## Über die normale Stellung zygomorpher Blüthen und ihre Orientirungsbewegungen zur Erreichung derselben.

Von

## Dr. Fritz Noll,

Assistent am Botan. Institut zu Heidelberg.

I. Theil. Mit 48 Figuren in Holzschnitt.

Über die Gesetzmäßigkeit, welche in der räumlichen Lage der Befruchtungs- und Fortpflanzungsorgane vieler höherer Pflanzen zu erkennen ist, über die Abhängigkeit ihrer Stellung insbesondere von der Richtung der Schwere und des Lichtes, liegen bereits zahlreiche Angaben in der Fachliteratur vor. 1)

1) Nach den vorbereitenden Arbeiten von

Bonner, Recherches sur l'usage des feuilles dans les plantes. Gottingue et Leide. 1754. Il. mémoire: De la Direction et du retournement des feuilles. l. c. pag. 77.

Dutrocher, Mémoires pour servir à l'histoire anatom, et physiolog, des végétaux et des animaux. Paris 1837. Tome II.

über die Stellung der Laubblätter und vegetativen Sprosse waren es vor allem die folgenden Arbeiten, welche zum heutigen Stand unsrer Kenntniß dieser Verhältnisse geführt haben:

Frank, A. B., Beiträge zur Pflanzenphysiologie. Leipzig 4868.

DE VRIES, H., Über einige Ursachen der Richtung bilateral-symmetrischer Pflanzentheile. In Sacus' Arbeiten des Bot. Inst. in Würzburg. Leipzig 4874. Bd. 1. pag. 223.

Vocating, II., Die Bewegungen der Blüthen und Früchte. Bonn 1882. —

Bemerkungen mehr gelegentlicher Natur über diese Dinge finden sich noch in folgenden theils sehon früheren Werken:

Hanstein, J. von, Das Protoplasma als Träger der pflanzlichen und thierischen Lebensverrichtungen. Sammlung von Vorträgen herausgeg, von Frommel u. Pfaff. Heidelberg 1880. pag. 273 (pag. 449 des III. Vortrags).

Hanstein, J. von, Botanische Abhandlungen aus dem Gebiete der Morphologie und Physiologie. IV. Bd. 3. Heft: Beiträge zur allgemeinen Morphologie der Pflanzen. pag. 450.

Darwin, Charles und Francis, Das Bewegungsvermögen der Pflanzen. Übersetzt von V. Carus. Stuttgart 1881.

Wiesner, J., Die heliotropischen Erscheinungen im Pflanzenreich. 11. Theil. In den Benkschriften d. Kaiserl. Akad. d. Wissenseh. Math.-naturw. Klasse. 43. Bd. Wien 1882. Wie das Studium der eitirten Abhandlungen lehrt, beziehen sich diese Angaben aber fast ausschließlich auf Blüthen mit regelmäßigem aktinomorphen Baue. Es ist deshalb nicht nöthig, näher auf diese Literatur einzugehen, nur das sei hier hervorgehoben, daß die Bemühungen der genannten Autoren zu folgenden allgemeinen Resultaten geführt haben: Knospen, Blüthen und Früchte einer großen Anzahl von Pflanzen nehmen eine ganz bestimmte sogenannte fixe Lage gegen die Richtung wirkender Massenanziehung und wirksamer Liehtstrahlen an. Neben dem Geotropismus und Heliotropismus veranlassen besondere Lagen der Fortpflanzungsorgane das eigene Gewicht, die Belastung getragener Theile und innere Wachsthumsvorgänge, die sich als Nutationen, Epi- und Hyponastie geltend machen.

Zygomorphe Blüthen finden in der genannten Literatur nur gelegentlich eine kurze Erwähnung. Diese beschränkt sich dabei allermeist auf ganz allgemeine Eigenschaften wie Heliotropismus und Nutationen, ohne daß irgend welches Gewieht auf den dorsiventralen Bau und die dadurch bedingte eigenartige Orientirung dieser Gebilde gelegt wird. Nur Hofmeister und Petrzer haben diesen wesentlichen Punkt bereits berührt, indem sie die Torsionen umgekehrter symmetrischer Blüthen berücksichtigten. 1)

Auf den dorsiventralen Charakter <sup>2</sup>) der hier gewählten Blüthenobjekte habe ich bei der vorliegenden Behandlung der Sache den Hauptwerth gelegt, so daß ich dieselbe als einen kleinen Beitrag zur Kenntniß der Orientirungsbewegungen dorsiventraler Gebilde überhaupt betrachte. Von diesem Gesichtspunkte aus wird es sich rechtfertigen, wenn am Schlusse der Arbeit die Bewegungen der zygomorphen Blüthengebilde mit denen einiger Laubblätter vergleichend betrachtet und die gemeinsamen Züge im Charakter derselben näher beleuchtet werden.

Wenn wir nach diesen einleitenden Bemerkungen über den Stand unserer Kenntnisse in dieser Beziehung zur Sache selbst übergehen, so wird es gut sein, zunüchst einige Versuche mit radiär gebauten Blüthen zu betrachten. Diesen einfacheren Fällen, welche noch einmal an realen Dingen das vor Augen führen werden, worum es sich überhaupt hier handelt, wird sich dann ganz von selbst die Besonderheit symmetrischer Blüthengebilde gegenüber stellen.

Hofmeister, W., Allgemeine Morphologie der Gewächse. Leipzig 1868. pag. 626.

Desgl. in seinem Werke: Grundzüge einer vergleichenden Morphologie der Orchideen, Heidelberg 4882, pag. 54, 55, 432,

<sup>4)</sup> Die betreffenden Literaturangaben, auf welche wir später eingehender zurückkommen, finden sich in

Pritzer, E., Beobachtungen über Bau und Entwickelung der Orchideen. 4. Über die Umdrehung der Orchideenblüthen. In den Verhandlungen des naturhistorisch-medicinischen Vereins zu Heidelberg. Neue Folge. Zweiter Band. Erstes Heft 1877. pag. 19.

<sup>2)</sup> Vergl. Sacus, Über orthotrope und plagiotrope Pflanzentheile. Arb. Bot. Inst. Würzburg. Bd. II. 4882. pag. 226.

nen sich
em aktiLiteratur
der gehaben:
nehmen
irkender
eotropisanzungsd innere

egentlich auf ganz ohne daß lurch belofmeister ndem sie en. <sup>1</sup>)

e geltend

verth geer Orien-Von diedusse der en einiger n Charak-

len Stand gehen, so liithen zu an realen hier hanscher Blü-

ler zuruck-

pag. 626. 4. Über die sch-medici-7. pag. 49. der Orchi-

b. Bot. Inst.

Als ein besonders instruktives Objekt nehmen wir zunächst einmal einen kräftigen Blüthenstand von Epilobium angustifolium L. zur Hand. Wir bemerken hier an dem Gipfel die jüngsten Knospen in einem Büschel aufwärts gerichtet; darunter stehen dann ältere Knospen, welche eine annähernd horizontale Richtung angenommen haben, und diesen folgen dann weiterhin solche, die schlaff herabzuhängen scheinen. Noch ältere Knospen werden dann durch eine Aufwärtsbewegung des kurzen Stieles wieder gehoben. Der dabei noch immer knieförmig nach unten angesetzte Fruehtknoten hebt sich darauf in gleicher Weise, so daß schließlich die offenen Blüthen

gleich den jüngsten Knospen aufwärts gerichtet sind. (s. Fig. 1.)

Bengt man einen solchen Blüthenstand an der Pflanze vorsichtig um und erhält denselben durch geeignete Vorriehtung in dieser verkehrten Lage, so bemerkt man zunächst, daß alle Theile eine geraume Weile in der ursprünglichen relativen Lage zum Stengeltheile, dem sie inserirt sind, verharren: Ein Zeichen, daß die Gewebe steif genug sind, die Lasten in der gegebenen Lage zu erhalten. Nach wenigen Tagen findet man jedoch die Knospen wieder abwärts, die Blüthen schräg aufwärts gerichtet, sie sind in ihre frithere Lage zum Horizonte zurückgekehrt, indem sie die zu ihrer Insertionsaxe verließen. (Fig. 2.)

Diesem Verhalten von Knospen und Blüthen, eine ganz bestimmte Lage zu ihrer Umgebung anzunehmen, begegnen wir bei

Fig. t. Fig. 2.

bei einer großen Anzahl von Pflanzen aus den verschiedensten Familien. — Wie die Einzelblüthen in dem oben betrachteten Falle, so verhalten sich andrerseits auch die diehtgedrängten Blüthenköpfe von Compositen, Campanulaceen Phyteuma. Jasione), Aggregaten (Seabiosa' u. a., welche ja auch der Laie als Einzelblüthen aufzufassen geneigt ist.

Eine ganz ähnliche höhere Einheit stellen die Blüthenstände der Umbelliferen, die Dolden, dar; nur mit dem Unterschiede, daß hier die Blüthen alle lang gestielt sind und überhaupt ein umfangreicher Stielapparat zur Ausführung von Bewegungen vorhanden ist. Es wird sich deshalb Johnen, diese Blüthenstände etwas näher zu betrachten. Ein kräftiger Blüthenschaft von Heraeleum persicum trägt an seinem Ende eine zusammengesetzte Dolde, d. h. eine Dolde, die sich aus einzelnen Döldehen zusammensetzt. Dicht unter dieser großen endständigen Dolde des Hauptschaftes entspringen dann meist Seitenverzweigungen, welche ebenfalls zusammengesetzte Dolden tragen, die sieh gewöhnlieh in etwa gleieher Höhe mit der des Hauptschaftes entfalten. Diese Seitenzweige seien als Doldenträger bezeichnet. Hauptschaft, Doldenträger, Doldenstiele und Blüthenstiele geben den Bewegungsapparat für die Blüthencongregation ab. Denn alle diese

Fig. 5.

Organe sind, wie ich mich überzeugt habe, geotropisch, wie heliotropisch bewegbar und es ist von Interesse, wie sieh die Arbeit, die Blüthen in günstige Lage und Beleuehtung zu bringen, auf die verschiedenen Bewegungselemente vertheilt.

H

g

Legt man einen in voller Entwicklung stehenden Blüthensehaft des oben genannten Heracleum horizontal um, so gewahrt man, daß derselbe in kürzester Zeit in der Region des stärksten Wachsthums, meist noch unterhalb der obersten Doldenträger, eine starke Biegung aufwärts erfährt,

bis der obere Theil, und mit ihm die Dolden, wieder gerade aufgeriehtet ist (Fig. 3). Durch geeignete Fixirung des Hauptschaftes ist diese Aufrichtung jedoch leicht zu verhindern, der Hauptbewegungsapparat außer Funktion zu setzen und nun sieht man, wie die Doldenträger unabhängig von einander sieh aufrichten wie auch das frei gebliebene Stück des Hauptschaftes (Fig. 4).

Wird der einzelne Doldenträger oder auch der Hauptschaft dicht am Ansatzpunkte der Doldenstiele in horizontaler oder sehräger Stellung festgehalten, dann übernehmen die einzelnen Doldenstiele die Orientirung der enschaft gesetzte nensetzt. es entnmengeder des ger bee geben

le diese

30

the, geond es ist
itthen in
gen, auf
ertheilt.
ung steen lleralaß derstärksten
obersten
s erfährt,

ichtet ist

richtung

Funktion

n einan-

tschaftes

licht am ng festung der einzelnen Döldchen. Der einheitliche Charakter der zusammengestzten Dolde geht auf diese Weise verloren, indem sich die einzelnen Döldchen in ganz verschiedener Höhe einstellen. (s. Fig. 5.)

Geht man noch weiter und fixirt auch die Doldenstiele bei inverser Lage der Blüthen, so beginnen die einzelnen Blüthenstielchen geotropisch sich aufzurichten und die einzelnen Blüthchen unabhängig von einander in die normale Lage zurückzuführen (Fig. 8). Der Gesammteindruck des einzelnen Döldehens wird dadurch seinerseits zerstört. Da aber durch die Häufung der Blüthen zu einem einheitlichen Gebilde bei den Umbelliferen für eine größere Augenfälligkeit derselben Sorge getragen ist, so leuchtet bei den Hinweisen auf die Erfolge all dieser Bewegungen die vortheilhafte Art und Weise, wie diese geschehen, sofort ein.

Für die einzelnen Blüthen wird in der mannigfaltigsten Weise gesorgt und die Orientirungsbewegung geht dabei so vor sich, daß die höheren Einheiten, zu denen sich die Blüthen gruppiren, möglichst erhalten bleiben. Wenn ein ganzer Blüthenschaft niedergebogen wird, so sind an diesem Gebilde neben dem Hauptsproß alle Nebensprosse bis hinauf zu den Blüthenstielen durchweg geotropisch reizbar und es würde sich jede einzelne Blüthe, jede Einzeldolde, wie die Gesammtdolde selbständig aufrichten, wenn nicht der Hauptschaft die ganze Arbeit auf sich allein nähme und dadurch den einheitlichen Charakter des Blüthenstandes erhalten würde. Es tritt da zunächst die Frage heran, ob bei freier Beweglichkeit aller Theile die Seitenorgane höherer Ordnung überhaupt nieht gegen die veränderte Lage selbständig reagiren oder ob ihre Reaktionsfähigkeit durch die Muttersprosse überboten und in den Hintergrund gerückt wird. Versuehe, welche über die Schnelligkeit und Empfänglichkeit der einzelnen Theile geotropischer Einwirkung gegenüber Aufschluß geben sollten, wurden ausgeführt an Heracleum persicum Desf., Laserpitium hispidum Bbrst. und Coriandrum sativum L. Es stellte sich dabei heraus, daß das ganze Verhalten wesentlich auf einem verschieden raschen Waehsthum und dabei einer verschieden raschen Krümmungsfähigkeit der einzelnen Bewegungsorgane beruht. So lange die Pflanze im Blühen begriffen ist und die Stengel und Stiele überhaupt noch kräftiges Wachsthum zeigen, weist der Hauptschaft das bei Weitem stärkste auf, ihm am nächsten stehen in dieser Beziehung die Doldenträger, dann die Doldenstiele und Blüthenstiele in absteigender Reihenfolge. Der geotropisch aktivere, geneigte Hauptschaft vollführt die Bewegung aufwärts also, bevor die Doldenträger, Doldenstiele und Blüthenstiele noch die Zeit haben, irgend eine bemerkenswerthe Krümmung auszuführen. Eine geringe Bewegung führen sie immerhin aus und ich habe verschiedene Beweise dafür, daß die geotropische Reizbarkeit der Sproßtheile höherer Ordnung während der Ausführung der geotropischen Bewegung durch Sproßtheile niederer Ordnung nicht oder doch nur wenig abnimmt. Nicht alle Doldenträger oder Doldenstiele sind nämlich gleich stark krummungsfähig, es finden sich immer welche, denen diese Eigenschaft weniger inne wohnt, als anderen, und an diesen hat man leicht Gelegenheit, die Bewegung der Dolden- resp. Blüthenstiele gleichzeitig mit ersteren zu beobachten.

In einigen Fällen schien es jedoch, als sei die Reaktionsfähigkeit der Doldenstiele während der Bewegung des Schaftes bedeutend geringer, als sie bei fixirtem Schaft zu sein pflegt. 1)

Was bisher von dem Geotropismus des Stielapparates der Umbelliferen gesagt ist, das gilt ebeuso für den Heliotropismus.

Alle untersuchten Blüthenstände erwiesen sich, an einem Südfenster einseitiger Beleuchtung ausgesetzt, positiv heliotropisch, welche Eigenschaft am augenfälligsten bei Coriandrum sativum auftrat. Alle Bewegungsorgane wurden dabei genau in dem Maße und in der Reihenfolge vom Liehte beeinflußt, wie wir es gelegentlich der Gravitationswirkung kennen lernten. —

Um nun auf den Gegensatz zwisehen aktinomorphen und zygomorphen Blüthen näher einzugehen, verwenden wir zunächst noch einmal Blüthen der erstgenannten Kategorie, z. B. wieder eine Blüthe des Epilobium. Zwei der vier Kelchblätter fallen bei dieser in die Mediane, zwei seitlich und mit diesen abwechselnd stehen die vier Kronblätter. Das hintere mediane Kelchblatt ist bei der plagiotropen Stellung der Blüthe das obere. das vordere das untere. Bezeichnen wir uns etwa durch einen Tusehestrich das obere Kelchblatt und fixiren dann den Blüthenstand in umgekehrter Lige, so kehrt die Blüthenaxe durch eine geringe Aufwärtskrümmung des Stieles in ihre frühere Richtung zum Horizont zurück und verharrt in dieser Lage. Das früher obere Kelchblatt, welches durch die Umkehrung zum unteren wurde, ist dabei unten geblieben, das mediane vordere ist oberes geworden. Verwenden wir zu dem gleichen Versuche Blüthen von Campanula latifolia L., die etwa 45° vom Zenith (den wir kurz Zenithwinkel nennen wollen) abstehen, und bezeichnen wir uns hier den vorderen medianen Corollenzipfel, der sehräg nach unten geriehtet ist, so finden wir nach einer Umkehrung des Blüthenstandes und nach Rückkehr der Einzelblüthen zum Zenithwinkel von 45°, daß die früher abwärts gerichteten medianen Kronzipfel nun oben stehen. An dieser Stellung der Blüthen ündert sich weiterhin nichts mehr. Man sieht ein, daß damit auch weitere Vortheile gar nieht erreicht würden. Sobald nur einmal die für den Insektenbesuch und den Befruchtungsvorgang wichtige Lage zum Horizont wieder eingenommen ist, hat eine solche Epilobium- oder Campanula-Blüthe die gleiche Wahrscheinlichkeit, befruchtet zu werden, ob nun das hintere Kelchblatt oben oder unten, der mediane Kronzipfel unten oder oben steht: das liegt eben im Charakter des Baues einer aktinomorphen Blüthe. Ganz und gar anders verhält sich die

<sup>4</sup> Genauere Angaben darüber, welche hier zu weit führen würden, werden an anderem Orte gemacht werden.

Sache mit zygomorphen Blüthen. - In gleicher Weise aufwärts gerichtet

(mit dem Zenithwinkel von etwa 45°) wie Campanula sind die Blüthen vie-

ler Labiaten und Scrophularincen, z. B. der zierlichen Linaria striata Dec.

wegung nten. keit der iger, als

er inne

elliferen

dfenster enschaft gsorgane ehte benten. norphen Blüthen n. Zwei und mit e Kelchvordere as obere so kehrt in ilire ge. Das i wurde, en. Verifolia L., llen) abenzipfel, kehrung thwinkel un oben ts mehr. ht wür-

ts mehr.

th würBefruchhat eine
hlichkeit,
ten, der
akter des
sich die

len an an-

Bei der Abwärtsbeugung des Blüthenstandes einer dieser Pflanzen genügt gerade wie bei Campanula die Hebung der Stiele um 90°, um der Blüthenaxe den normalen Zenithwinkel zu geben, es ist aber dabei der große Unterschied zu beachten, daß bei dieser Blüthe alle Verhältnisse total geändert sind, denn die Oberlippe steht unten, die Unterlippe oben. In der That bleiben solche Blüthen in dieser abnormen Lage nicht stehen, sie führen energische Krümmungen und Torsionen, deren Natur weiter unten zu betrachten ist, aus. dahingehend, die Oberlippe wieder nach oben, die Unterlippe nach unten zu stellen. Die »Normalstellung« aktinomorpher Blüttlen, das haben wir also gesehen, gipfelt allein in einer bestimmten Richtung der Blüthenaxe zum Horizont. Der zygomorphen Blüthe ist damit allein nicht gedient, sie verlangt zu ihrer Normalstellung noch eine ganz besondere Orientirung bezüglich des Oben und Unten ihrer einzelnen Theile. - Das Zustandekommen, die Art und Weise dieser besonderen Orientirung kennen zu Iernen, ist die Aufgahe, der wir uns hier nun spezieller zu widmen haben. Es wird wohl kaum nöthig sein, vorher darauf hinzuweisen, daß die spezielle Normalstellung der zygomorphen Blüthe von Wichtigkeit für ihr Fortpflanzungsgeschäft ist. Zygomorphe Blüthen sind meistens so gebaut, daß ihre oberen und unteren Theile grundverschieden von einander sind und somit die Umkehrung der Blüthe denselben Effekt hervorruft, als sei die Pflanze mit einer ganz anderen Blüthenform ausgestattet. äußere Form, Größe, Farbe, Stellung und Bewegung der Blüthentheile ist aber wesentlich darauf berechnet, die Übertragung des Pollens von einer Blüthe auf die andere meistens durch Insekten zu ermöglichen, oft auch die Selbstbefruchtung unmöglich zu machen.«1) Für das Erste kommt dabei die Gestaltung der corollinischen Theile in Betracht, welche dem Insekte zunächst möglichst bequeme Anhaltspunkte zum Ansliegen und Festklammern darbietet, dann aber die Lage der Nektarien, deren Aufsuchen dem besuchenden Insekte ganz bestimmte Wege und Manipulationen vorschreibt, um dasselbe zur Berührung der Staubhlätter oder Narben, die ihrerseits bei zygomorphen Blitthen meist ganz einseitig gestellt sind, zu veranlassen.

