, auch an wachsenden Organen die Drehungen mechanisch erst in Folge eines bestimmten Verhaltens der Zellwände, allein die dieses Verhalten bedingenden Factoren sind ganz andere als bei hygroskopischen Pflanzentheilen.

Die Imbibition der Zellwände kann für das Zustandekommen der Drehungen wachsender Organe überhaupt nicht in Frage kommen, denn da sich alle Wände hier fortdauernd im wasserdurchtränkten Zustand befinden, so fehlen eben die Bedingungen zu einer ungleichen, mit einem sichtbaren Effect verbundenen Quellung nach verschiedenen Richtungen. Wenn daher die Zellmembranen einmal für das mechanische Zustandekommen und dann für die Richtung der Orientirungstorsionen von Bedeutung sein sollen, so kann dies immer nur indirect durch Vermittelung des Protoplasma's der Fall sein, indem dasselbe das Wachstum der Zellwände in bestimmter Weise beeinflusst.

Zu diesem principiellen Unterschied zwischen den Torsionsursachen ausgewachsener und denen noch wachsender Pflanzentheile kommt weiter der beachtenswerthe Umstand, daß bei letzteren die Torsionsrichtung keine unabänderliche ist. Wenn auch die Bewegungen der Blätter und Blüthen stets so erfolgen, daß eine bestimmte Lage auf kürzestem Wege erreicht wird, so sind wir doch jeden Augenblick im stande, durch Änderung der Lage des Organs auch die anfängliche Richtung seiner Bewegung zu än-

dern. Ein Blattstiel, der sich z. B. in einer linksläufigen Drehung befindet, kann sofort zu der entgegengesetzten Bewegung veranlaßt werden; und mit Rücksicht hierauf kann die Richtung der Orientierungstorsionen als eine nicht von Hause aus gegebene bezeichnet werden.

Wie wir später sehen werden, folgt aus der Abänderungsfähigkeit der Torsionsrichtung in Verbindung mit anderen Erscheinungen ganz allgemein die für eine richtige Beurtheilung der Torsionsursachen wichtige Thatsache, daß in der inneren Organisation der hierher gehörigen Pflanzen keinerlei Factoren, weder in Structurverhältnissen der Zellwände noch in irgend welchen anderen Momenten, gegeben sein können, die eine Torsion bedingen. Es müssen vielmehr nicht nur die Ursachen der Torsion, sondern auch die Bedingungen, welche die Richtung derselben bestimmen, jedesmal unter dem Einfluß äußerer Kräfte neu geschaffen werden.

Wie schon diese wenigen Bemerkungen deutlich erkennen lassen, ist die Torsionsmechanik wachsender Organe viel complicirter Natur und daher nicht in so einfacher Weise klar zu legen, wie die analogen Bewegungen hygroskopischer Pflanzentheile. Darum bedarf es auch kaum einer besonderen Hervorhebung, daß es von vornherein nicht in unserer Absicht liegen konnte, die Orientierungsbewegungen der dorsiventralen Blätter und Blüthen, sofern daran Torsionen betheiligt sind, nach allen Seiten zu erklären.

Um zunächst für die mechanische Beurtheilung des vorliegenden Gegenstandes eine möglichst sichere Grundlage zu gewinnen, kam es uns in erster Linie auf eine genaue Feststellung der Verhältnisse an, von welchen das Auftreten der Torsionen, unbekümmert um ihr mechanisches Zustandekommen, abhängig ist. Es fragt sich hierbei, in wie weit die Orientierungstorsionen in inneren Organisationsverhältnissen der Blätter und Blüthen begründet liegen, sowie ferner, ob und in welcher Weise an ihrem Eintreten außerhalb der Pflanze gelegene Factoren, wie Licht und Schwerkraft, betheiligt sind.

Da die dorsiventralen Blätter und zygomorphen Blüthen zur Erreichung ihrer normalen Orientierung in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle außer Axendrehungen auch Krümmungen ausführen müssen, so ist es vor allen Dingen wichtig zu entscheiden, in welcher Beziehung diese beiden Arten von Bewegungen zu einander stehen; es fragt sich z. B., ob sich die Torsionen, wie man dies bereits versucht hat, aus der Combination

von Krümmungen erklären lassen. Hierher gehören auch die von Ambronn¹⁾ entwickelten Anschauungen, nach welchen unter gewissen Bedingungen durch die einseitige Wirkung der Schwerkraft und des Lichtes auf bogenförmig gekrümmte Organe Torsionen herbeigeführt werden können²⁾.

Mit der Klarlegung dieses Gegenstandes wird in Verbindung mit anderweitigen Thatsachen auch die Entscheidung über einen andern wichtigen Punkt gegeben sein, über die Frage nämlich, ob in Wirklichkeit geotropische und heliotropische Torsionen existiren, d. h. Drehungen, die in analoger Weise wie die geotropischen und heliotropischen Krümmungen ganz allein von der Schwerkraft oder dem Licht, ohne Mitwirkung irgend welcher anderer Kräfte, verursacht werden. In der Litteratur finden sich zwar hier und da solche Torsionen erwähnt, allein es ist dabei selten deutlich zu erkennen, wie man die fraglichen Verhältnisse auffasst, ob das Licht oder die Schwere allein maßgebend sein soll oder ob nebenher auch noch andere Factoren im Spiele sind und die ersteren nur den Ausschlag geben. Die Frage, in welcher Weise die Torsionen unter dem Einfluß einer einzelnen äusseren Kraft mechanisch zu stande kommen, findet sich überhaupt nirgends erörtert, denn die von Frank³⁾ angenommene Polarität der Zellhäute kann erstlich nicht hierher gerechnet werden.