So werden, wie man sich leicht im Freien überzeugen kann, Blüthen in unnatürlicher Lage theils von den hesuchenden Insekten ganz gemieden, weil sie einen fremden Anblick und ungewohnte Verhältnisse darbieten, andererseits verläßt das getäuschte Insekt die Blüthe oft, ohne eine Übertragung fremden Pollens auf die Narben bewirkt zu hahen. Von den vielen Beispielen, welche die Wichtigkeit der normalen Stellung auf das Evidenteste vor Augen führen, sei hier nur das von Antirrhinum majus L. heraus-

<sup>1.</sup> Sacus, J., Lehrbuch der Botanik. 4. Aufl. pag. 914.

se Se

di

g G

b

se di

ei

ü

d

8

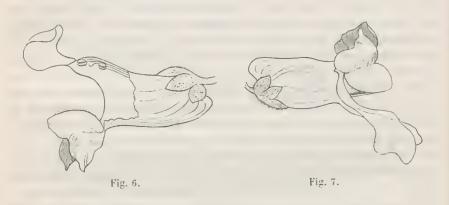
d

R

d B

S

gegriffen, da man sich an dieser großen Blüthe jederzeit selbst die Schwierigkeiten klarmachen kann, welche dem, eine umgekehrte Blüthe besuehenden Insekte entgegenstehen. Filamente und Griffel sind bei dieser Blüthe in einer besonderen Wölbung der Oberlippe untergebracht, die Staubbeutel so gebogen, daß sie sieh nach unten, dem inneren Blüthenraume zu, öffnen. Hummeln, welche diese Blüthen im Freien oft besuchen, klammern sieh dabei zunächst an die Unterlippe fest, ziehen dieselbe ohne Schwierigkeit herab, wobei das eigene Körpergewicht ihnen zu Hülfe kommt, und dringen, nachdem sie die Blüthe so geöffnet haben, tief in dieselbe ein. Beim Passiren der introrsen Antheren streift sieh der Pollen dann auf ihrem Rücken ab (Fig. 6). Befindet sieh dagegen die Blüthe in umgekehrter Lage, so wird von vorne herein dem Insekte das Anklammern durch die Gestalt der Ober-



lippe erschwert. Außerdem setzt die letztere durch Spannungsverhältnisse, die in der Corolle herrsehen, dem Herabbiegen einen bedeutenden Widerstand entgegen, ein Umstand, der bei der Unterlippe auf ein sehr geringes Maß beschränkt ist. Wird die Oberlippe aber trotzdem gewaltsam herabgebogen und der Schlund so geöffnet, dann verharren die Sexualorgane vollständig in ihrer Lage, versperren (Fig. 7) gitterartig das Innere der Blüthe und ein so operirendes Insekt würde sieh nicht einmal mit Pollen behaften können, da die Antheren intrors sieh öffnen. Eine einfaehe Überlegung zeigt weiterhin, daß es ein ebenso vergeblieher Versueh wäre, wollte das Insekt umgekehrt, d. h. von oben in die Blüthe gelangen. Daß sich ein Insekt dazu bequemt, verkehrt in eine Blüthe einzusteigen, das habe ieh, zumal wenn sonst reichliche Nahrung geboten war, überhaupt sehr selten gesehen. Nur die Hummeln nahmen sich regelmäßig die Mühe, verkehrt in die umgebogenen Blüthen von Aconitum Napellus L. einzusteigen. Gerade bei der letzten Pflanze, deren Befruehtung trotz abnormer Blüthenstellung durch Insekten vermittelt wird, macht sieh aber ein anderer Mißstand der inver-

Schwiesuchenr Blüthe abbeutel , öffnen. ern sich ierigkeit dringen, eim Pas-Rücken so wird er Obersen Lage besonders deutlich geltend, nämlich die gänzliche Preisgabe der Sexualorgane den atmosphärischen Störungen gegenüber. Wie wichtig für diese Organe ein Schutz, namentlich den Einwirkungen des Regenwassers gegenüber ist, das hat Kerner 1) in einer ganzen Reihe von Fällen dargethan. Gerade bei den zygomorphen Blttthen ist darauf augenscheinlich eine ganz besondere Sorgfalt verwandt, durch eine helmartige Überdachung der Geschlechtswerkzeuge seitens des Kelches oder der Blumenblätter, wobei nur an die Orchideen, Labiaten (Salbei) und Ranunculaceen (Aconitum, Delphinium) erinnert zu werden braucht. Wo also der Insektenvermittlung keine unüberwindlichen Schwierigkeiten entgegenstehen, da würde in vielen Fällen der Befruchtungsvorgang durch Witterungseinflüsse vollständig illusorisch

Diese wenigen Hinweise werden genügen, um die große Wichtigkeit der Normalstellung für die mit zygomorphen Blüthen ausgestatteten Pflanzen darzuthan. Auf die mannigfaltigen Einzelheiten einzugehen, wird nicht weiter nöthig sein; es ist in den meisten Fällen leicht, sich in jedem gegebenen Falle von dem Vortheilhaften der natürlichen Lage einer Blüthe Rechenschaft zu geben.

Da wir weiterhin noch zygomorphe Blüthen kennen lernen werden, deren Zygomorphismus mehr äußerlicher Natur ist, ohne in dem ganzen Bauplan der Blüthe hervorzutreten, und der für die Befruchtung derselben von keiner unmittelbaren Bedeutung ist, sondern einen ganz anderen Sinn hat, so wollen wir die vorgenannten Blüthen als wesentlich-zygomorphe von letzteren als unwesentlich-zygomorphen unterscheiden.

Die obigen Betrachtungen haben darauf hingewiesen, wie innig die Strukturverhältnisse zygomorpher Blüthen mit ihrer Befruchtung zusammenhängen; es ist weiterhin leicht einzusehen, daß die Zygomorphic einer Blüthe, welche letztere gerade durch ihre zygomorphe Ausbildung einen bestimmten Modus der Befruchtung oft auch von ganz anserlesenen Insektenarten erheischt, erst dann einen Sinn hat, wenn sich ein Oben und ein Unten überhaupt bei derselben geltend macht.

Die symmetrische Ausbildung wesentlich-zygomorpher Blüthen wird daher erst von Bedeutung, wenn die Stellung ihrer Axc eine plagiotrope ist, und dabei der dorsiventralen Anlage des Gebildes entspricht. In der That sehen wir auch fast alle wesentlich-zygomorphen Blüthen eine mehr minder schiefe Stellung zum Horizont einnehmen, daher nie normal in orthotroper Stellung, und wo bei Pflanzen mit derartigen Blüthen eine orthotrope Gipfelbluthe wirklich zur Ausbildung gelangt, wie bei Linaria vulgaris Mill. n. a. m., da wird diese zur Pelorie, zu einer Blüthe von radiärem Typus. Unsere Untersuchungen über die Stellung symmetrischer Blüthen werden sich also

nältnisse, n Widergeringes n herabane voller Blüthe behaften erlegung ollte das h ein Inch, zumal

gesehen.

die ume bei der ng durch

er inver-

<sup>4)</sup> Die Sehutzmittel des Pollens gegen die Nachtheile vorzeitiger Dislokation etc. Innsbruck 1873.

ganz besonders, wie das schon eingangs erwähnt wurde, mit plagiotropen Organen zu beschäftigen haben. — Cl

ge

au

ax

in

ga

Li

de

is

la ka

A

de Fi

fe

ri M

h

11

Den wesentlich-zygomorphen Blüthen wurden oben ganz vorübergehend andere entgegengestellt, deren einseitige Ausbildung mehr oberflächlicher Natur, zur direkten Befruchtung unwesentlich, lediglich eine andere Bedeutung habe. Derartige Blüthen stellten wir den wesentlich-zygomorphen als nunwesentlich - zygomorph gegenüber und wollen ihre Betrachtung hier vorweg nehmen, bevor wir uns den ersteren zuwenden. Im strengen Sinne mußten wir hier herzunehmen alle iene Blüthengebilde, hei welchen der sonst consequent durchgeführte aktinomorphe Bauplan durch einseitige Ausbildung dieses oder jenes Blüthenorganes gestört wird, wie z. B. bei einer durchweg pentameren Blüthe dies durch Dimerie des Gynäceums geschieht. Der aktinomorphe Charakter einer solchen Blüthe wird in der That davon kaum alterirt und wir wollen deshalb alle die Fälle von vornherein ausschließen, wo durch Ablast, Abortus, Dédoublement oder einseitige kräftigere Ausbildung von gynäcischen oder andröcischen Bestandtheilen 1) die sonst aktinomorphe Blüthe streng genommen zur zygomorphen wird, und nur die Fälle im Auge behalten, wo die Symmetrie durch die Corolle einen besonderen Ausdruck erhält. Dies trifft bei den älteren, am Rande die Inflorescenz umgebenden Blüthen mancher Crucifercn<sup>2</sup>), Compositen, vieler Umbelliferen und Caprifoliaeeen zu.

Die Unfruchtbarkeit der Randblüthen mancher Compositen und des wilden Viburnum Opulus zeigen ganz unzweideutig, was auch aus dem ganzen Blüthenbau hervorgeht, daß nämlich die Zygomorphie hier mit der Befruchtung der einzelnen Blüthe in keinem unmittelbaren Zusammenhang steht. Die einseitig vollkommenere Ausbildung der Corolle dient hier lediglich der Auffälligkeit des ganzen Blüthenstandes, und es finden bei vielen Umbelliferen kaum merkliche Übergänge statt zwischen den Blüthen mit streng regelmäßiger Corolle in der Mitte und den mit symmetrischen Kronen versehenen am Saume des Blüthenstandes.

Das Verhalten derartiger Blüthen gegen die Richtkräfte ist ein verschiedenes, es richtet sich meist ganz nach dem der aktinomorphen Schwesterblüthichen. Mehr oder minder plagiotrop sind die in ihrer ganzen Anlage radiär gebauten, nur durch unwesentliche Wachsthumsvorgunge bilateral gewordenen Randblüthen der Umbelliferen und Cruciferen, während sich die der Compositen und Dipsaceen gleich den kaum gestielten Scheibenblüthen gegen Licht- und Schwerkrafteinflüsse ziemlich indifferent verhalten.

Die Randblüthen der Umhelliferen haben je nach dem Charakter der Dolde, welcher sie angehören — ob flach ausgebreitet oder mehr halbkugelig — eine größere oder geringere Neigung zum Ilorizont, wobei es im

<sup>1</sup> Das erstere ist der Fall bei Gentiaueen und vielen anderen Dicotylen-Familien, das letztere z. B. bei den Cucurbitaceen, beides zusammen bei den Caryophyllaceen.

<sup>2)</sup> Besonders Arten der Gattung Iberis.

igiotro-

ergehend äehlicher e Bedeurphen als ung hier gen Sinne lehen der itige Ausbei einer geschieht. nat davon rein auskräftigere die sonst d nur die einen bee die Inen, vieler

und des aus dem er mit der nmenhaug lient hier linden bei n Blüthen netrischen

ein verchwesteren Anlage bilateral rend sich Scheibenverhalten. rakter der iehr halbobei es im

n-Familien, vllaceen.

Charakter der Dolde liegt, daß die Blüthenstiele der außeren Blüthen mehr geneigt sind, als die in der Mitte des Blüthenstandes, die zum Theil gerade aufwärts gerichtet sind. Der Winkel, welchen die Stiele gegen die Doldenaxe einnehmen, bei senkrechter Axe also der geotropische Grenzwinkel, ist in demselben Maße kleiner oder größer, für die einzelnen Blüthen aber ein ganz bestimmter.

Befestigt man eine Dolde einzelner Blüthchen einige Zeit in verkehrter Lage, so sieht man, wie alle Stielehen geotropische Krümmungen ausführen, denen die Erreichung dieses Grenzwinkels ein Endziel setzt. Am energischten ist die Aufwärtskrümmung der Randblüthen; diesen stehen dazu die längsten Stiele zur Verfügung und ihre der horizontalen am nächsten kommende Lage ist für die geotropische Reizwirkung die vortheilhafteste. Am ungünstigsten stellen sich diese Bedingungen für die mittleren Blüthehen der Scheibe, die dann auch nur langsam sieh bewegen, in den beobachteten Fällen aber während der Blüthezeit nie ihre normale Lage wieder erreichten.

Auch zu diesen Versuchen wurden die drei schon erwähnten Umbelliferen: Heraeleum persieum, Laserpitium hispidum und Coriandrum sativum verwandt. Bei allen dreien ging die geotropische Aufriehtung der Randblüthen ziemlich rasch vor sieh. Das Maximum der Bewegung fand sieh bei den Randblüthen von Coriandrum sativum, deren Stiele während anderthalb Tagen — vom 1. Juli 6 Uhr abends bis zum 3. Juli morgens — einen Kreisbogen von 53° durchmaßen. Die Bewegung der Stiele dauerte in den untersuehten Fällen



Fig. 8.

höchstens bis zur Erreichung des geotropischen Grenzwinkels, sie ging niemals so weit, dass die unteren langen Corollenzipfel dadurch wieder nach abwärts geriehtet wurden. Es unterscheidet sich hierin die Bewegung dieser unwesentlich-zygomorphen Blüthen durchaus von dem Verhalten Wesentlich - zygomorpher, sie stimmt mit der Bewegung ganz radiärer Blüthen überein Fig. 8).

Bei den Randblüthen der doldenähnlichen Blüthenstände mancher Cruciferen finden wir ein ähnliches Verhalten, wie bei denen der Umbelliferen. Es wurde diese Erfahrung an den beiden Iberisarten, Iberis ciliata All. und I. amara L., gemacht. Die Blüthehen der erstgenannten Art sind in Doldentrauben vereinigt, welche von Blüthen mit auffallend symmetrischer Ausbildung der Corolle umsäumt werden. Die beiden längeren Kronblätter sind auch hier wie die längeren Kronzipfel der Doldenblüthler nach außen Seriehtet und verleihen dem Blüthenstande ein stattliches Aussehen. Ähnlich verhält es sich mit den Blüthen der Iberis amara, nur ist hier der Charakter der Traube nicht in dem Maße doldenartig wie bei der erst-Senannten Art.

Die Blüthenstiele dieser Iberisarten erwiesen sich sehr beweglich und Seotropisch. Wurde die Axe der Infloreseenz in umgekehrter Lage fest-

m

m

b

 $\mathbb{C}$ 

d

V

SI

d

Si

0

R

a

11

E

n

ri

0

W

i.i

u

gehalten, so trat die Aufrichtung der Blüthenstiele besonders rasch an den langgestielten symmetrischen Randblüthen ein. Blüthenstiele von Iberis ciliata, welche am 23. Juli vormittags 41 Uhr in die inverse Stellung eingeführt wurden, hatten sehon nachmittags um 4 Uhr eine Bogenbewegung um 45° gemacht, welche sie wieder in ihre frühere Lage zum Horizont brachte. Ihre Stellung verblieb dann so, trotzdem jetzt die beiden an normaler Spindel abwärts und auswärts gerichteten langen Petala auf- und einwärts gestellt waren. Das Verhalten dieser Cruciferenblüthen entspricht also ebenso ihrem sonst durchaus aktinomorphen Bau, es sind trotz einseitigerstärkerer Ausbildung keine physiologisch dorsiventralen Gebilde und wir bezeichnen auch ihren Zygomorphismus deshalb als unwesentlich.

Es sei bier noch gelegentlich auf das Verhalten der Kronblätter von Umbelliferen- und Iberisblüthen gegen Lageveränderungen hingewiesen. Dieselben breiten sich beim Coriander und bei manchen flachen Blüthenständen der Iberis in horizontaler Ebene aus. Diese Lage ist keine durch die Richtung ihres Blüthenstieles und ihres Ansatzwinkels an denselben zufällig gegebene, sondern eine selbständig eingenommene; diese Corollentheile sind, wie man sagt, transversalgeotropisch. Wurden die oben angeführten Versuche mit solchen horizontal ausgebreiteten Blüthen gemacht, so führten die Blumenblätter sehon starke Krümmungen aus, noch ehe der Stiel seinen geotropischen Grenzwinkel erreicht hatte, und auch später noch wurden dieselben so lange fortgeführt, bis wenigstens der Endtheil derselben wieder in die Horizontale eingestellt war, die Blumenblattobersläche nach oben. Es ist dabei zu beachten, daß die Corolle bei diesen Vorgängen schon zu Beginn des Versuches eine horizontale Stellung einnimmt, dass sie dieselbe aber selbst, wenn man die Bewegung ihres Blüthenstiels vollständig verhindert, rasch verläßt und erst dann wieder in derselben zur Ruhe kommt, wenn durch eine Krümmung um 180° die Oberstäche obenhin gebracht ist. Während also in der zygomorphen Blüthe kein dorsiventrales Organ vorliegt, sind solche in deren zarten Blumenblättchen gegeben.

Von diesen unwesentlich-zygomorphen Blüthen, welche durch selbständige Bewegungen eine gewisse Orientirung annehmen, gehen wir nun zur Betrachtung solcher über, welche mit dieser Eigenschaft nicht oder nur in äußerst geringem Grade begabt sind. Es sind dies die zygomorphen Blüthen von Compositen, welche bei deren Unterabtheilungen den Ligulaten (Cichoriaceen) und Labiatifloren die durchgängige Blüthenform bilden, während sie bei den Corymbiferen auf den Rand des Blüthenköpfehens beschränkt sind. Weiterhin gehören hierher die zygomorphen Randblüthen maneher Dipsaceen, z. B. der Scabiosen. Bei den Compositen beschränkt sich der Zygomorphismus wieder ausschließlich auf die Form der Corolle, während der sonstige Blüthenbau ein typisch radiärer ist; bei den hierher gehörigen Dipsaceen kommt noch die öftere Unterdrückung des hinteren

h an den on lberis lung einewegung Horizont eiden an auf- und entspricht trotz einbilde und lich. ätter von

gewiesen. Blüthenine durch denselben Corollenoben angemacht. h elie der äter noch theil deroberfläche Vorgängen t, dass sie tiels vollselben zur che obenein dorsi-

irch selbn wir nun t oder nur comorphen Ligulaten m bilden. fehens bendblüthen resehränkt er Corolle. en hierher s hinteren

tchen ge-

medianen Staubfadens hinzu, ohne aber der Blüthe einen wesentlich zygomorphen Charakter aufzuprägen, indem die orthotropen mittleren Scheibenblüthen daran auch participiren. - Ohne Anführung des Beispiels mancher Centaureen, wo an Stelle zygomorpher, große sterile Röhrenblüthen den Rand der Inflorescenz umgeben, und ohne noch einmal an die Unfruchtbarkeit vieler zygomorpher Standblüthen erinnert zu werden, wird man leicht einsehen, daß auch hier die einseitige Hypertrophie eines Blüthenkreises nur dazu dient, dem Ganzen ein bedeutenderes Äußere zu verleihen. Wie es sich mit der Aufgabe dieser Randblüthen am besten verträgt, zeigen dieselben denn auch keine Spur von einer Dorsiventralität, sie sind gegen das Oben und Unten ihrer Krontheile ebenso unempfindlich, wie die rein radiären Röhrenblüthehen, und zeigen gleich diesen letzteren überhaupt ein sehr neutrales Verhalten gegenüber den Richtkräften. Man kann sich davon, auch ohne zu experimentiren, leicht überzeugen, wenn man die gegen den Horizont mehr oder minder geneigten Blüthenköpschen vieler Compositen und der Scabiosen beobachtet. An einem solchen in nahezu vertikaler Ebene ausgebreiteten Köpfehen stehen die zygomorphen Blüthehen annähernd horizontal, so daß die Lage der immer nach außen gewendeten längeren Kronzipfel in allen Abstufungen von der senkrecht aufwärts gerichteten bis zur senkrecht abwärts gerichteten Stellung variirt.

Wir wollen hier die unwesentlich-zygomorphen Blüthen, welche in Obigem durch den Mangel an Dorsiventralität wohl genügend charakterisirt wurden, um sofort in jedem einzelnen Falle erkannt zu werden, verlassen und uns denjenigen Blüthenformen zuwenden, welche als wesentlich-zygomorphe bezeichnet wurden. Durch ausgesprochenen dorsiventralen Bau und meist in die ganze Organisation eingreifende Symmetrieverhältnisse Unterscheiden sich dieselben durchaus scharf von den oben besprochenen Organen, welche ihre wahre Natur unter einer zygomorphen Maske verstecken.

Echt zygomorphe Blüthen sind im Reiche der Phanerogamen sehr verbreitet und fast alle größeren Familien liefern ihre Vertreter dazu. Daher Wird es gut sein, in die große Menge etwas Ordnung zu bringen. Da wir bei unserer Aufgabe hauptsächlich physiologische und morphologische Verhältnisse im Auge haben, so ergiebt sich die Art unserer Anordnung ganz Von selbst nach morphologischen und physiologischen Merkinalen.

Die große Mehrzahl der zygomorphen Blüthen ist von Natur aus derart begunstigt, daß die Blüthe an aufrechter Spindel gleich so angelegt wird, Wie es ihre normale Stellung verlangt, also die Oberlippe akroskop, die Unterlippe basiskop. Wenn sich solche Blüthen öffnen, so befinden sich dieselben ohne ihr eigenes Zuthun gleich in der für ihren Befruchtungsvor-Sang vortheilhaften Lage. Die große Ordnung der Labiatisloren allein schon bietet dafür der Beispiele genug.

Nehmen wir nun an, die, solche medianzygomorphen Blüthen tragende

V

di

Ζ.

m

d:

S(

S(

li

r

n

I

S

ŀ

Mutteraxe sei nicht uegativ geotropisch, sondern nehme irgend eine andere als die aufrechte Stellung ein, so ist damit ein weiterer Typus gegeben, der seltener vorkommend uns u. A. bei den Linarien vom Habitus der Cymbalaria und bei deu Tropäoleen entgegentritt. Den Blüthen dieser Pflanzen ist uicht schon von vornherein die normale Stellung sozusagen angeboreu. Je nach Lage der Mutteraxe, welche horizontal oder schräg kriechend, aufrecht kletternd oder hängend ist, ist auch die Stellung der Blüthen a priori eine wechselnde zum Horizout. Es fällt daher einer jeden Blüthe die Aufgabe zu, durch selbständige, den Verhältnissen entsprechende Bewegungen ihre Normalstellung einzunehmen.

Eine ähnliche, uur weniger mannigfaltige Thätigkeit fällt dann allen den zygomorphen Blüthen an aufrechten Mutteraxen zu, deren Symmetrieebene nicht ursprünglich median angelegt wird, deren Normallage aber in der Medianstellung dieser Ebene beruht. Es wird sich zeigen, daß in diese Kategorie die schräg-zygomorphen Blüthen vieler Solanaceen und die transversal-zygomorphen der Fumariaceen gehören. Bei den ersteren steht die Symmetricebene in einem Winkel von 36° zu der Medianen, bei letzteren in einem solchen von 90°. Um die Symmetrieebene in die Mediane einzustellen, bedarf es also dort einer Drehung der Blüthe um 36°, hier um 90°.

Der extremste Fall wäre dann der, daß die Blüthe sich zunächst gerade verkehrt zu ihrer normalen Lage befindet. Es kommt dies einerseits bei deu uachträglich hängenden Blüthentrauben mancher Papilionaceen, so bei Robinia Pseud-Acacia L. uud hispida L., Cytisus Laburnum L., Wistaria chinensis Dec. u. a. vor und ist hier dadurch veranlaßt, daß die normalen Verhältnisse durch das spätere Herabhängen des Blüthenstandes verkehrt werden.

In jeder Beziehung am merkwürdigsten ist jedoch der bei Orchideen und Lobeliaceen durchgehende Entwickelungsplan, daß nämlich die Blüthen an der aufrechten Spindel von vornherein verkehrt angelegt werden, so daß das Labellum der Orchideen und die Unterlippe der Lobelien, welche zur Blüthezeit abwärts gerichtet sind, ursprünglich dem Gipfel zugewandt sich ausbilden. Es wird hierbei auch der großblüthigen amerikanischen Papilionacee, der Erythrina Corallodendron L. wie der Gattungen Clitoria, Arachis und des Trifolium resupinatum gedacht werden müssen, deren Blüthen sich zwar in richtiger Lage (Vexillum oben) entwickeln, später aber so gedreht werden, daß die Carina obenhin zu stehen kommt.

Bei der großen Zahl von Repräsentanten des ersten Typus — mediansymmetrische Blüthen in uormaler Lage an aufrechten Spindeln cutwickelt — wird es sich empfehlen, zu unseren Zwecken nur eine kleine Auswahl zu Beobachtungen und Experimenten herauszugreifen. Auch wird es gut seiu, von vornherein eine bestimmte Terminologie für den Bereich dieser Zeilen aufzustellen. Da wir es mit dorsiventralen Gebilden zu thun haben, so rechtfertigen sich die Bezeichnungen Dorsalseite (Fig. 6, d u. v) und

ne andere geben, der er Gymbar Pflanzen ngeboren, iend, aufen a priori e die Aufwegungen

dann allen ymmetriege aber in B in diese die transa steht die etzteren in einzustelm 90°.

hst gerade terseits bei een, so bei ., Wistaria normalen s verkehrt

Orchideen
die Blüthen
verden, so
en, welche
zugewandt
rikanischen
en Clitoria.
sen, deren
später abet

— medianndeln cnteine kleine
Auch wird
len Bereich
en zu thun
, d u. v) und

Ventralseite ganz von selbst und es muß nur noch festgestellt werden, wie wir diese Ausdrücke an Blüthen vergeben sollen, welche, wie die der Orchideen, z. B. verkehrt angelegt werden. Hier dient uns zweckmäßig nicht das morphologische, sondern das physiologische Verhalten als Richtschnur, so daß wir bei der noch nicht gedrehten jungen Orchideenknospe die Dorsalseite unten, die Ventralseite oben haben. Entsprechend dieser Anschauung ist bei den Solanaeeen die Dorsalseite der zygomorphen Blüthe links oder rechts oben, bei den Fumariaeeen ganz auf der linken oder rechten Seite. 1)

"Schwieriger ist die Vergebung der Begriffe rechts und links. Eichen nehnt rechts 2<sub>j</sub>, »was sich, die Blüthe von vorn betrachtet, auf der rechten Seite der Mediane befindet, links, was auf der linken Seite liegt.« Da bei unseren Versuchen Drehungen von Blüthen vorkommen, so witrde diese Definition leicht zu Irrthümern Veranlassung geben. So wenig es sich auch sonst empfiehlt, von einmal eingeführten Definitionen abzuweichen, so müssen wir für den Umfang dieser Arbeit die obige gleichwohl fallen lassen. Eine bestimmte organische Seite muß ein für allemal als rechte, die ihr gegenüberliegende als linke gelten, gleichgültig, welche Lage das Organ zur Mutteraxe einnimmt. Der Begriff der Dorsiventralität kommt uns dabei zu Hülfe. Sprechen wir nämlich von einer dorsalen und ventralen Seite, so ergiebt sich die linke und rechte Seite eines solchen Organes ganz von selbst, wenn wir der Analogie wachsender Stolonen und Rhizome nach die Spitze des Sprosses, in unserem speziellen Falle also die Blüthe, als Vorderende auffassen.

Wir denken uns also, um es noch einmal hervorzuheben und jedes Mißverständniß auszuschließen, das dorsiventrale Blüthengebilde einem thierischen Organismus analog mit Kopfende, Rücken- und Bauchseite und Vergeben in diesem Sinne die Benennungen rechts und links an ganz bestimmte organische Seiten.

Der Kürze und Präeision des Ausdrucks zu Liebe und gestützt auf die landläufigen Ausdrücke Ober- und Unterlippe, die leider nicht auf alle zygomorphen Blüthen anwendbar sind, spreehen wir dann allgemein von einem "Scheitel" der Blüthen und von deren rechter und linker Flanke. Der Scheitel wäre also bei der Blüthe des Eisenhuts die Mittellinie des helm-

<sup>4)</sup> In dem Begriff »Dorsiventralität« liegt ausgedrückl, daß eine physiologische Differenzirung in zwei verschiedene Seiten vorhanden, deren eine normaler Weise nach üben, deren andere nach unten gerichtet wird. Daß es deshalb unzulässig ist, die rein morphologische Oberseite als Dorsalseite zu bezeichnen, wird verständlich, wenn man die quer-zygomorphen Blüthen der Fumariaecen betrachtet, deren morphologische Ober- und Unterseite gleichmäßig ausgebildet sind und bei denen von einer entsprechenden Differenzirung nur in der Querrichtung gesprochen werden kann. In demselben Sinne wie von schräg- oder quer-zygomorph, sprechen wir also von schräg oder quer angelegter Dorsoventralität.

<sup>2)</sup> Eighter, A. W., Blüthendiagramme. I. Theil. Leipzig 1873. pag. 6.

artigen Kelchblattes (vergl. Fig. 9, s.), und bei einer Orchis die Mittellinie des dem Labellum gegenüber sitzenden äußeren Perigonblattes.

Auf diese Weise werden wir der Doppelsinnigkeit der Ausdrücke voben« und »unten« — in physikalischem oder morphologischem Sinne — am besten entgehen.

Was die Versuche betrilft, über welche in nachstehenden Zeilen referirt ist, so sei bemerkt, daß dieselben alle mit möglichster Belassung der Pflanzen an ihrem natürlichen Standorte und unter natürlichen Verhältnissen angestellt wurden. Es wurden dieselben, soweit nicht ausdrücklich andere Bedingungen wünschenswerth erschienen und dies besonders angeführt ist, sämmtlich unter freiem Himmel ausgeführt. Es bietet das Experimentiren zwar auf diese Weise einige Schwierigkeiten; ein kräftiger Regen oder Sturm zerstört, wenn man mit diesen Faktoren nicht sehon bei seiner Ein-



Fig. 9.

leitung gerechnet hat, oft den ganzen Versuch, doch hat man nur auf diese Weise die Gewißheit, nicht durch kränkliche Objekte und krankhafte Erscheinungen getäuscht zu werden. Eine geringe Erfahrung in physiologischen Dingen lehrt schon, von welchem Einflusse abnorme Lebensbedingungen gerade auf Lebenserscheinungen sind, wie sie hier ins Spiel kommen.

Einige wetterfeste kräftige Holztische, möglichst frei von Buschwerk und Gebäuden im Freien aufgestellt, leisten beim Experimentiren die besten Dienste.

Zum ersten Versuche verwenden wir eine kräftig vegetirende, in geräumigem Topf gezogene Pflanze des Aeonitum pyramidale Mill., welche

neben geöffneten Blüthen noch eine Reihe von Knospeu in verschiedenen Altersstadien trägt. Um diesen Blüthenstand in umgekehrte Lage zu bringen, verfährt man am besten so, daß man die ganze Pflanze umkehrt, indem die harte Spindel beim Versuch des Umbiegens einknieken würde. Der Erdballen wird zunächst durch quer übergelegte Sperrhölzchen im Topfe befestigt und dieser auf den Ring eines eisernen Gestelles gebracht, dessen Fuß durch wenige eingeschlagene Drathstifte gegen Verschiebung gesichert und dessen oberes Ende, da wir mit Wind und Wetter zu rechnen haben, von drei ausgespannten Drähten, wie ein Mast von seinen Tauen, gegen Schwankungen oder Umstürzen geschützt ist. Bei geschlossenem Eisenring wird die Pflanze vorsichtig von oben durch diesen geleitet; besser ist es, aus demselben ein kleines Stück herauszusprengen, durch welches seitlich dann der Basaltheil der Pflanze eingeführt wird. Das Bewässern wird am besten mittels Trichters durch das Abzugsloch des Topfes bewerkstelligt. An den Gipfeltheil der Blüthenspindel befestigt man dann vorsiehtig einen

feinen Baumwoll- oder Bastfaden, dessen anderes Ende man nicht ohne weiteres ebenfalls fixiren darf. Sobald nämlich die Spindel sich noch ver-



längert, würde der anfangs stramm angezogene Faden schlaff werden und dieselbe dann nicht mehr an geotropischen Krümmungen verbindern kön-

Arbeiten a. d. bot. Institut in Würzburg. Bd. III.

4.4

llinie des

usdrücke Sinne —

n referirt
der Pflannältnissen
ch andere
eführt ist,
imentiren
gen oder
iner EinVersuch,
ewißheit,
rankhafte
ne geringe
art schon,
bedingun-

che, mögim Freien die besten

sind, wie

wir eine gezogene ., welche chiedenen a bringen, ndem die Der Erd-Topfe bent, dessen gesichert en haben, en, gegen Eisenring ser ist es, es seitlich wird am

rkstelligt.

ntig einen

nen, cs muß daher Sorge getragen werden, daß auch bei einer beliebigen Verlängerung der Spindel letztere immer mit gleicher Spaunung in der gewünschten Lage erhalten wird. Man erreicht dies dadurch, daß man den Faden über zwei leicht bewegliche Rollen (eine senkrecht unter der Spindel, die andere am Tischrande) führt und an sein freies Ende ein Gewicht von entsprechender Schwere häugt. Letzteres ist bald so gefunden, daß es seine Schuldigkeit vollkommen thut, ohne durch zu starken Zug das Versuchsobjekt zu schädigen.

Um die Veränderungen zu studiren, welche während der inversen Lage des Objektes an diesem stattfinden, muß man sich zu Beginn des Versuches von seiner Beschaffenheit genau Rechenschaft geben, es ist nöthig, über jede einzelne Blüthe bei diesen Versuchen streng und genau Buch zu führen, und dies geschieht am besten dadurch, daß man die einschlägigen

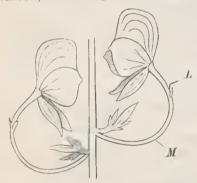


Fig. 44. Blüthen an abwärts gehaltener Spindel, nach der Mediankrümmung.

Dinge naturgetreu zeichnet. — An unserem Aconitum waren ursprünglich Blüthen und Knospen schräg aufwärts gerichtet, ihre fast gerade gestreckten Stiele bildeten mit der Fortsetzung der Spindel Winkel von 20 bis 25, seltener bis 30 Grad und standen streng in der Medianebene der Blüthe.

Veränderungen in dem Längenverhältniß der dorsalen zur ventralen Seite werden also bei diesen Blüthen Bewegungen innerhalb der Medianebene hervorrufen, während solche, bei der



Fig. 42. Von oben gesehen. s. Durchschn.d. Spindel. rechten und linken Seitenkante auftretend, die Blüthe aus jener Ebene nach links resp. rechts herausrücken. — Alle Bewegungen, welche von der Dorsal- oder Ventralseite veranlaßt werden, welche also in der Mediane des Blüthengebildes sich ereignen, werden wir in der Folge als Mediankrümmungen (Medianbewegungen) kurz bezeichnen und davon diejenigen Krümmungen als Lateral-

krümmungen (Lateralbewegungen) unterscheiden, welche durch das Längeverhältniß der rechten und linken Seite verursacht werden. Beide Bewegungen können sieh natürlich combiniren; durch Lateralkrümmung kann die Blüthe seitwärts gerückt werden, während sie zu gleicher Zeit Mediankrümmungen ausführt. Um falschen Vorstellungen vorzubeugen, welche mit dem Worte »Median« eingeführt werden könnten, sei noch darauf hingewiesen, daß es also nach unserer Definition nicht nothwendig ist, daß die Mediankrümmungen immer in der Medianebene M der an geradgestrecktem Stiel sitzenden Blüthe ausgeführt werden, sondern nur in der eigenen Mediane m der Blüthen (Fig. 12), welche bei Lateralbewegungen

in irgend welcher Curve verlaufen kann. Drehungen um die eigene Axe werden dann dem allgemeinen Sprachgebrauch zufolge als Torsionen bezeichnet.

eliebigen

der ge-

man den

ler Spin-

Gewicht

n, daß es

das Ver-

rsen Lage

des Ver-

st nöthig,

Buch zu

chlägigen

- An un-

prünglich

aufwärts

estreckten

tzung der 5, seltener

ng in der

Längeu-

ventralen

u Blüthen

dianebene

e, bei der

Blüthe aus

en. — Alle

entralseite

es Blüthen-

ge als Me-

z bezeich-

Lateral-

durch das

len. Beide

lkrümmung

leicher Zeit

rzubeugen,

i noch dar-

wendig ist,

r an geradnur in der

ewegungen

Habeu wir obigen Versuch an einem warmen Sommertage Morgens etwa um 9 Uhr eingeleitet, so ist gegen Abend schon eine wesentliche Veränderung in der Lage der einzelnen Blüthen eingetreten. Alle Sticle, sowohl die der Blüthen, als der Knospen, haben sich stark gekrümmt; die Krümmung ist ausschließlich in der Mediane erfolgt und so weit gegangen, daß am Ende der Stiele die Dorsalseite und mit ihr der Scheitel der Blüthe wieder dem Zenithe zugekehrt ist. Die Folge dieser Krümmung ist, daß die Öffnung der Blüthen, die bei normalem Wuchse von der Spindel weg nach außen gerichtet war, damit der Spindel zugekehrt wird; viele Knospen finden sich auf diese Art der letzteren fest angepreßt (Fig. 11). Über die Natur dieser Mediankrümnung kann von vornherein wenig Zweifel sein und Versuche am Klinostat bewiesen denn auch, daß es sich dabei um negativen Geotropismus handelt; daß dieser Geotropismus aber noch unterstitzt wird durch eine autonome Bewegung durch Epinastie<sup>1</sup>), deren Bewegungseffekt aber wesentlich hinter dem des Geotropismus zurücksteht. Was die Art und Weise

betrifft, in welcher die Stiele sich gekrümmt haben, so macht sich darin eine Verschiedenheit geltend, je nach dem Alter derselben, indem nicht immer die gleiche Region die stärkste Krümmung erfahren hat, den kürzesten Krümmungsradius aufweist. Während die stärkste Biegung bei den Stielen ganz junger Knospen nahe deren Basis auftritt, bei denen eben geöffneter Blüthen in die Mitte der Stiellänge fällt, findet sich die Krümmung bei den Stielen alter, im Verblühen begriffener, dicht hinter der Blüthe in der



Fig. 43.
Blüthe an abwärts gehaltener
Spindel, nach Beginn der Lateralbewegung.

Verbreiterung des Stieles vergl. Fig. 14, 15). Es hängt dies mit den Zonen des stärksten Wachsthums in demselben zusammen. Ohne jetzt jedoch weiter auf diese Erscheinung einzugehen, über welche ich bald ausführlichere Mittheilung zu machen hoffe, wollen wir die weiteren Veränderungen an dem Versuchsobjekt betrachten. Wir haben nach Verlauf von etwa 10 Stunden eine starke rein mediane Krümmung constatirt, welche die Blüthen in die normale Lage zum Horizont, aber mit der Apertur gegen die Blüthenspindel gebracht hatte. Derselbe Zustand findet sich im Großen und Ganzen noch am folgenden Morgen (8. Juli), also nach 24 Stunden wieder; eine genauere Betrachtung zeigt jedoch, daß dann schon einige Blüthen aus der Medianebene bereits mehr oder weniger nach rechts oder links herausgerückt sind (Fig. 13).