Fast alle Autoren, die sich nicht bloß mit dem äusseren Charakter der Orientirungsbewegungen, sondern auch mit der Frage nach dem mechanischen Zustandekommen derselben mehr oder weniger eingehend befassen, gehen hierbei von der theils als selbstverständlich betrachteten, theils ausdrücklich hervorgehobenen Voraussetzung aus, daß das Licht oder die Schwere für sich allein — in Übereinstimmung mit jeder andern einseitig angreifenden Kraft — wohl Krümmungen in einer Ebene, niemals aber direct Torsionen verursachen könne. Wo daher in der Natur an Blättern und Blüthen Drehungen zur Beobachtung gelangen, da sollen dieselben nicht aus einer unmittelbaren Einwirkung einer einzelnen

¹⁾ H. Ambronn, Über heliotropische und geotropische Torsionen (Ber. der deutsch. botan. Gesellsch. Bd. II p. 183 ff.).

²⁾ H. Ambronn, Zur Mechanik des Windens (Separat-Abdruck aus den Berichten der math.-physik. Classe der Kgl. Sächs. Gesellsch. der Wissensch. 1884).

³⁾ A. B. Frank, Die natürliche wagerechte Richtung von Pflanzentheilen und ihre Abhängigkeit vom Lichte und von der Gravitation. Leipzig, 1870.

äußeren Kraft hervorgehen, sondern ausschließlich oder doch zum großen Theil in ganz anderen Verhältnissen begründet liegen.

Sehen wir von gelegentlichen Bemerkungen ab, so giebt es gegenwärtig zwei Erklärungsversuche der hierher gehörigen Orientierungstorsionen. Nach H. de Vries¹⁾, Wiesner²⁾ und Osc. Schmidt³⁾ beruhen bekanntlich die Blattstieltorsionen auf einem passiven Wachsthum, welches durch die drehende Wirkung des Blattgewichtes verursacht werden soll. Diese Anschauung, auf die wir später noch kurz zurückkommen, bedarf hier keiner weiteren Erörterung, nachdem durch die Untersuchungen Noll's⁴⁾, Vöchting's⁵⁾ und Krabbe's⁶⁾ gezeigt ist, daß die Orientierungsbewegungen in den meisten Fällen auch ohne Mitwirkung, ja selbst bei entgegengesetzter Wirkung der durch die Belastungsverhältnisse gegebenen Torsionsmomente zur Ausführung gelangen. Übrigens würde mit dieser Vorstellung nur ein Theil des ganzen Problems erklärt sein, denn wie schon Osc. Schmidt hervorgehoben, gelangt die Bewegung in vielen Fällen gerade dann zum Stillstand, wenn sich nach der Stellung des Blattes das Eigengewicht der Spreite im Maximum seiner Wirkung befindet.

Eine ganz andere Anschauung über das mechanische Zustandekommen der Orientierungstorsionen ist von Noll für die zygomorphen Blüten zu begründen versucht worden. Wenn wir hier auf diese Untersuchungen etwas näher eingehen, so geschieht dies hauptsächlich aus zwei Gründen, einmal, weil dieselben bis jetzt die einzigen sind, die sich mit dem äußeren Charakter und dem mechanischen Zustandekommen der Blütenstieldrehungen eingehender beschäftigen, und sodann, weil der Verfasser wiederholt mit besonderem Nachdruck behauptet, die Mechanik der fraglichen Bewegungen nach allen Seiten vollständig klar gelegt zu haben.

¹⁾ H. de Vries, Über einige Ursachen der Richtung bilateral-symmetrischer Pflanzentheile (Arb. des botan. Inst. in Würzburg, Bd. I p. 223 ff.).

²⁾ J. Wiesner, Die heliotropischen Erscheinungen im Pflanzenreich, II. (Denkschriften der k. k. Akad. der Wissenschaften, Math.-naturw. Klasse, Bd. 43).

³⁾ Osc. Schmidt, Das Zustandekommen der fixen Lichtlage blattartiger Organe durch Torsion. Inaugural-Dissertation. Berlin, 1883.

⁴⁾ Fritz Noll, Über die normale Stellung zygomorpher Blüten und ihre Orientierungsbewegungen zur Erreichung derselben (Arb. des botan. Inst. in Würzburg, Bd. III).

⁵⁾ H. Vöchting, Über die Lichtstellung der Laubblätter (Botan. Zeit. 1888 p. 501 ff.).

⁶⁾ G. Krabbe, Zur Kenntniß der fixen Lichtlage der Laubblätter (Pringsheim's Jahrb. für wissensch. Botanik. Bd. 22).