Dieses Schwenken der Blüthen nach rechts oder links kommt zunächst

<sup>4</sup> Näheres bei der weiter unten folgenden Behandlung der Klinostatversuche.

zu stande durch die relativ stärkere Verlängerung einer Seitenkante gegen die andere, wie man sieh nach Auftragen kleiner Tuschmarken an beiden Seiten überzeugen kann. Wir haben es hier also mit dem Anfangsergebniß derjenigen Bewegung zu thun, die als Lateralbewegung bezeichnet wurde (Fig. 12, 43). Dieselbe nimmt von da ab einige Tage lang bis zu einem gewissen Maximum zu, um dann langsam abnehmend zu dem Endergebniß zu führen, daß die Blüthenöffnung wieder wie anfänglich von der Spindel weggewandt und gerade nach außen gerichtet ist. Man sieht, daß damit derselbe Effekt erreicht ist, als ob die Blüthe auf ihrem Platze geblieben wäre, ihr Stiel sich aber um 480° tordirt hätte. Auf diesen Gesichtspunkt werden wir noch ausführlicher zurückzukommen haben.

Zunächst sei jedoch der Charakter der Lateralkrümmung, in der uns eine bis jetzt fremde Erscheinung entgegentritt, in den Vordergrund der Betrachtung gerückt. Um die Lateralkrümmung in ihrem Verlaufe zu verstehen, ist es nöthig, vorher noch einmal auf das oben angedeutete Verhalten der Blüthenstiele zu-

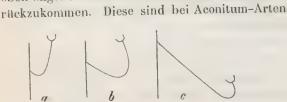


Fig. 44.
Blüthenstiele von Lophospermum in verschiedenem Alter an abwärts gekehrter Spindel median gekrümmt.



Fig. 15.

wie bei der großen Mehrzahl sämmtlicher Blüthen ursprünglich gegen die Blüthe selbst außerordentlich kurz, die Blüthenanlage ist in ihren ersten Stadien fast sitzend, ohne von einem Stiele viel erkennen zu lassen. Bei weiter vorgeschrittener Ausbildung der Blüthentheile tritt dann in den kurzen Zellreihen, welche die Blüthe tragen, starkes interkalares Wachsthum auf. Dasselbe ergreift den Stiel nicht gleichmäßig auf seiner ganzen Länge, sondern schreitet im Allgemeinen von der Basis nach dem freien Ende zu fort, dergestalt, daß die Basis des Stieles zuerst die weitere Wachsthumsfähigkeit und Reaktionsfähigkeit auf geotropische Reize verliert (Fig. 14,15).

Wir haben sehon erfahren, daß die Lateralbewegung der Stiele bei Aconitum Napellus später eintritt, als die Medianbewegung; ihr ganzer Verlauf ist dabei langsamer und von längerer Dauer, als der der Medianbewegung. Wenn wir, um das Maß derselben zu beurtheilen, den Kreisbogen in Betracht ziehen, durch welchen die streng median gebogene Blüthe durch die Lateralbewegung seitwärts bewegt wird, so zeigt sich z. B. der folgende, in der Tabelle ausgedrückte Verlauf. In derselben bedeutet a (Fig. 42) den Winkel, welchen die Scheitellinie der Blüthe mit der durch den Spindelmittelpunkt gedachten Medianebene M bildet, und ihr zu Grunde gelegt ist die

Blüthe unseres Versuchsobjektes, bei welcher die laterale Bewegung sich im stärksten Maße zeigte.

Blüthe median aufwärts gebogen 7. Juli Morgens 9 Uhr

7. Juli 
$$\alpha = 0^{\circ}$$
8.  $\alpha = 25^{\circ}$ 
9.  $\alpha = 90^{\circ}$ 
40.  $\alpha = 120^{\circ}$ 
41.  $\alpha = 435^{\circ}$ 
42.  $\alpha = 150^{\circ}$ 
43.  $\alpha = 160^{\circ}$ 
44.  $\alpha = 168^{\circ}$ 
45.  $\alpha = 173^{\circ}$ 
18.  $\alpha = 180^{\circ}$ 

Andere ziemlich gleichalterige Blüthen derselben Mutteraxe zeigten zu der Zeit, wo diese Blüthe die ganze Schwenkung um 480° vollzogen hatte, erst eine solche von 430, 90, 60 ja von 30°, und manche derselben erlangten die volle Schwenkung um 480° überhaupt nicht. Die Lateralbewegung tritt demnach weder mit der Energie noch der Constanz der Medianbewegung auf. Das spätere Eintreten und das längere Anhalten der lateralen Bewegung im Blüthenstiel von Aconitum hat zur Folge, daß die stärkste Lateralkrümmung nicht mit dem Orte der stärksten Mediankrümmung (Fig. 44, M.) zusammenfällt, sondern hauptsächlich oberhalb in dem fast horizontalen Theile derselben vor sich geht (Fig. 14, L.). Auf diese Weise wird die Blüthe aus ihrer normalen Stellung nur wenig verschoben, während eine Lateralkrümmung an der Stelle der stärksten Mediankrümmung auftretend die Mediane der Blüthe nothwendig wieder schief stellen müßte. Nicht alle Blüthen werden also gleich stark von der Lateralbewegung ergriffen.

Derselbe Mangel an Constanz, den wir eben an der Lateralbewegung gegenüber der sehr ausgesprochenen Medianbewegung beobachten konnten, macht sich weiterhin geltend bezüglich der Seitenkante, welche in ihrem Wachsthum gefördert wird. Es war ja das Näehstliegende, bei der ganzen Erscheinung der seitlichen Krümmung überhaupt an einen Lichteinfluß zu denken. Unter freiem Himmel hatte es dabei nichts Außerordentliches, daß sich diese Krümmung an den verschiedenen Blüthen in ganz verschiedener Weise geltend machte, daß bei der einen Blüthe die linke, bei der anderen die rechte Seite die geförderte war, daß weiterhin die eine Blüthe nach Osten, die andere nach Westen sich hinbog. Unter den obwaltenden Umständen war für die median der Spindel zugebogenen Blüthen letztere mit den dicht angelegten dunkeln Blüthen der lichtärmste Ort und es konnte nicht überraschen, daß sich je nach lokalen Lichteinslüssen die Blüthe das eine mal links, das andere mal rechts wandte. Die Beobachtung einseitig beleuchteter Blüthenstände von Aconitum an normal wachsenden Pflanzen, deren Einzelblüthen nur eine sehr schwache positiv heliotropische Krümmung

n beiden
ergebniß
et wurde
inem geebniß zu
del wegmit deren wäre,
t werden
der uns

te gegen

der uns rund der zu ver-



gegen die en ersten issen. Bei den kur-Vachsthum zen Länge, n Ende zu chsthumsig. 14, 15)-Stiele bei anzer Verdianbewe-Kreisbogen ithe durch r folgende, ig. 12) den pindelmitlegt ist die verrathen, ließ diese Annahme schon weniger wahrscheinlich erscheinen-Versuche mit umgekehrten Blüthenspindeln, die, an einem Südfenster vor einem schwarzen Pappschilde stehend, von der Julisonne intensiv einseitig beleuchtet wurden, weiterhin Versuche, die im Dunkelzimmer unter sonst gleichen Umständen angestellt wurden, zeigten jedochauf's Klarste, daß die se seitliche Krümmung mit der Richtung einfallender Liehtstrahlen in ganz und gar keinem Zusammenhange steht. Bei einer am Südfenster abwärts gekehrten Spindel des Aconitum Störkianum Rehbeh., welche 42 Knospen trug, wurden von dieser durch die Lateralkrümmung mit der Zeit dem Lichte zugebogen 4, vom Lichte weggebogen 8, und es streckten sieh alle Blüthen sehließlich mehr oder minder gerade aus, von der Spindel weg, gleichgültig, ob sie damit dem Lichte zu- oder abgekehrt wurden.

Eigenthümlicherweise tritt auch insofern keine Gesetzmäßigkeit dabei auf, als es bei der einen Blüthe die rechte, bei der anderen die linke Seite war, welche stärker sieh ausdehnte als die gegenüber liegende. Von den genannten Blüthen zeigten die Wachsthumsförderung auf der rechten Seite 5, auf der linken Seite des Blüthenstiels 7. Ganz dieselben überraschenden Resultate habe ich noch mit etwa einem Dutzend von Aconitumpflanzen, die einseitig beleuchtet waren, erhalten und es kann hier gleich hinzugefügt werden, mit einer großen Anzahl anderer Gattungen, die später noch Erwähnung finden werden. Immer zeigte sich wieder, daß die Lateralkrümmung weder vom Lichte beeinflußt, noch an eine bestimmte Organseite gebunden war.

Was die Versuche im Dunkelzimmer anlangt, so zeigte sich gerade bei Aconitum reeht deutlich die geringe Verläßlichkeit aller in tiefer Finsterniß gewonnenen Resultate. Selbst wenn Wärme und Feuchtigkeit in möglichster Übereinstimmung mit der äußeren Luft gehalten wurden, zeigten sielt im Wachsthum, wie in den ganzen Lebenserscheinungen der beobachteten Aconitumpflanzen tiefgreifende Störungen, die einzig und allein auf Rechnung des langdauernden Liehtmangels zu setzen sind. Diese Störungen beschränkten sich — natürlich neben der Assimilationsstörung — keineswegs auf die sogenannten beliotropischen Erscheinungen, denen zu Liebe die Dunkelversuche angestellt werden, deren Ausbleiben für das Wohlbefinden der Pflanze, zumal im Dunkeln, aber von keiner wesentlichen Bedeutung ist. Meist war bei den in's Dunkelzimmer gebrachten Pflanzen eine durchgreifende Wachsthumsstörung bemerkbar, so daß selbst die geotropischen Bewegungen mangelhaft ausgeführt wurden, die Kelehblätter und Blüthenblätter, welche im Freien noch viele Tage frisch geblieben wären, fielen ab, kurz die Finsterniß wirkte geradezu wie Gift auf die Pflanze ein. Daß man in einem solehen Falle von dem Ausbleiben einer Bewegung oder einer anderen Lebenserscheinung nicht auf deren unmittelbare Abhängigkeit vom Lichte schließen darf, das liegt auf der Hand. Eine einzige fundamentale Störung kann eine ganze Reihe pathologischer Erseheinungen im Gefolge scheinennster vor
einseitig
ter sonst
aß diese
tstraheiner am
Rehbeh.,
mung mit
8, und es
5, von der
twurden.
eit dabei
nke Seite
Von den

Von den nten Seite rraschennpflanzen, hinzugepäter noch e Lateralte Organ-

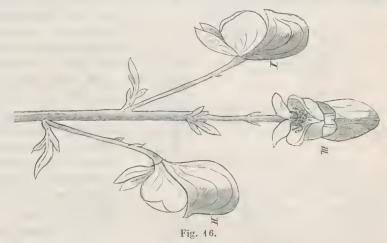
gerade bei Finsterniß möglicheigten sieh bachteten auf Rechrungen beceineswegs Liebe die hlbefinden Bedeutuug ine durchotropischen d Blütheniren, fielen ein. Daß oder einer gigkeit vom ndamentale

im Gefolge

liaben und diese letzteren müssen in ihrer Natur bei der Beurtheilung eines jeden Dunkelzimmerversuches festgestellt werden, bevor man etwas Richtiges über Heliotropismus erfahren kann. Da eine solche Praxis aber mit ziemlichen Schwierigkeiten verknüpft ist, so wird es sich entschuldigen, wenn im Laufe der vorliegenden Untersuchungen das Dunkelzimmer möglichst unbenutzt blieb.

Von 9 nach einander in das Dunkelzimmer gebrachten Pflanzen mußten 8 wegen obgenannter Verhältnisse unberücksichtigt bleiben, bei der neunten zeigte sich die Lateralbewegung aber in ihren ersten Stadien auf das Deutlichste. Die Blüthen wurden bis zu 420 Grad aus der Medianebene herausgerückt.

Wir wollen uns zunächst mit dieser Charakteristik der Lateralbewegung bei Aconitum begnügen, nachdem wir gesehen, daß sie es ist, welche die Blüthen wieder in die richtige Lage zur Spindel bringt, wenn die Median-



bewegung für die richtige Stellung zum Horizont gesorgt hat, während letztere durch den beständigen Einfluß der Gravitation dann weiterhin beibehalten wird. Wird ein Blüthenstand derselben Pflanze statt in vertikaler Richtung abwärts mit denselben Hülfsmitteln (Gewicht am Faden) horizontal festgehalten, dann gerathen die Blüthen, die nach allen Seiten von der Spindel abstehen, in sehr verschiedene Lagen zur Gravitationsrichtung (Fig. 16. Auf der nach oben gekehrten Spindelseite werden die Blüthen (I) die Ventralseiten, auf der untern Seite der Spindel (II) die Dorsalseiten oben haben, während die übrigen (III) Blüthen entweder die rechte oder die linke Wange mehr oder weniger dem Boden zugekehrt haben. Für all diese verschiedenen Lagen wird die Bewegung, welche die Blüthe in die Normalstellung zurückführt, eine verschiedene sein müssen. Das Gemeinsame daran ist, daß zunächst alle Unterseiten der negativ geotropischen Stiele im Wachsthum gefördert werden, was bei den seitlich

sehräg gelegten Blüthen eine Aufriehtung der Mediane in eine Vertikalebene zur Folge hat. Bei Blüthen der Stellungsweise I wirken Gravitation und Epinastie in gleiehem Sinne ein, bei solehen der Stellungsweise II wirkt letztere der ersteren entgegen und es hat daher niehts Überrasehendes, wenn wir sehen, daß erstere den weiteren Weg in ihre normale Lage mindestens ebenso rasch zurücklegen, als die letzteren die kürzere Strecke. Auch bei den seitlich stehenden Blüthen (III) reguliren Gravitation und Epinastie die Richtung der Blüthe in der Mediane (Fig. 47). Die ganze Regulirung seitens des Geotropismus erfolgt auch hier sehr raseh, sie ist unter Umständen von Morgens bis Abends vollständig beendet. Dann tritt auch bei diesen letzteren Blüthen auffälligerweise eine laterale Bewegung der Stiele ein, welche zur Folge hat, daß sich die Blüthen auch hier wieder von der Spindel wegwenden und zwar nach zwei Seiten hin. Nur ganz aufrecht stehende wie I erhalten ihre Mediane oft parallel zur Spindelaxe. Einige Figuren werden den Ver-

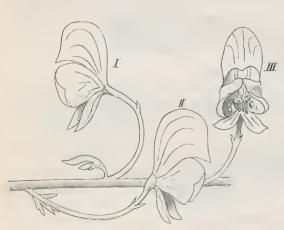


Fig. 17.

lauf der geotropischen Aufriehtung (Vertikalbewegung) und der Lateralbewegungam besten veransehaulichen (Fig. 18 u. 49). Die horizontal liegende Spindel s ist dabei quer durehschnitten gedacht. Auch hier gilt für die Lateralbewegung. welche immer so auftritt, daß die Blüthe auf dem kitrzesten Wege nach außen gerichtet wird, sonst das gleiche, was bezüglich ohen

Charakters gesagt ist. — Von allem anderen abgesehen, leuchten die Vortheile der Lateralbewegung für die Anffälligkeit und für die günstige Stellung der Blüthen zum Insektenbesuch ein; an der streng abwärts geriehteten Spindel wäre derselbe ohne seitliehe Verschiebung der Blüthen aus der Medianebene gar nicht möglich gewesen. Für die Ermöglichung desselben ist also in umfassender Weise Sorge getragen, so daß man mit Recht darüber erstaunen muß, wenn man bedenkt, in wie seltenen Fällen eigentlieh die Blüthen in der freien Natur diese Bewegungen in ihrem ganzen Umfange nöthig haben. Freilieh sitzen nicht alle Blüthen an streng lothrecht gerichteten Hauptspindeln, sondern es sind damit auch seitliehe, in geringem Grade plagiotrope kleine Nebenspindeln besetzt und außerdem giebt es eine Unterart des Aconitum Napellus, das Aconitum eernuum Wulf, dessen verzweigte Spindelherabhängt und dessen Blüthen dementsprechende

Biegungen auszuführen haben. Es wird im Allgemeinen jedoch selten sich ereignen, daß eine Blüthenspindel des Eisenhutes, wie wir es gethan haben, an der Spitze abwärts festgehalten wird. Die im Freien häufigsten Unfälle besteheu in einer Umkniekung oder Umlegung des aufstrebenden hlüthentrageuden Axentheiles und da ist in der Jugend durch dessen negativen Geotropismus für die Wiederaufriehtung gesorgt. Dabei war es mir von Interesse, zu erfahren, ob durch den negativen Geotropismus der Spindel für alle geöffneten Blüthen gesorgt wird, mit anderen Worten, oh die krümmungs-

fähige Zone derselben sich unterhalb der ältesten geschlechtsreifen Blüthen befindet. Es hängt diese Frage mit dem Wachsthum des Blüthenschaftes eng zusammen und sie wurde denn auch bei einer Reihe von verschiedenen Gattungen auf doppelte Weise in Angriff genommen, — durch Feststellung der Region stärksten Wachsthums mittels Tuschmarken und durch praktische Versuche.

Vertikal-

avitation

sweise II

raschen-

hale Lage

Strecke.

und Epi-

egulirung

nständen

sen letz-

ı, welche

wegwen-

erhalten den Ver-

ropischen

rtikalbe-

r Lateral-

esten ver-

Fig. 18 u.

ontal lie-

s ist da-

schnitten

hier gilt

ewegung, so auftritt,

auf dem

ge nach et wird,

ehe, was

die Vor-

günstige

wärts ge-

r Blüthen

nöglichung

3 man mit

nen Fällen

in ihrem

an streng

scitliche,

außerdem

aum Wulf,

prechende

ihres

ch

Verwandt wurde zu demselben

neben Aconitum Napellus A. Lycoctonum L., Delphinium Ajacis L. die über 2 Meter hohen Pflanzen des Delphinium altissimum Wall., außerdem Linaria italica Trev., vulgaris L., Antirrhinum majus L., Chelone barbata Cav., Digitalis purpurea L., Orchis latifolia L., O. maculata L. und Orchis coriophora L. Es zeigte

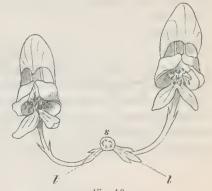


Fig. 48. Seitliche Blüthen an wagerechter Spindel nach der Vertikalbewegung.

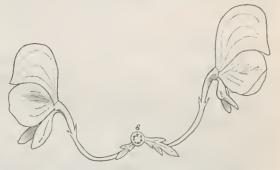


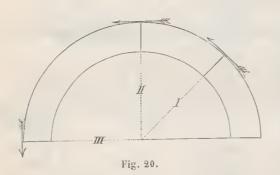
Fig. 49. Dieselben nach der darauf folgenden Lateralbewegung.

sich dabei, daß die geotropisch sich krümmende Stelle der Spindel nicht immer unterhalb der geöffneten Blüthen liegt, aber durchgängig mit wenigen individuellen Ausnahmen unterhalb der noch geschlossenen Knospen, daß also meist nur ein geringer Theil der offenen Blüthen von dem negativen Geotropismus der Mutteraxe nach deren Umknicken Vortheil zieht. Das Aufrichten der Spindel geschicht aber dabei so rasch, daß die dadurch gehobenen Blüthen kaum Zeit finden, auf die abnorme Lage, in die sie gebracht Waren, zu reagiren. Die nicht vollständig seitens der Spindel wieder emporgerichteten Blüthen führen nachträglich dann ihre Eigenbewegungen

aus, durch welche die Normalstellung mehr oder weniger vollständig erreicht wird; es gelingt ihnen das in dem Maße ihres Alters in verschiedener Weise, indem die jüngsten dieses Ziel meist vollständig, die ältesten im Abblühen begriffenen Blüthen meist aber nicht mehr erreichen. Im Großen und Ganzen wird den einzelnen Blüthenstielen bei Pflanzen mit orthotroper Mutteraxe selten die Aufgabe zufallen, für grobe Lageveränderungen aufzukommen.

Wie Aconitum Störkianum Rehbeh, und A. Napellus, so verhielten sich auch die übrigen untersuchten Aconita vom Habitus der soeben besprochenen.