Noll beschäftigt sich in zwei besonderen Abhandlungen¹⁾ mit der bekannten Erscheinung, daß die zygomorphen Blüten nicht nur eine bestimmte Lage zum Erdradius einnehmen, sondern außerdem noch in bestimmter Weise gegen ihre Tragaxe orientirt sind. Entfernt man sie aus dieser Stellung, so suchen sie dieselbe, so lange noch Wachstum stattfindet, durch zweckentsprechende Krümmungen und Drehungen wieder zu erreichen. So sind bekanntlich, um ein paar Beispiele anzuführen, in der Familie der Leguminosen die Blüten so an der Hauptspindel inserirt, daß die Fahne nach oben und die Öffnung der Blüthe nach außen, von der Spindel hinweg gerichtet ist. Dasselbe gilt von den Blüten der Gattungen *Delphinium*, *Aconitum* und zahlreichen anderen. Bei aufrechter Stellung der Tragaxe besitzen die hier in Frage stehenden Blüten gewöhnlich gleich bei der Entfaltung die normale Orientirung; jedenfalls sind, von den Orchideen und einigen anderen Familien abgesehen, irgendwelche nennenswerthe Bewegungen zur Erreichung derselben nicht erforderlich. Nur wo die Entwicklung der Blüten an abwärts gerichteter Spindel, wie bei *Cytisus*, *Wistaria* u. s. w. stattfindet, müssen die einzelnen Blüten zur Erreichung der Normalstellung außer einer geotropischen Aufwärtskrümmung eine Drehung um 180° ausführen — die letztere, damit die Öffnung resp. die Vorderseite der Blüthe nach außen sieht. Dieselben Bewegungen lassen sich auch künstlich herbeiführen, wenn man die von Natur aufrecht wachsenden Blüthenspindeln in inverse Lage bringt und sie in dieser festhält.

Noll sucht nun sämtliche Orientirungstorsionen zygomorpher Blüten auf zwei Krümmungen zurückzuführen, die er als Median- und Lateralkrümmung von einander unterscheidet; die erstere erfolgt in der durch Bauch- und Rückenseite der Blüthe gelegten Ebene, während die letztere, die Lateralkrümmung, auf einer Verlängerung der rechten oder linken Seite des Blütenstieles beruht. Daß diese Lateralbewegung unabhängig von der Wirkung äußerer Factoren ihre Entstehung einer »den Pflanzen inwohnenden Richtkraft« verdanken soll, mag hier nur nebenbei bemerkt sein, da wir auf diesen Punkt bei späterer Gelegenheit noch zurückkommen. Aus der Combination dieser beiden Krümmungen, der Median- und Lateralkrümmung, soll nun nach der Vorstellung unseres Autors in jedem

¹⁾ Arbeiten d. bot. Instituts in Würzburg, Bd. III.
Phys. Abh. 1892. I.

Einzelfalle diejenige Bewegung resultiren, die zur Normalstellung der Blüten nothwendig ist. Sind z. B. die Blüten von *Aconitum* an natürlich oder künstlich invers gerichteter Spindel aufzublühen gezwungen, so bewirkt nach der Noll'schen Anschauung die Mediankrümmung die normale Orientirung der Blüthe zum Horizont, während darauf durch Hinzutritt der Lateralkrümmung eine Drehung um 180° entsteht, durch welche die Blüthe mit ihrer Vorderseite wiederum nach aufsen gerichtet wird. Es soll also nach Noll aus einer bestimmten Combination zweier Krümmungen Torsion erfolgen müssen, eine Vorstellung, deren Unrichtigkeit im folgenden Capitel sowohl empirisch als auch theoretisch ausführlich dargelegt werden soll. Trotzdem aber scheint es uns nicht überflüssig zu sein, hier außerdem noch in Kürze zu zeigen, daß Noll an keiner Stelle seiner Arbeit den Beweis zu liefern versucht, daß auf Grund seiner Prämissen mit mechanischer Nothwendigkeit Torsionen entstehen müssen. Nachdem er seine beiden Krümmungen als Median- und Lateralkrümmung definirt hat, beschränkt er sich im Folgenden nur noch auf eine Beschreibung des äußeren Charakters der Blütenbewegungen, um daran jedesmal die Bemerkung zu knüpfen, daß es die Median- und Lateralkrümmung seien, aus deren Zusammenwirken die zu beobachtende Bewegung resultire. So beschreibt er z. B. in den Versuchen mit invers gehaltenen Blütenstängeln von *Aconitum* zunächst die mediane geotropische Aufwärtskrümmung der einzelnen Blüten, um sodann die Bewegung, die zur normalen Orientirung der Blüthe gegen die Spindel führt, folgendermaßen zu schildern¹⁾: »Wir haben es hier also mit dem Anfangsergebnis derjenigen Bewegung zu thun, die als Lateralbewegung bezeichnet wurde; dieselbe nimmt von da an einige Tage lang bis zu einem gewissen Maximum zu, um dann langsam abnehmend zu dem Endergebnis zu führen, daß die Blütenöffnung wieder wie anfänglich von der Spindel weggewandt und gerade nach aufsen gerichtet ist. Man sieht, daß damit derselbe Effect erreicht ist, als ob die Blüthe auf ihrem Platz geblieben wäre, ihr Stiel sich aber um 180° tordirt hätte.« — Es bedarf wohl keiner besonderen Auseinandersetzung, um einzusehen, daß mit einer derartigen Beschreibung des äußeren Charakters der Blütenstielbewegung keine Einsicht in die Mechanik derselben gewonnen ist. Wenn Noll trotzdem den Anspruch erhebt, die Blü-

¹⁾ l. c. p. 208.

... und die nächsten 10 Seiten ...
... and the next 10 pages ...

Vorstellung möglich, wonach bekanntlich die Zellhäute einen Theil des lebenden Plasmakörpers repräsentiren und somit ein mehr oder minder selbständiges Leben führen. Die lebenden Plasomen müssen dann gleichzeitig als reizaufnehmende und als wachsthumregulirende Organe functioniren. Der vorliegende Gegenstand giebt indefs keinerlei Veranlassung, in eine Discussion dieser und anderer Anschauungen einzutreten, weil davon die Mechanik der Torsionen unberührt bleibt.

Dafs das Protoplasma nicht für sich allein, sondern nur mit Hülfe eines bestimmten Membranwachsthums Torsionen bedingen kann, bedarf im Hinblick auf den Aggregatzustand desselben keiner weiteren Erörterung. Will man das hier in Frage stehende Membranwachsthum erst von bestimmten Turgescenzänderungen der Zellen abhängig machen, so wird damit an der Lage der Dinge nichts geändert. Denn ebensowenig, wie die Schwerkraft direct auf die Membranen der Zellen einwirken kann, vermag sie den hydrostatischen Druck des Zellinhaltes ohne Mitwirkung des lebenden Plasma's zu beeinflussen. Dazu kommt noch, dafs durch Turgescenzänderungen, wie ohne Weiteres einleuchtet, das Wachsthum in einer zur Längsaxe der Zelle schiefen Richtung, so fern diese nicht schon vorher durch eine ungleiche Dehnbarkeit der Membran gegeben ist, gar nicht beeinflusst werden kann; es ist dies ein Wachsthum, welches mit dem hydrostatischen Druck des Zellinhaltes in keiner unmittelbaren Beziehung steht.

Was demnach auf Grund unserer Untersuchungsergebnisse über die Mechanik der Orientierungstorsionen mit ziemlicher Sicherheit ausgesagt werden kann, läßt sich in den soeben begründeten Satz zusammenfassen, dafs die Schwerkraft durch Vermittelung des Protoplasma's das Membranwachsthum der einzelnen Zellen in schiefer Richtung beeinflusst. Alles Übrige ist nach der mechanischen Seite dunkel. Es ist darum auch unnöthig, hier auf die am Schluß des vorausgehenden Capitels zusammengestellten Einzelergebnisse zurückzukommen, z. B. auf die interessante Thatsache, dafs die drehende Wirkung der Schwerkraft von der Lage der Blätter und Blüten zum Horizont unabhängig ist. Da diese und andere Ergebnisse die Torsionsmechanik nicht weiter aufzuhellen vermögen, so liegt ihr Werth einstweilen auf dem Gebiete des rein Thatsächlichen. Das gilt insbesondere auch von dem eigenthümlichen Verlauf der Torsion bei allen Blättern und Blüten mit längeren Stielen; wie wir

sahen, gelangt hier die Torsion mit dem Einrücken der Blüten und Blattspreiten in ihre normale Lage selten zum Stillstand, sondern sie schreitet an den die Bewegung vermittelnden Organen in basipetaler Richtung weiter fort und geht somit, da sie nach Erreichung eines bestimmten Grades in der früher angegebenen Weise zum Theil wiederum aufgelöst wird, allmählich auf tiefer gelegene Regionen der sich tordirenden Organe über. In mechanischer Hinsicht ist auch diese eigenthümliche Erscheinung einstweilen keiner Verwerthung fähig; nur das Zweckmäßige derselben tritt wenigstens bei den gefiederten Blättern ziemlich klar hervor. Wenn hier einmal die Torsion in der apicalen Region der Mittelrippe beginnt, so ist einleuchtend, daß dieselbe die letztere gewissermaßen durchwandern und schliesslich auf den basalen, fiederblättchenlosen Stieltheil übergehen muß, sofern die Fiederblättchen sämmtlich in eine Ebene gebracht werden sollen. Dieser Zweck würde ohne Zuhülfenahme besonderer Mittel nicht erreicht werden, wenn die Torsion in der mit Fiederblättchen versehenen Region der Mittelrippe stehen bliebe.

Wo man in der Litteratur auf die Orientirungstorsionen etwas näher eingeht, findet man gewöhnlich den dorsiventralen Bau der hierher gehörigen Organe mit besonderem Nachdruck hervorgehoben; man bekommt dabei zuweilen den Eindruck, als ob die betreffenden Autoren der Meinung seien, dass dieses Moment auch beim mechanischen Zustandekommen der Drehungen eine Rolle spiele. Wenn ein Organ verschieden organisirte und mit verschiedenen Functionen ausgestattete Seiten besitzt, so begreift man, warum dasselbe diese Seiten in bestimmter Weise zu orientiren sucht. Der dorsiventrale Bau läßt daher zwar den Zweck der stattfindenden Bewegung hervortreten, allein für das mechanische Zustandekommen der Torsionen ist jener, wie hier wohl nicht weiter auseinandergesetzt zu werden braucht, ohne Bedeutung.

Zudem giebt es bekanntlich eine verhältnißmäßig große Zahl von Fällen, unter Blüten sowohl wie unter Blättern, in welchen die dorsiventralen Gebilde, nämlich die Blüten und Blattflächen, auf deren Orientirung es ankommt, an den hierzu erforderlichen Bewegungen selber keinerlei activen Antheil nehmen; sie werden vielmehr rein passiv in ihre Lage durch Wachs- thumsvorgänge übergeführt, die sich in ihren Stielen abspielen. Diese, die Bewegung ausführenden Organe, lassen aber sehr oft nicht das Geringste eines dorsiventralen Baues erkennen; dies ist beispielsweise der Fall bei

den Blütenstielen von *Aconitum*, *Delphinium*, *Cytisus*, den Internodien von *Philadelphus*, *Deutzia* u. s. w. Die Bewegung gelangt hier jedoch genau in derselben Weise zur Ausführung, wie an Organen mit ausgesprochenem dorsiventralen Bau.