Nachdem wir nun bei einem verhältnißmäßig günstigen Versuchsobjekt, wie Aconitum Störkianum es bietet, die hier in Betracht kommenden Eigenschaften der Blüthenstiele kennen gelernt haben, soll in Bezug
darauf noch eine Reihe anderer Objekte geprüft werden. Eine systematische
Reihenfolge wird dabei nicht beobachtet werden, weil dieselbe außer der
Natur der Sache liegt und nur zu unnatürlichen Trennungen und ZusammenJassungen Anlaß geben würde. Da es sieh herausgestellt hat, daß die
Blüthen, welche im Verhältniß zu deren Dicke lange Stiele haben, zur Aus-



führung der Orientirungsbewegungen am
besten ausgerüstet sind,
so sollen dieselben hier
im Allgemeinen den
Vorrang genießen. Was
zunächst diese Thatsache selbst betrifft, so
zeigt eine ganz einfache
Überlegung, auf die
eigentlich kaum einzugehen nöthig wäre, daß
bei gleichem geotro-

pisch oder heliotropisch angeregtem Zuwachsvermögen der Längeneinheit einer Seitenkante, der Effekt der Krümmung bei einem langen dünnen Stiele bedeutend den eines kurzen und dieken Stieles übertrifft. Wie viel das ausmacht, ersieht man leicht aus nebenstehender Figur, bei welcher gleich dieke Stiele angenommen sind und das Verhältniß der verlängerten zur nicht verlängerten Seite das von 4:3 ist. Das Ende des kurzen Stiels (Grenze bei I) hat dadurch eine Richtungsänderung von 45°, das des doppelt so langen (Grenze II) eine von 90 und das des viermal so langen (Grenze III) eine von 180 Bogengraden erfahren. Geteris paribus ist also der Krümmungseffekt direkt proportional der Länge des Stieles. Es versteht sich von selbst, daß für den praktischen Fall nur die Länge der wirklich krümmungsfähigen Region in Betracht zu ziehen ist.

indig erhiedener esten im n Großen thotroper gen auf-

erhielten eben be-

ersuchs-

kommenin Bezug

ematische

außer der sammendaß die zur Aus-Orientingen am istet sind, elben hicr nen den Ben. Was se Thatetrifft, so z einfache die auf ım einzuwäre, daß geotro-

e viel das her gleich gerten zur zen Stiels es doppelt Grenze III) also der Stieles Länge der

geneinheit

nen Stiele

Dietamnus Fraxinella Pers.

Bei dieser Rutacee liegt der instruktive Fall vor, daß bei ganz regelmäßiger und radialer Anordnung und fast gleichmäßiger Ausbiklung der analogen Blüthentheile eine Zygomorphie einzig durch Krümmungsbewegungen beim Öffnen der Blüthen eintritt.

Die in der Knospenlage ziemlich gleich großen (die untern gewöhnlich etwas länger) Petala weichen bei der Entfaltung derart auseinander, daß vier Kronblätter aufwärts gerichtet werden, während das vordere untere mehr oder weniger abwärts gerichtet, eine Art Lippe bildet. Ähnliche Nutationen führen die Stamina aus, welche in der Knospe ebenso in fast gleichmäßiger Ausbildung den Diskus und den Fruchtknoten umgebend, sich später in der bekannten Weise abwärts legen, wobei die oberen an Größe etwas zunehmen.

Trotz dieser fast radiären morphologischen Ausbildung gehört die Blüthe nichts destoweniger zu den echt zygomorphen Blüthen, sie ist ein streng dorsiventrales Gebilde, was gegenüber den viel symmetrischer ausgebildeten, aber unwesentlich-zygomorphen Blüthen von Compositen, Umbelliferen, Cruciferen besonders hervorgehoben zu werden verdient.

Am 24. Mai wurden die Blüthenspindeln dreier Pflanzen, welche mit Knospen verschiedenen Alters besetzt waren, zum Theil in umgekehrte, zum Theil in horizontale oder schräge Lage gebracht. Am 25. Mai waren bereits alle Blüthen durch Vertikalbewegung in normaler Orientirung zum Horizont — aber an den abwärts gekehrten Blüthenständen alle der Spindel



Fig. 21.
Scrophularia-Blüthe an abwärts gehaltener Spindel.

zugekehrt. Am 26. Mai begannen die älteren Knospen und inzwischen geöffneten Blüthen durch Lateralbewegung sich von der Spindel abzuwenden
und waren nach verhältnißmäßig kurzer Zeit, am 28. Mai, fast durchweg
direkt von der Spindel abgewendet. Auch hier war die Lateralbewegung bei
verschiedenen Blüthen in verschiedenem Maße und an verschiedenen Seitenkanten aufgetreten, theils gegen das Licht hin, theils von ihm weg erfolgt.

Ältere Blüthen, deren Spindeln dann abwärts gebogen wurden, Ithrten wie die älteren Aconitum-Blüthen nur am oberen Ende der Stiele noch die mediane Bewegung, oft nur zum Theil aus, die Lateralbewegung unterblieb ganz. Ein wesentlich neuer Faktor tritt bei dieser Pflanze nicht zu Tage.

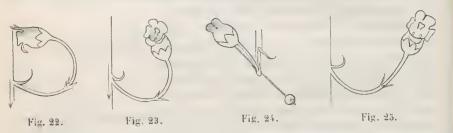
Serophularia nodosa L. und Scr. Neesii Wirtg.

Diese beiden Pflanzen bieten mit ihren leiehten, fast horizontal ausgestreckten Blüthen auf langen und dünnen Stielen sehr elegante Versuchsobjekte dar.

Am 21. Juni  $41^{1}/_{2}$  Uhr Vormittags wurden einige Rispen in der bekannten Weise abwärts (Fig. 21), einige andere horizontal oder schräg befestigt. Um 6 Uhr Abends desselben Tages war an allen Blüthen schon eine

kräftige Vertikalbewegung bemerkbar; die Blüthen waren dadurch mit ihren Axen fast senkrecht aufwärts gerichtet und diejenigen dabei die vorgesehrittensten, welche an senkrecht abwärts gerichteter Spindel diese Vertikalbewegung als Medianbewegung ausführten (Fig. 22). Ein ziemlich stark hervortretendes epinastisches Verhalten kam den letzteren dabei zu statten und es zeigte sich dasselbe bei diesem Objekte auch ganz besonders deutlich an horizontal fixirten Blüthen, deren rechte oder linke Flanke erdwärts gerichtet war. Neben der geotropischen Aufwärtskrümmung war eine epinastische Einwärtskrümmung der Ventralseite hier immer deutlich hervorgetreten. Am 22. Juni war die geotropische Aufrichtung sehon so weit vorgeschritten, daß die Blüthen ihre richtige Erdlage—wie in Folgendem kurz die Orientirung zur Lothlinie bezeichnet werden soll — meist erreicht hatten, andere waren noch nicht ganz in dieselbe eingertiekt und mit ihrer Axe noch mehr oder weniger zenithwärts gerichtet.

Die Lateralbewegung war an allen Blüthenstielen schon aufgetreten, das Resultat derselben machte sich aber in anderer Weise geltend, als bei Aeonitum, indem die laterale Krümmung etwa in die nämliche Region fiel,



in der auch die mediane Krümmung vor sich gegangen war. Es resultirt daraus die auffallende Erscheinung, daß die Blüthen zunächst seitlich umgekippt werden, wie es aus der Skizze (Fig. 23, 24) hervorgeht.

Das Auffallende dabei ist, daß durch die Lateralbewegung dann eine seitliche schiefe Lage (Fig. 24, 25) erzielt wird, aus welcher sich die Blüthe durch geotropische Aufrichtung energisch erheben würde, wenn man sie künstlieh in dieselbe hineingebracht hätte. Dem negativen Geotropismus des Stieles, der sich durch Wachsthumsförderung der hier erdwärts gerichteten linken Flanke geltend macht und dessen Wirkung dahin führen würde, die Blüthe aufrecht zu stellen, wirkt hier die Lateralbewegung der rechten Kante entgegen und über windet den ersteren vollständig.

Es ist das für den Charakter der Lateralbewegung ein sehr wichtiger Punkt.

Der weitere Verlauf der Einführung der Blüthe in die normale Lage gegen Spindel und Erdradius läßt sich besser aus den beigegebenen Skizzen ersehen, als sich dies mit Worten beschreiben läßt. Im Übrigen macht sich urch mit
die vorlet diese
ziemlich
dabei zu
esonders
nke erdung war
deutlich
sehon so
n Folgenmeist
itekt und

fgetreten, 1, als bei egion fiel,

s resultirt itlich um-

eine seitithe durch künstlich mus des ier erdl dessen stellen, ntgegen

wichtiger

male Lage en Skizzen macht sich hier wieder die bekannte Unabhängigkeit der lateralen Bewegung vom Lichte geltend, wie sich überhaupt ein Heliotropismus von irgend welcher Bedeutung an den Blüthenstielen nicht bemerkbar macht. Auch an Waldrändern, dicht an und unter Gebüschen, waren alle Blüthen gerade aus, gleichgültig, ob nach dem Hellen oder dem Dunklen zu gerichtet.

Bei einer ganzen Anzahl von Versuchsobjekten hat es sieh nun gezeigt, wie die normale Erdlage von invers fixirten Blüthen durch eine einfache geotropisch-epinastische Medianbewegung erreicht wird. Wir haben aber auch weiter gesehen, daß es bei der erlangten Normalstellung zum Horizont keineswegs immer bleibt, sondern daß eine energische, weitere Bewegung, eine Lateralbewegung eingeleitet wird, welche in Verbindung mit dem ununterbrochen fortwirkenden negativen Geotropismus zum Resultate hat, daß die Blüthe von der Spindel ab nach außen gerichtet wird (Fig. 22—26). Es wird für eine normale Lage zur Mutteraxe ebenso gesorgt, wie für die normale Lage zum Horizont. Dafür spricht auch schon der Unstand, daß die Lateralbewegung — wenn sie sich überhaupt so weit geltend macht — nur so lange thätig ist, bis die Blüthe direkt von der Spindel abgewandt, nach außen sehaut. Eine weitere Lateralkrümmung würde selbstverständ-

lich das erneute Hinbiegen der Blüthe zur Spindel zur Folge haben; diese unterbleibt aber in der Regel, und wenn sie ausnahmsweise durch Nachwirkung einmal auftritt — wie dies an einzelnen Blüthen von Aconitum Störkianum Rehbeh., Aconitum pyramidale Mill., auch an Scrophularia nodosa L. beobachtet wurde — so wird ein solches Überschwenken wieder rückgängiggemacht.



Fig. 26.

Bei der Lateralbewegung macht sich also ein ganz bestimmtes Endziel, die normale Lage zur Spindel geltend, gerade so, wie es die lothrechte Aufwärts- oder Abwärtskrümmung bei dem negativen oder positiven Geotropismus ist. Es werden sich weiterhin noch der Bestätigungen dafür genug finden und besonders sind in den Orchideen Objekte geboten, bei denen dieser Punkt besonders deutlich werden wird. Nach allen gemachten Erfahrungen glaube ich die Berechtigung zu haben, das Wegwenden der Blüthe von der Mutteraxe gerade so, wie das Einführen derselben in eine bestimmte Gravitations- und Lichtlage, als eine besondere Eigenschaft der hetreffenden Pflanzentheile aufzufassen. Diese Eigenschaft, welche sich als ein Streben darstellt, das Organ in gerader Linie von der Mutteraxe wegzuwenden, diese gleichsam zu fliehen, soll in Folgendem, um nicht immer umschrieben zu werden, mit dem Ausdruck Exotropie 1) (Außenwendigkeit),

<sup>4)</sup> Das Wort ist absichtlich nicht, dem »Geotropismus« analog, auf ismus gebildet.

si

'n

S

V

ä

1:

S

0

die Organe, welche diese Eigenschaft besitzen, als exotropisch bezeichnet werden. Bezüglich dieser Eigenschaft von gewissen Pflanzentheilen, sich exotropisch zu stellen, habe ich natürlich vorläufig nur den Effekt im Auge. Daß ein gewisser Einfluß von der Spindel selbst ausgeht, den wir unter den dunklen Begriff der Correlation zu stellen hätten, ist mir, wie aus später noch mitzutheilenden Versuchen hervorgeht, wahrscheinlich; es fehlt dafür aber noch an zwingenden Hinweisen. Jedenfalls ist der Effekt die Auswärtsrichtung des Organes und auf diesen und den damit verbundenen Vortheil kommt es für die Pflanze allein an. Es wird hier also in der Folge nicht mehr als Zufall betrachtet, wenn am Blüthenschaft eines Eisenhutes, eines Diptani, eines Ritterspornes oder der Braunwurz alle Blüthen gerade ab von der Spindel stehen, ohne sich an einseitige Lichteffekte zu kehren.

lmmerhin könnte das streng apotropische Verhalten noch einem heliotropischen Indifferentismus zugeschrieben und die rundum gleichmäßige Blüthenstellung auf den Ort der Entstehung und Entfaltung zurückgeführt werden. Nach dem vorher Gesagten betrachte ich die Sache augenblicklich anders.

Ein heliotropischer Indifferentismus existirt in der That bei diesen Blüthen denn auch nicht, durch Steigerung mittels theilweisen Etiolements kann man das Vorhandensein der heliotropischen Reizbarkeit in diesen Stielen nachweisen und ich interpretire die Lichtwendigkeit solch empfindlich gemachter und stark einseitig beleuchteter Objekte mit der Annahme, daß der gesteigerte Heliotropismus erst im stande ist, gegenüber der gleichbleibenden Exotropie die von der letzteren angestrebte Richtung zu ändern. Die Blüthenstiele obgenannter Pflanzen besitzen also thatsächlich auch Heliotropismus, derselbe wird aber unter gewöhnlichen Verhältnissen überwunden von der Exotropie der Stiele 1). Es sei an dieser Stelle, wo cs sich nur darum dreht, den Begriff der Exotropie in diese Zeilen einzuführen und seine vorläufige Berechtigung zu begründen, noch angeführt, daß heliotropisch seitlich gekrüminte Blüthensticle bei folgender allseitiger Beleuchtung oder in Finsterniß - geotropisch einseitig gekrümmte bei lothrechter Spindellage sich wieder streng exotropisch stellen. Es ist dabei allerdings schwer zu entscheiden, in wiefern das, was Vöchting<sup>2</sup>/ Rectipetalität gcnannt hat, in diesen letzteren Fällen eine Rolle spielt. Jedenfalls sind Vöchting's Recti- und Curvipetalität, soweit dieselben nicht einfach auf Epinastie und Hyponastie, andererseits aber auf ein Rückschnurren der durch Turgor bloß elastisch gedehnten Membranen 3) zurückzuführen

<sup>4)</sup> In diesem Sinne wäre die Angabe Wiesner's I. c. pag. 73 bezügl. Aconitum zu berichtigen. Inwiefern Heliotropismus bei diesen Blüthen »störend« wirken sollte, ist mir nicht klar geworden, zumal gleich darauf bei den zygomorphen Blüthen des Antirrhinum majus der Nutzen der heliotropischen Einseitswendigkeit hervorgehoben wird.

<sup>2)</sup> l. e. pag. 30 u. folg.

<sup>3)</sup> Das für die Beurtheilung der Rectipetalität radiär gebauter Organe so wichtige

zeichnet en, sich m Auge. nter deu s später ılt dafür lie Ausundenen ler Folge enhutes, n gerade kehren. m heliochmäßige ekgeführt blicklich

ei diesen olements n diesen empfind-Annahme, er gleiehı ändern. ich Helioen übero es sich hren und heliotroeuchtung threchter allerdings alität gefalls sind nfaeh auf ehnurren kzuführen

onitum zu sollte, ist des Antirben wird.

o wichtige

sind, mit unserer Exotropie insofern verwandte Erscheinungen, als sie auch nur aus der Correlation des Wachsthums verständlich werden, und nur insofern einen Sinn haben, als dadurch vortheilhafte Richtungs- und Gestaltverhältnisse erzielt werden, auf welche sich der orientirende Einfluß äußerer Richtkräfte allein nicht erstreckt. Gewiß hat aber die exotropische Lateralbewegung median gekrümmter Blütthenstiele mit einer Rectipetalität, welche ein gleiches Längenmaß der Organseiten anstrebt, niehts zu thun, so daß die Exotropie als eine selbständige Eigenschaft, als eine Art den betreffenden Pflanzentheilen selbst innewohnender Richtkräft aufgefaßt werden muß.

Bei Betrachtung der Bewegungen der Scrophulariablüthe fällt mehr, als bei irgend einer anderen bisher betrachteteu, das statische Moment in die Augen, welches das Gewicht der Blüthe auf dem langen, fadendünnen Stiele veranlassen muß. Gerade bei den beigegebenen Skizzen von Scrophularia muß dies besonders auffallen und die Berücksichtigung desselben vermißt worden sein. — Das statische Moment wurde in seiner Wirkung auf Bewegungen, speciell Drehungen von Pflanzentheilen meines Wissens zuerst von H. de Vries näher studirt und beschrieben und bei den von mir angestellten Versuchen durch Ent- und Belastungen beständig in Betracht gezogeu. Es würde zu weit führen, sollten die diesbezüglicheu Erfahrungeu bei jedem einzelnen Versuchsobjekt besonders angeführt werden, und es soll deshalb die Rolle, welche einer einseitigen Belastung bei den Bewegungsvorgängen der Blüthen zufällt, an dem einen Beispiel der Scrophularia geprüft und zugleich allgemeiner betrachtet werden.

Unzweifelhaft übt bei der median der Spindel zugekrümmten Blüthe von Scrophularia (Fig. 22) diese einen gewissen Druck auf den gebogenen Stiel aus, dahingehend, denselben in eine schärfere Curve zusammen zu pressen oder seitlich umzuschlagen. Ersetzen wir die Blüthe nur durch ein Gewiehtehen vou einigen Grammen, so geschicht dies mit Leichtigkeit in wenigen Augenblicken; die leichte Corolle wird dagegen in dieser Lage augenseheinlich erhalten und es fragt sich nur, ob der Stiel dies auch auf die Dauer aushält oder ob er doch, aber sehr langsam, diesem Druck nachgiebt, wie es de Vries bei anderen Pflauzenorganen unter ähnlichen Bedingungen annehmen zu müssen glaubt.

Um darüber zu entscheiden, wurden zunächst Versuche so angestellt, daß durch Gegengewichte das in Betracht kommende Gewicht der Blüthen-

Criterium, daß die vorher inducirte Krümmung bereits durch echtes Wachsthum der Membranen fixirt war, bevor am Klinostat Geradestreckung erfolgte, hat Vöchting zu beachten leider unterlassen.

Es wäre durch Controlexemplare, die der Plasmolyse unterworfen werden mußten, festzustellen gewesen, inwieweit dies der Fall war. Daß die Geradstreekung nicht eine Vollständige war, beruht vielleicht gerade auf dem ersten Wachsthum oder der unvollkommenen Elastizität der Membranen und nicht »offenbar auf einer Hemmung, die ihren Sitz in der Textur des Gewebes hat«.

theile einerseits climinirt, andererseits durch Belastungen überboten war, die in conträrem Sinne wirkten.

Wenn wir letzteren Fall in's Auge lassen, so musste dadurch das Gegentheil von dem bewirkt werden, was das Gewicht der Blüthe ausmachte, auch dann, wenn man annimmt, das Gewicht des Organes wirke nicht direkt als drückendes Gewicht, sondern übe als solches einen Bewegungsreiz auf die tragenden Gewebe aus. Eine große Anzahl von Scrophulariaknospen und -Blüthen, im Ganzen 32 Stück, wurden zunächst in normaler Stellung oben mit rechteckigen Kartonstückchen beklebt, welche nach einer Seite beträchtlich überstanden. Die Kartonstückchen waren  $8 \times 3,75$  mm groß und wogen, da ein  $50 \times 50$  mm großes Quadrat desselben weißen Kartons 1,0405 g wog, einzeln 0,043 g, eine dem Gewichte der Korolle immer noch mehrfach überlegene Last.

Ein kleiner Theil der Blüthen war, statt mit Kartonstückehen beklebt, quer mit feinen Nähnadeln durchstochen, welche so gesteckt waren, daß sie einen einseitigen Zug ausüben mußten. Die Blüthenstände wurden darauf — 23. Juli Abends — abwärts fixirt und gegen eventuell eintretenden Wind und Regen durch Glasscheiben geschützt.