Wir haben zum Überflufs noch eine Anzahl hierher gehöriger Organe anatomisch untersucht; es würde jedoch der Charakter dieser Arbeit gänzlich verwischt werden, wollten wir hier auf das Resultat derselben näher eingehen, zumal dasselbe zur weiteren Aufklärung der Torsionsmechanik keinerlei Material bietet. Dagegen ist es nicht ausgeschlossen, dafs sich auf diesem Wege unter gleichzeitiger Ausführung bestimmter Experimente entscheiden läfst, ob alle noch wachsthumfähigen Zellen in gleicher Weise an der Erzielung einer Torsion betheiligt sind, oder ob sich die tordirend wirkenden Wachsthumprocesse auf bestimmte Zellen beschränken. Da es sich um durch Wachstum vermittelte Bewegungen handelt, so verhalten sich selbstverständlich alle abgestorbenen Zellen während der Ausführung der Torsion rein passiv; Gleiches gilt wohl auch von allen Zellen, die in dem noch untordirten Organ nur passives Wachstum zeigen, wie z. B. die Rindenzellen der Internodien von *Philadelphus* u. s. w. nach Ausbildung eines activ wachsenden Cambiumringes. Möglicher Weise aber sind unter den activ wachsenden Zellen wiederum nur bestimmte der Schwerkraft gegenüber reizempfänglich und daher mit der Function zur Vermittelung gewisser Orientirungsbewegungen ausgestattet. Diese und andere Punkte, auf die wir hier nicht weiter eingehen können, sind offenbar einer experimentellen Lösung zugänglich.

VII.

Die Bedeutung des Lichtes für das Zustandekommen und den Verlauf der Orientirungstorsionen bei einseitiger Beleuchtung der Organe.

Die Frage nach der Rolle, die das Licht beim Zustandekommen gewisser Orientirungstorsionen spielt, findet ihre Beantwortung zum Theil schon durch die in den vorausgehenden Capiteln besprochenen Untersuchungsergebnisse. Welches auch immer die Bedeutung des Lichtes sein

mag, so viel steht von vornherein fest, daß alle Torsionen, welche manche zygomorphe Blüthen und die meisten dorsiventralen Blätter zur Erreichung einer bestimmten Lichtlage ausführen, ebensowenig wie die bereits behandelten geogenen Drehungen aus der Combination von Krümmungen erklärt werden können. Auch sei nochmals daran erinnert, daß in den Organisationsverhältnissen der hierher gehörigen Organe keinerlei Factoren gegeben sind, die tordirend wirken können, weil sonst die Drehungen auch bei Ausschluß äußerer Richtkräfte auf dem Klinostaten in die Erscheinung treten müßten.

Da alle Pflanzentheile, die sich einseitiger Beleuchtung gegenüber in bestimmter Weise zu orientiren suchen, während der Ausführung der hierzu erforderlichen Bewegungen in der freien Natur unter dem gleichzeitigen Einfluß von Licht und Schwerkraft stehen, so fragt es sich, welche Bedeutung dem Licht in diesen Fällen für das Zustandekommen und den Verlauf der Torsion zugeschrieben werden muß. Zur Beantwortung dieser Frage ist natürlich in erster Linie eine Kenntniß derjenigen Bewegungen erforderlich, die eintreten, wenn jede Kraft für sich allein zur Wirkung gelangt. Wie wir bereits wissen, richten die zygomorphen Blüthen unter dem alleinigen Einfluß der Schwerkraft in der Mehrzahl der Fälle ihre Vorderseite von der Spindel hinweg nach außen, während die dorsiventralen Blätter unter gleichen Verhältnissen ihre morphologische Oberseite nach oben kehren, immer vorausgesetzt, daß diese Orientirung nicht schon von Anfang an gegeben ist. Setzt man nun die fraglichen Organe auch der einseitigen Beleuchtung aus, so treten in vielen Fällen die entgegengesetzten Bewegungen von denen ein, welche die Schwerkraft für sich allein bedingen würde. Sofern Krümmungen dazu nicht ausreichen, suchen bekanntlich fast alle dorsiventralen Blätter durch Drehungen ihre morphologische Oberseite senkrecht zum einfallenden Licht zu stellen; und wir sehen, daß diese Lage in der Regel ziemlich vollkommen erreicht wird, mag die Schwerkraft hierbei mit dem Licht in gleichem oder ungleichem Sinne wirken. Wo sich nun die Organe in der angegebenen Weise orientiren, ist mit Sicherheit anzunehmen, daß das Licht wenigstens für die Richtung und das Maß der Torsionen den allein ausschlaggebenden Factor liefert. Wäre dies nicht der Fall, dann könnte weder die Lichtlage auf kürzestem Wege erreicht werden, noch die Bewegung jedesmal bei dieser Stellung der Organe zum Stillstand gelangen.

Diese Thatsache würde im Wesentlichen auch dann bestehen bleiben wenn die Drehungen nach den Anschauungen von H. de Vries, Wiesner und Osc. Schmidt durch das Eigengewicht der Blätter zu stande kämen. Denn die durch das Eigengewicht gegebenen Torsionsmomente hören jedesmal auf, eine sichtbare Wirkung zu erzielen, wenn das Blatt mit seiner Oberseite senkrecht zum Lichteinfall gestellt ist; und dies ist, wie schon früher hervorgehoben, unter allen Umständen eine Erscheinung, die nur mit einer specifischen, einstweilen nicht weiter zu erklärenden Lichtwirkung in Beziehung gebracht werden kann.

Von verschiedenen Seiten sind allerdings gerade in diesem Punkte entgegengesetzte Anschauungen vertreten worden; man hat die Orientirungsbewegungen der Blätter unter einseitiger Beleuchtung in sofern rein mechanisch zu erklären versucht, als man in der Lichtstellung nichts anderes als eine Gleichgewichtslage zwischen bekannten Richtkräften, wie Geotropismus, Heliotropismus, Epinastie u. s. w., erblickte. Der Beweis für diese Behauptung ist jedoch in keinem einzigen Fall erbracht worden; man hat vielmehr in den diesbezüglichen Arbeiten die fragliche Gleichgewichtslage immer nur in Gedanken construiert, indem man die angenommenen Richtkräfte so wirken liefs, wie es zur Erzielung der vermeintlichen Gleichgewichtslage nothwendig ist. Eine derartige Auffassung der Verhältnisse ist schon aus dem Grunde als verfehlt zu betrachten, weil die Stellungsverhältnisse der Blätter am Sprofs bestimmten Regeln unterworfen sind, während das Licht aus allen möglichen Richtungen kommen kann. Da unter diesen Umständen zwischen den zur Erreichung der Lichtlage auszuführenden Bewegungen in den Einzelfällen weitgehende Differenzen bestehen, so ist es unmöglich, dafs sich die oben genannten Richtkräfte jedesmal bei senkrechter Stellung der Organe zum Licht im Gleichgewicht befinden. Diese Vorstellung würde nur dann einigermassen berechtigt sein, wenn man mit H. de Vries¹⁾ die senkrechte Stellung zum Licht nicht als regelmässige Erscheinung anerkennt, sondern als eine Lage betrachtet, die zufällig neben vielen anderen vorkommt.

Ist nun auch nach dem Vorstehenden von vornherein jeder Zweifel darüber ausgeschlossen, dafs alle zu einer bestimmten Lichtstellung führenden Torsionen in ihrer Richtung und Gröfse unter der ausschliesslichen

¹⁾ Arbeit. des bot. Instituts in Würzburg, Bd. I, p. 238.

Herrschaft des Lichtes stehen, so ist damit natürlich noch keineswegs die Frage nach der Art und Weise des Zustandekommens der Torsionen erledigt. Um hierüber Klarheit zu bekommen, wird es die nächste Aufgabe unserer experimentellen Untersuchung sein, zu entscheiden, ob das Licht für sich allein tordirend zu wirken vermag oder ob zur Erzielung von Drehungen die gleichzeitige Mitwirkung anderer Factoren, vor allem der Schwerkraft, nothwendig ist. Ist das letztere der Fall, so fragt es sich weiter, welche Beziehungen zwischen der Wirkung des Lichtes und derjenigen der Schwerkraft bestehen. An solche Beziehungen ist vor allem dann zu denken, wenn die Blätter während der Ausführung ihrer Orientirungsbewegungen zum Licht eine Lage zum Horizont einnehmen müssen, in welcher nach unseren früheren Untersuchungsergebnissen auch die Schwerkraft ihre tordirende Wirkung geltend zu machen sucht.

Von Ausnahmefällen abgesehen, erfahren beispielsweise die Blätter an aufrechter Sprossaxe unter der alleinigen Wirkung der Schwerkraft keine Drehungen, und solche treten auch nicht ein bei allseitig gleichmäßiger Beleuchtung oder beim Lichteinfall von oben. Kommt aber das Licht von seitwärts in horizontaler Richtung, so führen alle Blätter, deren Insertionsebene senkrecht zum Licht steht, zur Erreichung der bekannten Lichtlage Drehungen von 90° aus. Allein es ist anzunehmen, daß während der Ausführung dieser Orientirungsbewegung auch die Schwerkraft die Blätter zu drehen sucht und zwar in entgegengesetztem Sinne. Um sich hiervon zu überzeugen, braucht man die einseitige Beleuchtung nur aufzuheben oder die Objecte zu verdunkeln, dann wird die vorhandene Drehung, sofern noch Wachsthum stattfindet, von Seiten der Schwerkraft sofort wiederum rückgängig gemacht. — Sehr lehrreiche Beispiele liefern in dieser Beziehung wiederum die Zweige von *Philadelphus*, *Deutzia* u. s. w., die durch bestimmte Internodialdrehungen ihre decussirt stehenden Blätter in eine Ebene bringen. Unter der alleinigen Einwirkung der Schwerkraft wird durch Torsion der einzelnen Internodien um 90° die Insertionsebene sämtlicher Blattpaare horizontal gestellt, während darauf die Blätter durch Drehungen von 90° ihre morphologische Oberseite nach oben kehren. Unter gleichzeitiger Einwirkung einseitiger Beleuchtung werden nun dem Grade nach dieselben Drehungen ausgeführt, welche Seite auch die beleuchtete sein mag. Fällt das Licht horizontal ein, so dreht sich jedes Internodium in derselben Weise wie unter dem alleinigen Einfluß

der Schwerkraft, nur wird hierbei die Insertionsebene der Blattpaare nicht horizontal, sondern vertical gestellt; zur Erreichung der Lichtlage müssen sodann die einzelnen Blätter gleichfalls Drehungen von 90° ausführen. Dasselbe ist der Fall, wenn man die Zweige von unten beleuchtet. Unter diesen Verhältnissen werden die Blattpaare zunächst wiederum durch Drehungen der Internodien zweizeilig in horizontaler Ebene angeordnet, worauf sich dann die einzelnen Blätter um 90° tordiren, um ihre morphologische Oberseite nach unten zu kehren. Die Internodien und Blätter der horizontalen Zweige mancher Pflanzen zeigen demnach sowohl unter dem alleinigen Einflusse der Schwerkraft, als auch bei gleichzeitiger Mitwirkung einseitiger Beleuchtung stets dieselbe Torsionsgröfse; und es ist hierbei ganz gleichgültig, ob Licht und Schwerkraft die Organe in gleichem oder ungleichem Sinne zu drehen suchen.