Am Morgen des 24. Juni waren alle Blüthen durch Mediankrümmung aufwärts gekrummt, ohne daß sieh zwiseheu den um's Vielfache belasteten und den zur Controle unbelastet gebliebenen Blüthen ein durchgehender Unterschied bemerkbar gemacht hätte. Die geotropische Aufwärtskrümmung am Stielüberwiudet also mit Leichtigkeit größere, als die normal gebotenen Hindernisse. — Von Interesse war nun die Art der Lateralbewegung. Der Natur der Sache nach, da nämlich diese letztere an keine bestimmte Seite gebunden ist, mußte sieh das Experiment bezüglich der Wahl der einseitig überlasteten Seite auf gutes Glück verlassen und es mußte von vornherein vorausgesetzt werden, daß nur diejenigen Resultate eigentlich von Werth sein könnten, wo eine Lateralkrümmung dem Zug der Last entgegen eintreten würde. Reine Zufallssache ist es daher, daß von den 32 Blütheu 9 jenes Verhalten zeigten, daß die Lateralkrümmung entgegengesetzt dem Zuge des Übergewichtes eintrat, letzteres dabei überwindend. Instruktiver ist vielleicht noch eine andere Variation des Versuches, wobei stählerne, mit Glas- und Laekknöpfehen verschene Nadeln so an die Blüthe befestigt wurden, daß der Glaskuopf an dem einen Hebelarm als Gegenlast gegen die Blüthe am andern Arm wirkte, wobei die Basis des gekrümmten Stiels als Stützpunkt diente. Es waren dabei die Resultate von entscheidender Bedeutung und ausschlaggebend, welche in der vorhergehenden Skizze (Fig. 24) dargestellt sind, wo also die Lateralbewegung dem wirkenden statischen Momente aktiv entgegenwirkte. Dasselbe Resultat, nämlich eine aktive Lateralbewegung, die unter Umständen einer starken einseitigen Belastung entgegenwirkt, lieferten anßer Scrophularia alle anderu daraufhin untersuchten Blüthen, sofern nur das Übergewicht nicht zu grob gewählt waroten war,

s Gegenhte, auch
direkt als
iz auf die
spen und
ung oben
Seite begroß und

Kartons

le immer

n beklebt, aren, daß arden dartretenden

trümmung

belasteten

hgehender krümmung gebotenen gung. Der hmte Seite er einseitig vornherein von Werth gegen ein-Blüthen 9 esetzt dem astruktiver stählerne,

e befestigt dast gegen nten Stiels dender Bezze (Fig. 24 statischen eine aktive Belastung fhin unter-

wählt war.

Dasselbe darf jedoch in allen Fällen das doppelte bis das dreifache desjenigen Gewichtes ausmachen, welches von den Blüthentheilen selhst verursacht wird.

Einseitiges Übergewicht spielt also bei unseren Objekten nicht die Rolle hei der Drehung, welche demselhen durch den Vorgang de Vries' zugeschrieben wird; diesem Punkte habe ich gerade wegen dieser abweichenden Resultate ganz besondere Aufmerksamkeit gewidmet.

Olme zunächst auf künstlich angestellte Versuehe weiter einzugehen, sei einmal das natürliche Verhalten von einzelnen Blüthen näher betrachtet, welches-sich der von II. DE VRIES gegebenen Erklärungsweise nieht einfügen läßt. Es hetrifft dies alle jene zygomorphen Blüthen, deren obere Theile schwerer sind, als die unteren, oder die doch wenigstens am Stiele so angesetzt sind, daß der Sehwerpunkt der Blüthe üher den Ansatzpunkt des Blüthenstieles fällt. Wenn sich ein derartiges Gebilde nicht geradezu genau im labilen Gleichgewicht befindet, so hat es die meehanische Tendenz, umzukippen in das stahile Gleichgewicht. Dazu müßten nach der de Vries'schen Vorstellung cinmal alle die Blüthen von Tropacolum majus L. und minus L., von Aconitum Lycoctonum, Scutellaria altissima L., Salvia splendens Ker. u. v. a. verurtheilt sein, wenn sie sieh nicht haarscharf im labilen Gleiehgewicht befänden. Dieselben Blüthen, in inverse Lage und dadurch in das stabile Gleichgewicht eingeführt, dürften sieh nach derselben Annahme niemals daraus durch Torsion in ihre Normalstellung erheben, was sie alle, wie sie da aufgezählt sind, trotzdem in kurzer Zeit thun. Man sieht aus diesen wenigen Beispielen schon, daß die consequenten Folgerungen jener rein mechanisehen Erklärungsweise bald ad absurdum führen, und daß es eigentlich kaum mit Gegenhelastungen angestellter Versuehe bedarf, um die Unzulänglichkeit derselben darzuthun. Dessenungeachtet wurden an jedem einzelnen Versuchsohjeete Experimente derart angestellt, wie sie ehen hei Scrophularia heschrieben wurden, aber immer mit demselben negativen Resultate.

Zum Überfluß wurde dann noch so verfahren, daß das Gewicht der Blüthen dadurch eliminirt wurde, daß dieselben unter Wasser getaucht die Richtungshewegungen auszuführen hatten. Ein großes cylindrisches Gefäß von hellem Glase wurde mit reinem Quellwasser gefüllt und an quer übergelegten Stäben die zu untersuchenden Blüthenstände mit dem basalen Ende so befestigt, daß deren Schnittfläche unter Wasser tauchte.

Verwandt wurden zu den Experimenten Blüthenspindeln von Dietamnus Fraxinella, Scrophularia nodosa, Linaria striata, deren Blüthen einzeln auf dem Wasser schwammen und bei denen von einem Zuge nach unten im Wasser keine Rede sein konnte. An der Spitze der Spindeln wurden Fäden befestigt, an deren freiem Ende Glasstäbehen herabhingen mit der Aufgabe, die Spindel senkrecht abwärts zu halten. Das Ganze wurde an einem warmen Südfenster morgens 8 Uhr aufgestellt.

Median- und Lateralkrümmungen gingen unter Wasser ganz ebenso vor sich, wie in freier Luft, und hatten bald bewirkt, daß die einzelnen Blüthen in normaler Weise zur Lothlinie und zur Spindel standen.

Für die Medianbewegung, welche wir als geotropische Krümmung kennen lernten, war dies vorauszusehen, denn deren Unabhängigkeit vom Eigengewicht des Organes steht längst fest. Daß die Torsion der Stiele aber in gleicher Weise wie in der Luft vor sich geht, zeigt, daß es sich dabei mu etwas ganz anderes, als um eine bloße mechanische Belastungswirkung handelt.

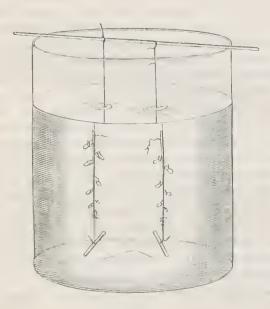


Fig. 27.

Es zeigte sich im Gegentheil bei allen in dieser Richtung augestellten Experimenten, daß der Stiel allen Belastnngen, die auf ihn einwirken, vollständig gewachsen ist, daß er alle jene mechanischen Hindernisse energisch zu überwinden im stande ist, wenn es sich nur darum handelt, die Normalstellung der Blüthe zu erwirken. Die einseitige Belastung, das statische Moment eines Orgagames, ist also ein Umstand, dem man Si

at

Sil

St

K

uı

m

Si

iŋ

R

Se

11

W

G

si

di

SI

11

d

Si

äl

aı

di

r

al

N N fij

f

lį

n g

zu bedeutende Wichtigkeit beigemessen hat und mit dem wir, den gemachten Erfahrungen zufolge, im Laufe dieser Untersuchungen — bis auf wenige Ausnahmefälle, wo sich die Beschaffenheit der Organe gerade darauf zuspitzt — nicht mehr zu rechnen haben werden.

Wir wenden uns nach dieser Auseinandersetzung zu Versuchen mit Pelargonium.

Die Blüthen dieser Gattung unterseheiden sich von denen der echten Geranien durch ihre mehr oder minder ausgesprochene Zygomorphie, welche

<sup>4)</sup> Schon bei Boxxet, Rech. sur l'us, des feuilles findel sich die geotropische Aufwartskrummung eines Malvenblattes unter Wasser auf 2 Kupfertafeln Pl. 14 n. 13, Mém. 2 .

Wasser en bald ise zur

ümmung keit vom Jele aber ch dabei swirkung

gte sich heil hei ser Riehellten Ex-, daß der Belastnnf ihn einollständig ist, daß e mechandernisse zu ühern stande s sich mir idelt, die lung der erwirken. itige Bes statische nes Orgaalso ein deni man n gemachs anf we-

ichen mit

de daranf

ler cchten ie, welche

pische Auf-13, Méio. 2 · sich durchweg in dem median oben gelegenen Kelchsporn geltend macht, außerdem aber in der Gestalt und Ausbildung von Gorolle und Andröceum sich ausspricht. Bei der hier untersuchten Form ist dieselbe sowohl in Gestalt, wie in der Lage von Kelchhlättern (4 oben, 4 abwärts gerichtet), von Kernblättern (2 kleinere dunkel geaderte oben, 3 größere einfarbige unten) und Andröceum (7 fruchtbare Stamina, untere größer) ausgedrückt.

Der doldenartige Blüthenstand ist hier auf einem langen Sticle, der morphologischen Fortsetzung des ihn tragenden Stamminternodiums (dichasisches System) aufsitzend, und aus einzelnen Wickeln verschnolzen, so daß in demselben Blüthen sehr verschiedenen Alters zusammenstehen, die der Reihe nach zum Anfblühen gelangen. Der Blüthenschaft selhst ist schon sehr früh durch eine scharfe und, wie sich zeigte, geotropische Biegung abwärts gerichtet und die Blüthenknospen daran gerade gestreckt, auch erdwärts gewandt.

Sobald die erste Blüthe aber ihrem Entfalten nahe ist, geht der positive Geotropismus des Schaftes rasch in den negativen über; der letztere richtet sich auf und bringt dadnreh die ersten Blüthen in ihre normale Erdlage. Für die jüngeren Knospen muß die abwärts gerichtete Lage jedoch von Vortheil sein; sie krümmen sich alle durch scharfe Biegung ihres basalen Stielendes wieder der Erde zu, so daß sie wie geknickt herabzuhängen scheinen. In demselben Maße, als an sie die Reihe des Aufblühens kommt, richten sie sich mit Hilfe ihres eigenen Stieles aufwärts, eine Bewegung, welche die ältesten Blüthen der Inflorescenz, dank der Krümmung des Schaftes, nicht auszuführen hatten. Daß alle die berührten Krümmungen wirklich aktiver geotropischer Natur und nicht durch das Gewicht der betreffenden Theile Veraulaßt sind, geht aus Versuchen hervor, die unter Wasser, und anderen, die mit Hilfe eines Gegengewichtes an zweiarmigem Hebel angestellt wurden.

Die Pelargoninm-Blüthen wurden wieder in der einfaehen Weise in inverse Lage gebracht, daß der Blüthenschaft abwärts fixirt wurde. Während dann die jungen Knospen sich wieder durch Bewegung ihrer Stiele abwärts bogen, beschrieben die zum Öffnen bereiten Knospen und bereits Seöffneten Blüthen einen Bogen aufwärts und zwar durch Mediankritunnung, Wenn der Schaft streng vertikal abwärts gerichtet war: in anderen Fällen war es die jeweils erdwärts gerichtete Kante, welche im Wachsthum gefördert wurde. Bei langstieligen Formen des Pelargonium zonale waren es fast ansschließlich die freien Blüthenstiele, welche die Krümmung ansführten und dadurch die Dorsalseite wieder nach oben brachten; bei kurzstieligen wirkte aber auch der mit der Kelchröhre verschmolzene Theil mit.

Nach Vollzug der Medianhewegung, welche bei allen Blitthen nicht hehr vollständig eintrat, begann dann die Lateralbewegung sich auch hier geltend zu machen, um die Blitthe wieder nach außen zu drehen. Etwas wesentlich Nenes boten diese Bewegungen bei Pelargonium nicht.

SI

ge

in

da

K

T

S

aı

fe

0

ü

d

d

d

V

Es wire höchstens darauf hinzuweisen, daß das Verhalten der Theile des Blüthenstieles ein verschiedenes ist, je nach der Länge des Kelchspornes, welcher mit demselben verwachsen ist. Bei manchen Arten und Varietäten ist derselbe kurz entwickelt und der Blüthenstiel auf eine große Strecke frei; hei diesen führt dann der freie Theil derselben die Bewegungen allein aus. Wo hingegen der Kelchsporn weit üher die Hälfte des Stieles sich herabzieht — bis zu sieben Achtel desselhen — da macht auch der Sporn die Bewegungen mit.

Wenn wir nun übergehen zu Versuchen mit Viola tricolor Lin., so tritt uns hier eine Blüthe entgegen, deren Zygomorphie in allen ihren Theilen deutlich hervortritt. So ist das Gynäceum durch den eigenartig geformten Griffel streng median zygomorph, ebenso das Andröceum, die Corolle und der Kelch, wie denn auch der dorsiventrale Bau sich in dem Blüthenstielschou äußerlich zu erkennen giebt.

Der untere Theil der Blüthenstiele, bis etwa zu den beiden seitlichen Vorblättehen, ist beinahe streng negativ geotropisch, schwach plagiotrop, er ist auch bei schräg liegender oder hängender Mutteraxe mehr oder weniger gerade aufwärts gerichtet. Der obere Theil des Stieles (etwa von den Vorhlättehen an) zeigt dann etwa in seiner Mitte eine mediane Kritmmung nach abwärts, wohei die dorsale Seite die längere ist. Dieses Stückehen des Stieles verhält sieh physiologisch wie ein ganz besonderes Organ für sieh und zeigt auch anatomisch einige Abweichungen vom untern Theile. Letzterer ist ausgesprochen vierseitig, was durch collenchymatische Gewelieleisten, die auf den Kanten vorspringen, besonders hervortritt, und die Dorsiventralität ist in jenem unteren Theile nur dadurch hervortretend, daß die Leisten der beiden Dorsalkanten größer sind, als die der Ventralkanten. Theil ist dagegen nicht mehr scharf vierkantig, sondern durch allmähliche Verschmelzung der ventralen Leisten mit dem Stielgewebe unten abgerundet, während auf der dorsalen Seite die dortigen Leisten eine tiefe Rinne einschtießen.

Der Übergang ist jedoch keineswegs ein schroffer und die Grenze nicht etwa durch die beiden Vorblättehen ganz scharf markirt, wenn sich auch eine kurze Strecke ober- oder unterhalb deren Ansatzstelle die Verschiedenheit der Querschnitte gewöhnlich deutlich geltend machte. 1)

Der besondere Charakter des oberen gekrümmten Stieltheiles, den wir in Kürze Blüthenträger nennen wollen, giebt sich außerdem nach durch einen blanen Farbstoff kund, wie er auch in der Corolle vorkommt. Haben Blüthen von Viola trieolor längere Zeit in gewöhnlichem Alkohol gelegen, ist der violette Farbstoff aus den Kronblättern und das Chlorophyll aus den

<sup>4)</sup> Bei anderen Individuen von V. tricolor sind die Vorblättehen bedeutend weit<sup>ef</sup> unten am Stiele sitzen geblieben.

der Theile Kelchsporund Varieeine große Bewegune des Stient auch der

in., so tritt ren Theilen geformten Jorolle und Hüthenstiel

n seitlichen agiotrop, er ler weniger on den Vormung nach ekchen des für sich und Letzterer ist sten, die auf ntralität ist Leisten der Der obere allmähliche en abgerun-

Grenze nicht n sich auch ie Verschie-

tiefe Rinne

les, den w<sup>ir</sup> noch durc<sup>h</sup> mnt. Habe<sup>n</sup> hol gelege<sup>n,</sup> tyll ans de<sup>n</sup>

leutend weit<sup>er</sup>

Stiele extrahirt, dann zeigen noch die oberen Kronblätter, wie der obere gekrünnnte Theil des Blüthenstiels eine schön hellblaue Farbe, die offenbar in beiden Organen identisch ist.

Bezüglich des Wachsthums und der Beweglichkeit der Stiele gilt hier dasselbe, was bei Aconitum bereits constatirt wurde. Die Stiele junger Knospen zeigen geotropische Krümmungen in ihrem unteren basalen Theile, hei eben erst geöffneten Blüthen bewegt sieh meist die Mitte des Stieles und bei älteren Blüthen beschränkt sich die Beweglichkeit lediglich auf den Blüthenträger, während der untere durch die Ausbildung eines festen Sklerenchym-Hohleylinders jede Bewegungsfähigkeit einbüßt. Der obere Theil bleibt für ältere Blüthen daher allein als Bewegungsorgan übrig. Je nach dem Alter und der gegebenen Lage im Raum ist die Art der Rückkehr in die Normalstellung eine verschiedene und die individuellen Abweichungen, welche bei sonst gleichen und gleich behandelten Blüthen eintrat, war immer auf die Inconstanz zurückzuführen, mit der eine Lateralbewegung eintrat oder unterblieb. Etwas wesentlich neues wurde hier nicht bemerkt, wenn man das im Auge behält, was über die

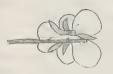


Fig. 28.



Fig. 29.



Fig. 30.

Fig. 30 schematisch. Unterer Theil des Blüthenträgers um  $\alpha$  gehoben, oberer um  $\beta$  geseukt.

Reaktionsfähigkeit des Blüthenstieles gesagt ist; sie verfolgten den bekannten Modus in den Bewegungen; es sei nur der eine Fall als eharakteristisch für Viola herausgegriffen, wo die Blüthe so horizontal gelegt war, daß eine Seitenfläche des Stieles erdwärts lag, die Mediankrümmung des Blüthenträgers also in eine horizontale Ebene fiel. Man bemerkt dann, daß das basale Ende des Blüthenträgers sieh geotropisch aufrichtet, während das Vorderende sich geotropisch abwärts richtet, so daß durch dieses umgekehrt geotropische Verhalten von Basis und Spitze des Blüthenträgers eine Torsion in demselben entsteht (Fig. 28—30).

Der ausgesprochene Heliotropismus des Blüthenträgers muß bei den Versuehen stets genügend berücksichtigt werden und es empliehlt sich, zu Versuchsobjekten nur solche Blüthen zu wählen, die nicht schon vorher heliotropische Torsionen aufwiesen. Es ist allenfalls noch zu erwähnen, daß die Geschwindigkeit der geotropischen Aufrichtung, wie sie bei jungen Blüthen der Viola beobachtet wurde, eine außerordentlich rasche ist, so daß man oft Gelegenheit hat, an der Blüthe, die einen großen Kreisbogen zu durchlaufen hat, jene mit bloßen Augen direkt wahrzunehmen.

Da es dabei sehr auf die Gunst der änßeren Umstände und auf individuelle Beanlagung der Stiele, nicht aber auf einen Vergleich ankommt, so

hat die Mittheilung der zahlreich darüber aufgezeichneten Tabellen weiter keinen Werth, und es mag zur Beurtheilung der Bewegung die Mittheilung genügen, daß die Spitze des oberen Kelchblattes einer mit der Dorsalseite nach unten horizontal fixirten Blüthe einmal innerhalb 20 Minuten einen Weg von 62 Millimetern zurücklegte.<sup>1</sup>)

In gunstigen Fällen findet man eine in abnormer Lage livirte Blüthe bereits nach einer bis anderthalb Stunden wieder in völlig normaler Lage. Plasmolytische Versuche zeigten, daß die rasche Bewegung keineswegs auf ein so energisehes Wachsthum zurückzuführen ist, sondern daß es anfangs auschließlich Turgordilferenzen und elastische Dehnungen sind, welche dieses Resultat hervorrufen. Außerdem lieferten Versuehe mittels Doppelmessung - Calibrirung des Blüthenstieles; nach geotropischer Vertikalkrümmung Abwärtsbeugen, bis die Krümmung wieder ausgeglichen war, und darauf folgendes Recalibriren in aufrechter Lage - dasselbe Resultat, daß nämlich die Krümmung in der Hauptsache auf Rechnung einer solchen Turgorzunahme zu setzen ist. Einem ganz ähmlichen Verhalten der Blüthenstiele wie bei Viola tricolor begegnen wir bei Viola odorata L. Eine besondere Beachtung verdienen bei der letztgenannten Spezies noch die oft sehr stark auftretenden Nutationen der Stiele. Trotz der Wirkung des Geotropismus findet man die negativ geotropischen jungen Blüthenstiele, zumal in der Periode des ergiebigsten Wachsthums, stark gekrümmt, median wie lateral, und nutirend. Diese Nutationen machen sich ungestört in ihrem ganzen Effekte geltend, wenn der orientirende Einlinß der einseitig darauf wirkenden Schwerkraft fortfällt, also am Klinostaten. Vocuming, welcher die Viola odorata ebenfalls am Klinostaten rotiren ließ, hat meiner Ansieht nach die geotropischen Orientirungsbewegungen und diese spontanen Nutationen, die sieh unter Umständen antagonistisch entgegen stehen, nicht genügend auseinander gehalten.2)

Von den Blüthen mit langen Stielen an normal aufrechter Spindel wenden wir uns nun hin zu denen mit kürzeren oder ganz kurzen Stielen. Wir dürfen nach dem, was über die Bedeutung der relativen Länge der Stiele oben (pag. 244) auseinander gesetzt ist, eine so energische Bewegung und ein so vollkommenes Vermögen, die Blüthe aus jeder gegebenen Lage in die normale zurückzuführen, wie wir sie bislang kennen lernten, nicht mehr erwarten und werden denn auch eine sehr verschiedenartige Fähigkeit in dieser Richtung nunnicht vorlinden.