Die besprochenen Beispiele beweisen in Übereinstimmung mit vielen anderen unsere obige Behauptung, dafs überall, wo es sich um die Einnahme einer bestimmten Lichtlage handelt, das Licht ganz allein nicht nur die Gröfse, sondern auch die Richtung der Drehung bestimmt. Zu entscheiden bleibt nur noch die Frage, wie die Torsionen selber zu stande kommen. Bevor wir in die experimentelle Prüfung dieses Gegenstandes eintreten, mögen in einem kurzen Überblick diejenigen Momente zusammengestellt werden, die nach unseren bisherigen Versuchsergebnissen für die Erklärung der bei einseitiger Beleuchtung auftretenden Torsionen überhaupt in Frage kommen können.

Am nächsten liegt die Annahme, dafs die Schwerkraft, wenn sich die Organe einseitiger Beleuchtung gegenüber in bestimmter Weise zu orientiren suchen, in ihrer tordirenden Wirkung hinter derjenigen des Lichtes zurücksteht. Unter diesen Umständen ist es allein das Licht, welches unabhängig von der gleichzeitigen Mitwirkung der Schwerkraft die Orientierungstorsionen nach allen Seiten beherrscht; es bedingt nicht nur die Richtung und Gröfse, sondern veranlafst auch das Zustandekommen der Drehungen, indem es in gleicher Weise, wie die Schwerkraft, tordirend wirkende Wachstumsvorgänge auszulösen vermag. Wie ohne Weiteres einleuchtet, ist es unter den fraglichen Verhältnissen für die schließliche Lage der Organe ganz gleichgültig, ob die Schwerkraft diese mit dem Licht in gleicher oder entgegengesetzter Richtung zu drehen sucht; die Lichtlage wird im ersteren Falle nur schneller erreicht als im letzteren.

Nun wissen wir über die Intensität, mit welcher die vom Licht und der Schwerkraft inducirten Wachsthumsvorgänge die Organe drehen, nichts Zuverlässiges. Es würden sich aber vielleicht schon dadurch einige Anhaltspunkte gewinnen lassen, daß man in bestimmten Fällen, so z. B. bei den Zweigen von *Philadelphus*, jede Kraft für sich allein zur Wirkung gelangen läßt und nun die Schnelligkeit bestimmt, mit welcher die Torsionen ausgeführt werden. Angenommen, die Schwerkraft stelle sich hierbei als die stärker wirkende Kraft heraus, so sind die zur Erreichung einer günstigen Lichtlage erforderlichen Drehungen in allen Fällen, in welchen Licht und Schwerkraft in Antagonismus mit einander stehen, nur unter der Voraussetzung möglich, daß der Geotortismus der Organe und damit auch die tordirende Schwerkraftwirkung unter dem Einfluß des Lichtes eine Schwächung erfährt, und zwar soweit, daß die Wirkung der Schwerkraft hinter derjenigen des Lichtes zurückbleibt. Damit ist dann wieder unsere erste Annahme verwirklicht, wonach das Licht ganz allein die Orientirungstorsionen nach allen Seiten beherrscht.

Es ist aber auch möglich, daß das Licht im Gegensatz zur Schwerkraft außer stande ist, Torsionen zu veranlassen. In diesem Falle würden auch die zur Erreichung einer Lichtlage erforderlichen Drehungen von Seiten der Schwerkraft verursacht werden; diese würde jedoch zur Ausübung dieser Wirkung erst befähigt sein, nachdem das Protoplasma der sich tordirenden Organe unter dem Einfluß des Lichtes der Schwerkraft gegenüber in einen bestimmten reizempfindlichen Zustand versetzt worden. Wie man aber sofort einsieht, genügt es unter diesen Umständen nicht mehr, daß die geotortische Empfindlichkeit durch das Licht geschwächt wird, dieselbe muß vielmehr eine totale Umänderung erfahren, denn die zur Lichtlage führenden Torsionen sind ja in den meisten Fällen entgegengesetzt denjenigen, welche die Schwerkraft für sich allein bedingt. Ohne hier weiter auf diesen Gegenstand einzugehen, sei nur hervorgehoben, daß die skizzirten Beziehungen zwischen Licht und Schwerkraft nicht ohne Weiteres in das Reich der Unmöglichkeit zu verweisen sind. Wie bereits vor 10 Jahren von Osc. Schmidt¹⁾ gezeigt wurde, treten an den Blättern von *Phaseolus multiflorus* nach Aufhebung

¹⁾ Osc. Schmidt, Das Zustandekommen der fixen Lichtlage blattartiger Organe durch Torsion. Berlin 1883.

der einseitigen Schwerkraftwirkung keine Drehungen mehr auf. In den Stahl'schen¹⁾ Untersuchungen über die Bewegungen der Rhizome von *Adoxa* u. s. w. handelt es sich zwar nur um Krümmungen, allein die mitgetheilten Beobachtungen gehören doch in sofern hierher, als sie mit aller Sicherheit zeigen, daß die geotropischen Eigenschaften der fraglichen Organe unter dem Einfluß des Lichtes eine weitgehende Veränderung erfahren. Denn so lange die Rhizome der Beleuchtung ausgesetzt sind, verursacht die Schwerkraft ganz andere Bewegungen, als wenn sie für sich allein zur Wirkung gelangt. Daß die Rhizome durch die von der Schwerkraft veranlafsten Bewegung dem Licht entzogen, während die dorsiventralen Blätter gerade umgekehrt dem Licht zugeführt werden, ist für die Sache, auf die es hier ankommt, von mehr nebensächlicher Bedeutung.