Es werden hier wesentlich Versuche mit einigen Delphinium-Arten,

<sup>1)</sup> Es ist damit natürlich nicht gemeint, daß 20 Minnten nach dem Umlegen dieser Erfolg sehon eingetreten wäre, vielmehr verstreicht zwischen dem Beginn des Versuchs und dem ersten sichtbaren Eintreten einer Bewegung eine Frist von 12—30 Minuten. Für obige Angabe ist die Zeit von 10 Minuten vor bis 40 Minuten nach der maximalen Bewegung herausgegriffen.

<sup>2) 1,</sup> c. pag. 143.

en weiter ittheilung Jorsalseite ten einen

te Blüthe aler Lage. swegs auf s anfangs 1, welche s Doppel-Vertikalchen war, Resultat, er solchen r Blüthen-Eine bech die oft g des Geoele, zumal edian wie in ihrem tig darauf i, welcher er Ansieht

ndel wenielen. Wir
der Stiele
egung und
Lage in die
nicht mehr
ihigkeit in

tanen Nu-

hen, nicht

ium-Arten,

legen dieser les Versuchs 30 Minuten 7 maximalen Aconitum Lycoctonum, Linaria, Antirrhinum, Digitalis und einer Anzahl von Labiaten und Papilionaceen anzuführen sein.

Die untersuchten Delphinium-Spezies, welche mit Blüthenstielen von sehr variabler Länge versehen sind, verhielten sich bei der Rückkehr aus abnormen Stellungen in die normale wesentlich wie Aconitum Napellus.

Durch Vertikalbewegung mit darauf folgender Lateralbewegung wurde die normale Erd- und Spindelstellung bei inverser Lage gewöhnlich rasch und vollständig wieder erlangt. Die große Lebensfähigkeit und Unempfindlichkeit dieser Versuchsobjekte — es wurden verwandt D. Staphisagria L., D. intermedium Ait., D. Ajaeis L. und D. cheilanthum Fisch. — gegen grobe äußere Eingriffe gaben mir Veranlassung, hier weitere Versuche über die Aktivität der Lateralbewegung anzustellen.

Bei ganz oberflächlicher Betrachtung der Lateralbewegung konnte man versucht sein, dieselbe auf innere Widerstände zurückzuführen, welche dem fortgesetzten Ausdelmungsbestreben der Dorsalseite gegenüber der Ventralseite im Blüthenstiele entgegenträten, welchen Widerständen dann diese positive Spannung nach der einen oder andern Seite geringeren Widerstandes ausweichen würde.

Obwohl diese Vorstellung die Wahrseheinlichkeit nicht auf ihrer Seite hatte, war es mir doch von Wichtigkeit, experimentell über die Bolle, welche innere Widerstände etwa mitspielen könnten, Aufsehluß zu erlaugen.

An einigen in verkehrter Lage fixirten Blüthenständen von Delphinium Ajaeis wurden zu diesem Zwecke die Blüthenstiele so verletzt, daß an einer Auzahl derselben mittels scharfen feinen Skalpells die Ventralseite, an auderen die rechte oder linke Flanke abgetragen wurde. Die Abtragungen waren verschieden stark bemessen; von leichten Abschürfungen der Oberhaut und der oberflächlichsten Gewebe wurden sie gesteigert bis zu einem Drittel des Stieldurchmessers. Mit Torfmoos und feucht gehaltenem Filter-Papier ausgekleidete Glasrecipienten, welche an einem Südfenster aber selbst im Schatten stehend - postirt waren, nahmen dann die verwundeten Blüthen auf, um eine Austrocknung der Wundflächen zu verhüten. Es war nach einiger Zeit erstaunlich zu sehen, wie wenig die Verwundung die Bewegungsfähigkeit der Blüthenstiele alterirt hatte. Fast alle verletzten Stiele führten die Krümmungen mit derselben Gesehwindigkeit und in derselben Art, wie die zur Controle intakt erhaltenen aus. Einige wenige nur hatten offenbar durch die Behandlung stärker gelitten. Trotzdem nun an den verwundeten Stielen die inneren Widerstände einseitig gründlich vermindert worden waren, zeigte sieh kein wesentlicher Effekt, welcher auf die rein mechanische Mitwirkung eines solchen bei der Bewegung hätte hindenten können.

Trotz theilweiser Entfernung der Ventralseite ging da die Mediankritmmung nicht weiter als bei den unverletzten Exemplaren, und bei denjenigen Stielen, welchen eine Seite zum größten Theile abgetragen war, war es nicht immer die gegenüberliegende unverletzte, welche durch ihre Verlängerung die Lateralbewegung hervorbrachte, sondern sehr oft die sehwer verletzte, die sich aktiv verlängerte. Die Lateralbewegung stellt sieh also, auch von dieser Seite geprüft, wieder als rein aktive, ja sogar große Schwierigkeiten überwindende Bewegung vor.

Die inneren Widerstände kommen dabei, wo es sieh um solche aktive orientirende Kräfte handelt, wie man sieht, kaum in Betracht. Auch bei Aconitum Lycoctonum gehen trotz verhältnißmäßig kurzer Stiele Medianund Lateralbewegung meist nach einander vor sieh. Daß die einseitige Last des hohen Kelchhelmes und der Nektarien keinen Einfluß auf die Drehung der Blüthen hat, wurde oben schon bemerkt.

Bei verschiedenen untersuchten Linaria-Speeies ist die Fähigkeit der Rückkehr in die Normalstellung aus inverser Lage eine verschieden große. Bei Linaria striata wird durch die zunächst eintretende Mediankrümmung der geotropische Grenzwinkel nur in den günstigsten Fällen erreicht, wenn die Knospe noch ganz jung ist. Das Wachsthum des Blüthenstieles reicht aber gewöhnlich nicht mehr zur Ausführung der ganzen Krümmung aus. Ähnlich verhält es sich mit der Lateralbewegung, die in dem eben erwähnten Falle schon sehr bald und lange vor Erreichen des Endesseks sistirt wird. Nur Knospen mit sehr wachsthumsfähigen jungen Stielen vermögen vollständig in die normale Stellung zurückzukehren.

Ähnliches Verhalten zeigte Linaria italica und Linaria vulgaris L.; die Bewegungen sind langsam. Schon geölfnete und invers fixirte Blüthen führen mittels der Stiele eine leichte Krümmung nach oben aus, bei welcher es meistens bleibt. Knospen zeigen ein stärkeres Bewegungsvermögen, wenn sie auch niemals die Fähigkeit besaßen, aus inverser Lage vollkommen in Normalstellung zurückzukehren. — Median- und Lateralbewegung treten anfangs getrennt, später gleichzeitig wirkend auf. Die Blüthenspindel ist oft von der Stelle ab, wo eben geöffnete Blüthen ihr inserirt sind, stark negativ geotropisch.

Antirrhinum majus L. Die Blüthen sitzen wie bei den vorher besprochenen Linarien rings um die Spindel, die Stiele sind nur ausnahmsweise bei intensiver einseitiger Beleuchtung heliotropisch. (S. Bemerkung pag. 248). Die Blüthenstiele sind ziemlich steil aufwärts gerichtet, liegen in ihrem unteren Theile der Spindel oft eng an und zeigen dabei oft eine ausgesprochene Neigung nach einer Seite hin, so daß die Blüthe nicht senkrecht über dem Ansatzpunkt ihres Stieles von der Spindel absteht. Auf diese seitliche Krümmung werden wir noch näher zurückzukommen haben; zunächst sei aber darauf hingewiesen, daß dieselbe mit dem Heliotropismus nichts zu schaffen hat. Werden Blüthenspindeln des Löwenmaul abwärts befestigt, so ist die Art und Weise der Aufrichtung der Blüthe eine ziemlich verschiedenartige. In seltenen Fällen wurde eine rein auftretende Medianbewegung beobachtet, welcher dann die Lateralbewegung folgte, meist

urch ihre r oft die ung stellt ja sogar

the aktive Auelt bei Medianeitige Last Drehung

igkeit der den große.
Arümmung cht, wenn des reicht nung aus.
eben erndeffektes
ielen ver-

L.; die Beien führen
weleher es
en, wenn
ommen in
ung treten
ndel ist oft
urk negativ

orher beausnahmsBemerkung
t, liegen in
eine ausgesenkrecht
Auf diese
naben; zuotropismus
ul abwärts
ne ziemlich
de Mediangte, meist

gingen beide gleichzeitig vor sich, oft sogar trat die Lateralbewegung bedeutend früher auf, als die mediane. In letzterem Falle verlängerte sieh an der inversen Blüthe zunächst eine Seitenkante bedeutend, bevor durch eine Wachsthumsverschiedenheit von Dorsal- und Ventralseite der Blüthenscheitel wieder oben hin gelangte.

Es wurde oben erwähnt, daß die Blüthenstiele an der senkrechten Spindel sehon seitlich schief geneigt sind; es wird bei senkrecht abwärts gerichteter Mutteraxe eine Seitenflanke also zur Unterseite werden, und diesem Umstand ist die rasehe Verlängerung der Seitenkante zum Theil auch zuzuschieben. Aber auch selbst dann, wenn man darauf achtet, daß der Blüthenstiel selbst lothrecht abwärts gerichtet ist, tritt dieselbe Erseheinung, eine Verlängerung einer Seitenkante, ein.

Auch die Fälle waren nicht selten, in denen sich die Ventralseite invers befestigter Blüthen verlängerte und dadurch die Blüthe in die normale Stellung brachte (Fig. 34, 32). Auch auf diese Art Mediankrümmung folgte Lateralbewegung. Es waren gewisse Gartenvarietäten mit roth und weiß

gescheckten Blüthen, die sieh so verhielten. Am Klinostat stellten sich deren Stiele als hyponastisch heraus, was obiges Verhalten erklärt.

Die Seitenkanten schienen auf den ersten Blick also geotropisch bedeutend empfindlicher zu sein, als die medianen. Versuche, welche das Verhältniß feststellen sollten, bewiesen jedoch, daß in der Weise das Verhalten nicht zu erklären ist, sondern wiesen auf autonome

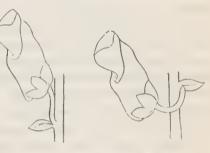


Fig. 34. Fig. 32.

Wachsthumsvorgänge hin. Das Vorhandensein von solchen gab sich gelegentlich von Versuchen mit dem Klinostaten dann auch unverkennbar kund.
Wurden in normaler Lage befindliche Blüthenspindeln von Antirrhinum der
Klinostatenbewegung ausgesetzt i), so zeigte sieh, daß die Stiele wie die der
meisten zygomorphen Blüthen etwas epinastisch sind und dadurch eine
schwache Mediankrümmung erfahren. Bedeutender als diese epinastische
Biegung tritt eine autonome Verlängerung einer Seitenkante, und zwar mit
großer Energie auf. Es tritt da also eine Eigenschaft auf, welche man
analog der Epi- und Hyponastie als Paranastie bezeichnen könnte.

Diese letztere bewirkt, daß der Blüthenstiel auch an der normal gestellten Spindel seitlich überneigt, und es ist nur dem starken Geotropismus

<sup>4)</sup> Von eingehenderen Klinostat-Versuchen war bisher noch nicht die Rede. Dieselben sollen am Schluß der Arbeit zusammen gestellt werden, wo es sich um die Darlegung der Natur der Lateralbewegung handelt. Bei Antirrhinum, wo sich die Sache etwas anders verhält als sonst, sollten dieselben sofort erledigt werden.

desselben zuzuschreiben, daß die Blüthe durch die Paranastie nicht umgestürzt wird. Es ist aber zu bemerken, daß nicht alle Stöcke von Antirrhinum solche paranastischen Blüthenstiele zeigen und daß auch unter den sonst paranastischen Blüthen eines Stockes einzelne Blüthen sich finden, denen dieses Merkmal fehlt. Die Stiele sind dann, von der ventralen oder dorsalen Seite her gesehen, gerade gestreckt und zeigen am Klinostaten nur Epinastie.

Eingehender konnte ich mich bei der weiter gefaßten Aufgabe mit den Verhältnissen bei Antirrhinum nicht heschäftigen; ich konnte nur sechs Versuche damit am Klinostaten anstellen, da dieser durch eine Menge

anderen Materials heständig in Anspruch genommen wurde.

Bei nicht paranastischen Blüthen zeigt sich die Erscheinung der Aufrichtung in der hekannten Weise. Wo bei invers fixirten Blüthen aber durch Paranastie eine Seitenkante zur unteren wird, da wirkt außerdem der Geotropismus an ihrer Verlängerung noch mit.

Bei Antirrhinum tritt also, was zu beachten ist, in manchen Fällen eine autonome Lateralhewegung auf. Bei der Reihe von anderen Pflanzen, bei welchen wir die Lateralbewegung schon kennen lernten, ist dieselbe nicht autonom, was hier vorgreifend bemerkt werden soll, und was auch schon daraus hervorgeht, daß diese Stiele normaler Weise alle gerade gestreckt sind. Bei Stielen, die nicht wie die von Antirrhinum so steil aufgerichtet sind und bei denen demnach die antagonistische Wirkung der Gravitation je nachdem viel geringer ausfiele, müßte sieh der Effekt einer paranastischen Krümmung schon in normaler Lage unverfälscht in einer seitlichen Krümmung mehr oder minder geltend machen.

Über weitere Versuche mit kurzstieligen zygomorphen Blüthen, die mit verschiedenen Serophularineen (Veronica, Digitalis, Melampyrum), Labiaten (Salvia, Monarda, Scutellaria, Lamium, Galeobdolon), Resedaceen (Reseda) und einer großen Zahl von Papilionaceen (Lupinus, Genista, Indigofera, Colutea, Pisum, Vicia, Phaseolus) vorgenommen wurden, können wir hier rascher hinweggehen, da sich mit geringen unwesentlichen Variationen die Vorgänge, sowie wir sie schon kennen gelernt haben, auch hier abspielen. Nach Aufführung einzelner, der kurzen Bemerkung werther Thatsachen dabei soll der Charakter in der Bewegung der ganz kurz gestielten Blüthen noch einmal näher in's Auge gefaßt werden und es ist dann auch am Platze, auf die Einseitswendigkeit zygomorpher Blüthen und deren Ursachen einnal ein flüchtiges Streiflicht zu werfen.

Von der Gattung Veronica wurde nur die Spezies longifolia L. untersucht. Außer einer geringen Aufrichtung der Blüthe fand an den sämmtlichen Blüthenständen von fünf daraufhin geprüften Stöcken keine weitere Bewegung statt; nur die als junge Knospen der abnormen Lage ausgesetzten Blüthen zeigten neben geringer Mediankrümmung den Beginn der lateralen Bewegung. Bei geöffneten Blüthen ist der Griffel abwärts gehogen, er liegt

dem vorderen unteren Blumenblatte fast auf. Daß diese einseitige Biegung it umnicht auf spontaner Nutation, wie es bei den Bewegungen der Sexual-Antirorgane gewöhnlich der Fall ist, sondern auf Geotropismus heruht, wird er den durch das Verhalten von invers fixirten Blüthen klar, bei welchen sich inden. der Griffel auch abwärts schlägt und so dem hinteren oberen Blumenblatte n oder sich auflegt. — Nach der von H. Müller 1) angegebenen Befruchtungsweise ostaten für Veronica Chamaedrys L. sind auch die invers bleibenden Blüthen vollkommen befruchtungsfähig.

> Von den Labiaten zeigten zwei Gattungen Eigenthümlichkeiten betreffs des Verhaltens der Gorolle in abnormer Lage, nämlich Lamium und Scutellaria. Es zeigte sich bisher immer, daß der Blüthenschaft das Hauptorgan für die Aufrichtung der Blüthen abgiebt und daß, wenn dieser daran verhindert wird, die einzelnen Blüthenstiele diese Aufgaben übernehmen. Kelch und Corolle nahmen an den Bewegungen keinen Antheil. namentlich die Corolle zu solchen auch befähigt ist und in manchen Fällen

> ganz regelmäßig ausführen muß, werden wir bei später zu behandelnden ungestielten Blüthen kennen lernen, und es ist deshalb von besonderem Interesse, daß auch bei gestielten Bläthen diese Fähigkeit sehon im Prinzip vorhanden ist. So wurde in wiederhalten Fällen bei Lamium album L., dessen Stengel abwärts befestigt waren, eine schwache Torsion in der Blumenröhre beobachtet, die meist 45 Grade nicht überschritt und Welche die nicht vollständige Orien- Fig. 33. Brüthe von Lamium, nach Mediankrümmung. Fig. 31. Drehung der Corolle daran. tirungsbewegung des kurzen Blü-

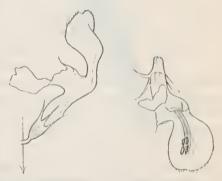


Fig. 33.

thenstieles ergänzte (siehe Fig. 34). - Auch zeigte sich an den vierkantigen, in verkehrter oder sehräger Lage fixirten Stengeln der Lamium- und Galeohdolon-Arten besonders dentlich eine starke Torsion der jungen wachsthumsfähigen Internodien. Auf die Natur und die Art des Zustandekommens dieser Torsion konnte nicht weiter eingegangen werden. Sie ist jedenfalls durch die verkehrte Lage und die Gravitation bedingt, ihr Eintreten aber durch die his jetzt bekannten Einwirkungen der Schwere auf Pflanzentheile nicht ungezwungen zu erklären. Die Torsionen an den schräg dahin wachsenden Internodien der Schlingpflanzen gehören sicherlich zum Theil anch <sup>1</sup>n diese Kategorie. Vielleicht gehört auch das Tordiren von Stamminternodien (z. B. von Philadelphus), welche aufrecht wachsend, dekussirte Blattstellung

nit den sechs Menge

er Auf- · n alier Berdem

en eine en, hei e nicht on darkt sind. et sind e nachstischen Krüm-

die mit Labia-Reseda) ligofera, wir hier nen die spielen. atsachen Blüthen n Platze, ien ein-

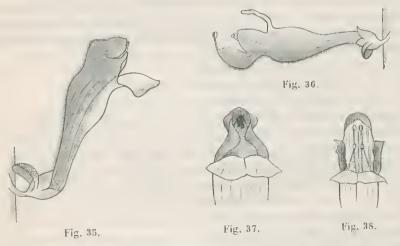
tersucht. mtlichen tere Begesetzten lateralen , er liegt

<sup>1]</sup> Dr. Hermann Muller, Die Befruchtung der Blumen durch Insekten und die gegen-Seitigen Anpassungen beider, Leipzig 1873.

besitzen und diese, wagrecht wachsend, in eine zweireihige unnwandeln, zu dieser noch räthselhaften Art der Gravitationswirkung. 1)

Bei Seutellaria altissima L., einer großen kaukasischen Labiatenform, auf deren Blüthenstellung wir weiter unten noch einmal zurückzukommen haben, war ebenfalls eine deutliche Einwirkung der Gravitation auf die Form der Gorolle zu constatiren.