Wie wir nachher bei Besprechung des Verhaltens dorsiventraler Blätter auf dem Klinostaten sehen werden, gestatten unsere Ergebnisse noch eine andere Auffassung der Verhältnisse. Wenn auch das Licht in vielen Fällen aufser stande ist, für sich allein tordirend zu wirken, so folgt daraus noch nicht, daß es die Schwerkraft ist, welche die Torsionen veranlafst. Vielmehr beweist diese Thatsache nur, daß die Organe auch unter der Einwirkung der Schwerkraft stehen müssen, wenn sie befähigt sein sollen, sich dem Licht gegenüber in bestimmter Weise zu orientiren. Unter dem Einfluß der Schwerkraft werden im Protoplasma diejenigen Zustände geschaffen, die erforderlich sind, damit das Licht tordirend wirkende Wachsthumsvorgänge auszulösen vermag. Trotz aller sonstigen Verschiedenheiten handelt es sich offenbar um ähnliche Verhältnisse bei der neuerdings von A. Fischer²⁾ mitgetheilten Beobachtung, wonach die nyctitropischen Bewegungen von *Phaseolus* und *Lupinus* nach Aufhebung der einseitigen Schwerkraftwirkung aufhören sollen. Sollten sich diese Angaben bestätigen³⁾, so würde daraus folgen, daß das Protoplasma nur unter gleich-

¹⁾ E. Stahl, Einfluß des Lichtes auf den Geotropismus einiger Pflanzenorgane. (Ber. d. deutsch. bot. Gesellsch. Bd. II, p. 383).

²⁾ A. Fischer, Über den Einfluß der Schwerkraft auf die Schlafbewegungen der Blätter (Bot. Zeit. 1890, p. 673 ff.).

³⁾ Zur Entscheidung der Frage, in wie weit die nyctitropischen Bewegungen der Blätter auch von der Schwerkraft abhängig sind, wurden bereits vor der Fischer'schen Veröffentlichung von uns mit *Phaseolus* verschiedene Versuche ausgeführt, deren Ergebnis mit den Angaben Fischer's nicht vollkommen übereinstimmt. Der Gegenstand bedarf jedenfalls erneuter Untersuchung, schon aus dem Grunde, weil Fischer die nach Aufhebung der

zeitiger Einwirkung der Schwerkraft im stande ist, auf den Beleuchtungswechsel in normaler Weise zu reagiren.

Bei der großen Bedeutung der Klinostatenversuche für die richtige Beurtheilung der Licht- und Schwerkraftwirkung auf die Bewegungen der hier in Frage stehenden Organe scheint es uns geboten, der nachfolgenden Besprechung unserer Ergebnisse einige Bemerkungen über die Beschaffenheit der benutzten Apparate, sowie über die sonstige Art der Versuchsanstellung vorzuschicken. — Die Bewegungen, welche die verschiedenen Organe einer Pflanze nach Aufhebung der einseitigen Schwerkraftwirkung ausführen, sind in vielen Fällen so mannigfacher Natur, daß es nicht immer leicht ist, mit Sicherheit zu entscheiden, wie weit die zu beobachtenden Erscheinungen mit der Elimination der Schwerkraftwirkung zusammenhängen und wie weit sie in anderen Verhältnissen begründet liegen. Denn die meisten Pflanzen erfahren durch eine länger dauernde Rotation in ihrem normalen Befinden zweifellos eine beträchtliche Störung, so daß sie schon aus diesem Grunde auf die Einwirkung anderer Factoren nicht mehr mit der Präcision und Regelmäßigkeit antworten, wie wenn sie unter sonst gleichen Verhältnissen auch dem Einfluß der Schwerkraft unterworfen sind. Jedenfalls ist nach unseren Erfahrungen zur Erzielung brauchbarer Resultate mit großer Sorgfalt darauf zu achten, daß sich die Pflanzen, abgesehen von der veränderten Schwerkraftwirkung, auf dem Klinostaten unter genau denselben Bedingungen befinden wie vor der Rotation. Daher empfiehlt es sich z. B. nicht, mit Gewächshaus- oder Freilandpflanzen in Institutsräumen zu operiren, weil hier trotz Anwendung aller Vorsichtsmaßregeln schon die Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse nicht genau dieselben sind, wie an den früheren Standorten der Pflanzen.

Um die angedeuteten und etwaige andere Fehlerquellen auf ein möglichst geringes Maß zu reduciren, entschlossen wir uns, die Klinostatenversuche direct am Standorte der Versuchsobjecte, im Universitätsgarten, auszuführen. Zu diesem Zwecke wurde eine an einer Seite offene Bretter-

einseitigen Schwerkraftwirkung in Folge von Epinastie eintretende weitgehende Änderung in der Stellung der Blätter nicht genügend berücksichtigt hat, von anderen Factoren ganz abgesehen. Daß die *Phaseolus*-Blätter wenigstens in den ersten Tagen der Rotation ihre Empfindlichkeit einem Beleuchtungswechsel gegenüber nicht verlieren, davon kann man sich durch einen, von Fischer allerdings nicht ausgeführten, sehr einfachen Versuch überzeugen, indem man am Tage über die Versuchsobjecte vorübergehend den Dunkelrecipienten stülpt.