Es kommt bei den kurzstieligen Blüthen im Allgemeinen nicht selten vor, daß einzelnen Stielen jegliche Bewegungsfähigkeit abgeht, und die Blüthe bleibt dann in jeder ihr künstlich gegebenen Lage stehen. Bei den paarweise an einem Knoten sitzenden Scutellaria-Blüthen fehlt gewöhnlich die Bewegungsfähigkeit diesen beiden gleichalterigen Blüthen zugleich und an solchen abwärts stehen bleibenden hat man Gelegenheit, die Einwirkung



der Schwerkraft bei dauernd abnormer Richtung zu beobachten. Die Corolle eines solehen Blüthenpaares, welches sich in der richtigen Reihenfolge mit den übrigen Paaren öffnete, wurde dadurch eigenartig in der Gestalt verändert.

Bei der normalen Blüthe (Fig. 35) liegt die Oberlippe ziemlich fest auf den beiden seitlichen Gorollenläppehen, Antheren und Griffel in sich einschließend, auf, während die Unterlippe durch die Convexität ihrer Innenseite sich abwärts schlägt (Fig. 37). Außerdem ist am Grunde der Blumenröhre noch ein scharfes Knie zu bemerken, welches die Aufrichtung des längeren, oberen Röhrentheites bewirkt. An den dauernd invers gebliebenen Blüthen waren diese Verhältnisse derart verändert, daß die Oherlippe sich nach unten gebogen hatte. Die seitlichen Gorollenzipfel, welche, in der

<sup>1)</sup> Die Unzulänglichkeit der de Vaus'schen Erklärung für die Torsion solcher horizontaler Internodien wird weiter unten, wo wir auf die Analogie der Bewegung von Blättern mit denen der Blüthen eingehen sich herausstellen. Vergl. auch was im 2, Theile der Arbeit über Spiranthes gesagt wird.

form, umen f die

n, zu

selten d die si den hnlich h und rkung



Corolle dge mit dindert. fest auf ch einlunendumenung des

ebliebe-

perlippe

, in der

her horigung von 12. Theile normalen Blüthe zusammengeschlagen, den Eingang in die Blüthe verengen, waren dabei weit auseinander gefaltet und die Staulifäden sahen, ebenfalls auseinander weichend und jeglichen Schutzes beraubt, weit aus der Blumenröhre vor. Das Knie an der Basis der Röhre war beinahe ausgeglichen (Fig. 35—38).

Um zn entscheiden, ob diese Veränderungen wirklich auf die relative Richtungsänderung der Schwere uder aber auf innere abnorme Bildungsbedingungen zuritckgeführt werden mußten, — Bedingungen, welche vielleicht auch an der Unbeweglichkeit der Stiele Autheil hatten — wurde eine ganze Anzahl von Knospenpaaren so durch Umwickeln der Stiele und Wasserglasverband an die Spindel fixirt, daß an eine Bewegung der letzteren nicht zu denken war. Auch hei diesen Blüthen, denen eine krankhafte Beanlagung nicht zukam, traten in Folge der daueruden Ahwärtshaltung alle die ohen angeführten Gestaltveränderungen, wenn auch nicht in gleich hohem Maße ein. Das Ahwärtsbiegen der Ober- und Unterlippe ist daher auf Geotropismus zurückzuführen.

(Da kein derartiger Versuch bei Lichtabschluß angestellt wurde, liegt die Möglichkeit vor, daß die Umänderung auch durch negativen Heliotropismus veraulaßt sein kann; bei einseitiger Beleuchtung von Blitthen zeigt sich aber nichts, was auf solehen hindeutet.)

Alle anderen abweichenden Erscheinungen, das Auseinanderweichen der seitlichen Kronzipfel, das Hervortreten und Spreizen der Stamina, zum Theil auch selbst das Abwärtsbiegen der Unterlippe, werden sekundär durch die Abwärtshiegung der Oberlippe hervorgerufen. Durch mechanisches, gewaltsames Herabbeugen derselben an normalen Blüthen kann man jederzeit die entsprechenden Veränderungen auch hervorbringen und man sieht dabei, daß der geotropische Druck der helmartigen Oberlippe in der normalen Stellung nicht nur die größeren Stamina in hestinumter Lage gewaltsam festhält, sondern auch Spannungen in der zarten Corolle hervorruft, welche die Form derselben mit bedingen.

Bei Lamium purpnreum L. wurde ein ähnlicher geotropischer Druck der Oberlippe gefunden, welche letztere sich an dauernd invers gehaltenen Blüthen ehenfalls etwas abwärts biegt und sich von den Staubfäden entfernt.

Bei den gewaltsam abwärts gehaltenen Blüthen von Scutellaria altissima wurde der Winkel am Kuie<sup>1</sup>) der Gorolle, der normal nahezu 120° heträgt, sehr abgestumpft (Fig. 36) oder gar ausgeglichen, ein Beweis, daß der untere jüngste, durch interkalares Wachsthum erst gebildete Röhrentheil stark negativ geotropisch ist, was sieh auch durch die Aufwärtskrümmung hestätigte, welche seitlich horizontal gelegte Blumenröhren erfahren.

<sup>4)</sup> Unsere einheimische Scutellaria minor L. hat überhaupt keine solche knieartige Beugnng in der Krouröhre, dieselbe ist gerade. Wo das Knie bei Scutellaria vorkommt, ist es keine inhärente Wachsthumsursache, die zu seiner Bildung führt, sondern, wie gesagt, nur negativer Gentropismus des stark wachsenden basalen Theiles.

Es deuten diese gelegentlichen Beobachtungen darauf hin, daß die Gestaltungsverhältnisse der Blüthen nicht nur von inneren Ursachen geregelt werden, sondern daß auch äußere Einflüsse wesentlich auf dieselbe einwirken köunen.

Das Gemeinschaftliche im Charakter der Bewegung kurzstieliger Blüttenformen wurde schon theilweise mit der Bemerkung angedentet, daß dieselbe oft, sogar meist nicht zur vollen Normalstellung zurückführt, also unvollkommener, als bei langstieligen ist.

Dabei tritt uns oft die Medianbewegung allein entgegen, ohne daß von der Lateralbewegung irgend eine Spur zu sehen ist (ältere Blüthen der Salvia splendens Ker., Guphea ericoides Chams.), oder dieselbe folgt der Medianbewegung so unmittelbar, daß beide nachher gleichzeitig auf den Stiel einwirken. Die Folge ist natürlich die gleiche, wie bei aufeinander folgender Wirksamkeit, nämlich die normale Erd- und Spindelstellung, nur ist die Art und Weise, wie dies erreicht wird, eine andere.

Wenn bei Aconitum der Endzustand, nämlich eine Torsion des Blüthenstieles um 480°, sich deutlich als durch verschiedene Componenten (der Medianbewegung und der Lateralbewegung, wobei der Geotropismus die normale Erdlage erhält) erreicht erkennen ließ, weil beide Componenten nacheinander wirksam waren, so verschmelzen sie bei vielen Labiaten und Papilionaceen zu einer resultirenden Bewegung, welche die Blüthe in einem kleinen Bogen um ihre eigene Axe sich drehen läßt, bis derselbe Effekt erreicht wird. Die Torsion ist keineswegs eine solche, an Ort und Stelle durch Drehung des Blüthenstieles um seine Axe hervorgegangene, sie kommt auch bei den kurzstieligen Formen nicht etwa durch eine gleichmäßige Verlängerung aller Seitenkanten gegenttber einem axilen Gewebestrang zu stande 1), sondern der ganze Bewegungsvorgang deutet darauf hin, daß hier die uns bekannten Componenten, zugleich wirkend, denselben Effekt in etwas modifizirter Weise erreichen. Bei einer Drillung könnte die Blüthe an Ort und Stelle gedacht werden, in der That beschreibt dieselbe aber einen Bogen im Raume, sie nimmt denselben Weg um ihre gedachte frühere Axe, wie etwa eine Schlingpflanze nm ihre Stütze, und Kurven, die man von einem bestimmten Punkt der wandernden Blüthe anf eine Glasplatte projizirt, zeigen dies auf das Deutlichste.

Auch kann man die Torsion verhindern, wenn man durch einen um das Ende des Blüthenstieles gelegten Ring dessen Krümmungen verhindert, ohne dadurch der Drehung an Ort und Stelle ein Hinderniβ in den Weg zu legen.

Entfernt man dann nach einiger Zeit den Ring, dann sehwingt die Blüthe in Folge der entwickelten Spannkräfte im Bogen herum, in der Balm,

<sup>4)</sup> Auf diese Verhäftnisse werden wir am geeigneten Platze zurückkommen.

Gestaleregelt e ein-

r Bl#t, daß rt, also

aß von en der Igt der uf den nander ng, nur

es Blünenten pismus ponenabiaten ithe in erselbe he, an seine Formen gegenegungsen, zueichen. den, in it den-

nen nm hindert, Weg zu

nze unt

r wan-

: Dent-

ngt die er Bahn, welche sie bei der Ermöglichung freier Bewegung eingeschlagen hätte. Soviel an dieser Stelle darüber. —

Bei Betrachtung der Stellung und der Bewegungen zygomorpher Blüthen überhaupt nuß auch der Einseitswendigkeit vieler derartiger Blüthen gedacht werden.

Diese kommt hei einer großen Zahl von Pllanzenspezies durch ausgesprochenen Heliotropismus der Blüthenstiele zu stande.<sup>1</sup>) Die einseitige Richtung der Blüthen nach der Quelle intensivsten Lichtes kann aher auf einer ganz anderen Eigenschaft der Blüthenstiele hernhen, die mit dem Heliotropismus gar nichts zu thun hat.

Wie hier die Häufung nach der Lichtseite zu stande kommt, das kann man am besten an der Digitalis purpurea erfahren. Bei dieser, an den Lichtungen unserer Gebirgswälder häufig zu treffenden Pflanze sieht man die Blüthentrauben alle dem Fleckehen freien Himmels zugekehrt, welches ihr Standort ihnen bietet, und es scheint nichts natürlicher als die Annahme, daß hier eine heliotropische Hänfung vorliege. Ganz anders, wenn man eine vollständig unter freiem Himmel kultivirte, allseitig heleuchtete Pflanze dagegen hetrachtet. Auch hier sind die Blüthentramben einzelu scharf einseitswendig, ohne von einseitigem Lichte getroffen zu werden, und nach verschiedenen Himmelsrichtungen hingekehrt. Die Sache hängt da einfach so zusammen, daß die Blüthenstiele zu einer gewissen Zeit ausgesprochen positiv geotropisch sind und bei dem Überhängen der Spindel nach einer Seite sich nach derselben Seite nach unten wenden. Das Überhäugen der Spindel kommt nun einerseits zu stande durch das Gewicht der schweren Knospen, es wird wenigstens bei jungen, mit Knospen voll besetzten Spindeln dadurch verstärkt, doch ist dieser Faktor dabei unwesentlich, wie man aus dem Überhängen schwach besetzter Spindeln schon sehen kann. Dasselbe ist vielmehr aktiver Natur; es ist eine einseitige spontane Nutation, denn läßt man den oberen Theil einer Infloreseenz am Klinostaten langsam rotiren, so verstärkt sich die Krümmung erheblich Daß es dazu bei der normal wachsenden Pflanze nicht kommt, <sup>d</sup>as liegt an der antagonistischen Wirkung des negativen Geotropism<mark>us.</mark> Bei Exemplaren, welche von Jugend auf einseitig beleuchtet sind, bewirkt der Heliotropismus des jugendlichen Schaftes die Neigung, nach der Licht-Seite sich zu wenden, und in diesem Sinne tritt dann merkwürdiger Weise <sup>au</sup>ch die spontane Nutation auf, so daß an Waldrändern die Blüthenschä<mark>lte</mark> mit wenigen Ansnahmen nach der Lichtung hin nieken. Hängt jedoch die Spindel an solchen Orten, wie es ausnalmisweise zuweilen vorkommt, nach der Schattenseite über, so folgen die Einzelblüthen in ihrer Wendung der Spindelspitze nach dem Dunkeln hin, ohne sich dem Lichte entgegen zu richten.

<sup>4)</sup> Näheres darüber in Wiesner I. c. Drittes Kapitel. Blüthen- und blüthenförmige l<sub>liflorescenzen,</sub> p. 62—74.

Zahlreiche Versuche belehrten mich, daß positiver Heliotropismus den Blüthenstielen dabei keineswegs ganz abgeht, sondern daß derselbe nur von dem positiven Geotropismus überwunden wird.

si

di

S

Ŋ

is so so St

d<sub>e</sub>

ge

de

Be

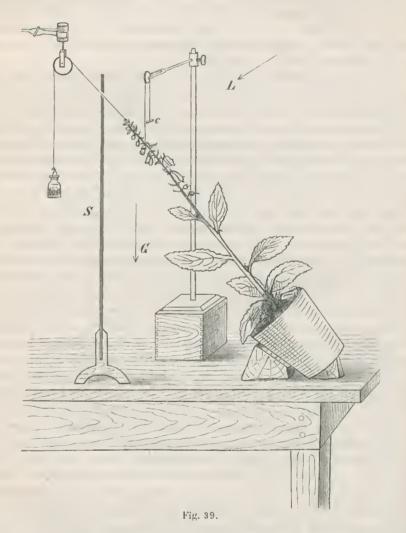
St

61

W

// d:

Werden Blüthentrauben des Fingerhutes vor einem Südfenster etwa so angebracht, daß die Blüthen in einer den Fensterscheiben parallelen Ebene herabhängen, daß sie also seitlich vom Lichte getroffen werden, so



sieht man deutlich heliotropische Krümmungen der Stiele nach der Lichtseite hin eintreten. Der überwiegende Einfluß der Gravitation aber läßt sich am besten durch folgendes Experiment beweisen:

Eine kräftige Blüthenspindet (Fig. 39) stellt man an einem Südfenster vor einer schwarzen Fläche (S) so auf, daß die Blüthen nach dem Lichte gewandt

mus den elbe nur

ter etwa arallelen rden, so sind. Dann neigt man die Spindel nach rückwärts dem Dunkeln zu und livirt dieselbe in schräger Lage (etwa unter 45°), wobei man Sorge trägt, daß die Spindel durch ein Gewicht in dieser Lage gestreckt gehalten wird. Die Knospen einer gewissen Altersstufe sieht man dann sieh der Erde, nicht aher dem einfallenden Lichte zuwenden (Fig. 39). Dabei ist es nicht das Gewicht der Knospen, welches die Stiele passiv herabzieht, sondern aktiver Geotropismus, welcher im stande ist, ein kleines Gegengewicht der Blüthe zu heben. Später erheben sich die Blüthenstiele an der Spindel, bleiben aber dabei einseitswendig.

Die Einseitswendigkeit mancher anderer Blüthenstände — Penstemon, Chelone etc. — und ihre scheinbar durch Heliotropismus bedingte Häufung der Blüthen werden wohl, wie bei Digitalis, auch auf positiven Geotropismus der Blüthenstiele auf einer gewissen Altersstufe zurückzuführen sein.

Versuche in dieser Richtung mit weiteren Pflanzen wurden nicht angestellt.

Das Verhalten der Digitalis-Blüthen führt unmittelbar zum Verständniß der Einseitswendigkeit von Blüthen einer anderen Kategorie von Pflanzen. Bei diesen lindet für gewöhnlich keine mittelbare Orientirung nach dem Lichte statt, sondern alle Blüthen an der ganzen Staude sind selbst bei einseitiger Belenchtung nach allen Himmelsrichtungen, aher alle von der Staude nach außen gewendet. Als Beispiel für diesen Habitus lassen sich gewisse Scutellaria-Arten anführen, besonders die sehon erwähnte Sc. altissima.

Die Gattung Scutellaria hat dekussirte Blattpaare; die in endständiger Inflorescenz stehenden Blüthen sind ebenfalls dekussirt in den Achseln der Tragblättehen angelegt, welch letztere entweder die Gestalt häntiger Schmppen angenommen haben oder aber, Form und Beschaffenheit der Laubhlätter im weschtliehen beibehaltend, bedeutend kleiner als diese entwickelt werden. Bei manchen Arten, z. B. hei Sc. hastaefolia L., bleibt bei ganz aufrechter Spindel diese Stellung unverfälscht erhalten, bei anderen werden die Blüthen einseitswendig und gerathen durch Torsion der Interhodien scheinbar in zwei Orthostiehen. Mit letzterem Hahitus, der unter anderen von unserer einheimischen Scutellaria galericulata L., hesonders schön aber, wie gesagt, von der großen kaukasischen Sc. altissima repräsentirt Wird, haben wir uns allein zu beschäftigen. Die Erscheinung, auf die es dabei wesentlich ankommt, ist die, daß selbst an stark einseitig beleuchteten Büsehen dieser Scutellaria die Blüthen in allen Richtungen nach außen gewandt sind. Die Einige Stauden der letztgenannten Art wurden in Töpfen

ler Lichtaber läßt

enster vor e gewandt

<sup>4)</sup> Bei Wiesner — I. c. pag. 68 — findet sieh eine Angabe über "Außenstellung der Blüthen« bezüglich Odontites officinalis — (Euphrasia officinalis L. (?), Autorname fehlt. Persoon gebraucht den Gattungsnamen Odontites nur für diejenigen Formen der Unnetschen Euphrasia, deren Oberlippenrander nicht zurückgeschlagen und deren Un-

gezogen, welche dicht an einer mit Epheu bewachsenen Mauer (Nordseite) eines hohen Hauses standen; nach der Entwicklung der Blüthenstände waren die Blüthen der hinteren, der Wand benachbarten Inflorescenzen alle scharf der Mauer zugekehrt in demselben Maße, als die Spindelaxe selbst nach dieser hinüber geneigt war. Die Richtung des Überhängens der Inflorescenzaxe, denn ein solches tritt gerade nur bei den Scutellarien, die einseitswendige Blüthenstände haben, auf, bestimmt auch hier die Richtung der Einseitswendigkeit ganz und gar. Der obere Theil der Blüthenspindel weist nämlich bei dieser Pflanze, wie die von Digitalis, eine ausgesprachene spontane Nutation auf, wodurch die Spitze in eine schräge, oft annähernd horizontale Lage geräth.

Durch entsprechende Torsionen der Internodien um 90 Grad werden dann genau, wie bei horizontal wachsenden Philadelphuszweigen die Bätter, so hier die Blüthen zweizeilig

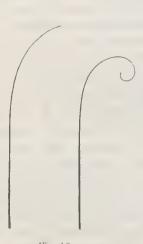


Fig. 40.



Fig. 41.

gestellt und zwar so, daß dieselben seitlich an die Spindel zu liegen kommen.

Positiver Geotropismus — kein passives Herabhängen, wie es Wiesner für Odontites angiebt — veranlaßt dann die Blüthenstiele, sich der Erde

terlippenzipfel stumpf sind, wozu Euphrasia officinalis L. nicht gehört) — hei welcher Pflanze ähnliche Verhältnisse, wie bei unserer Scutellaria vorliegen.

Der Sachverhalt ist bei Scutellaria jedoch ein etwas anderer, als dies aus den in dieser Beziehung weniger eingehenden Augaben Wiesner's für Odontites hervorgeht, 50 daß ich es für angezeigt halte, an dieser Stelle meine eigenen Versuche mitzutheilen.

ordseite)
enstände
scenzen
indelave
gens der
rien, die
Richtung
nspindel
prochene
nnähernd

zuzudrehen, während die Tragblättehen durch eine Stieltorsion ihre Oberfläche nach oben, dem Lichte zukehren. Dieser Prozeß geht erst in einem gewissen Alter, wenn die Internodien eine gewisse Länge, Traghlättehen und Knospen eine gewisse Größe erreicht haben, vor sieh. An der Spitze ist die Anordnung der Theile die ursprünglich dekussirte. Die aus Blattachseln des Hauptsprosses entspringenden Inflorescenzaxen sind plagiotrop und im Sinne ihres Plagiotropismus tritt in denselben die Nutation ein, so daß alle Seitensprosse nach außen, von der Hauptaxe weg geneigt sind, womit dann auch den Blüthen derselben diese Richtung gegeben wird. Die Bläthenstände zweiter Ordnung, welche ans Blattachseln der Seitensprosse erst hervorgehen, verhalten sieh dann zu jenen wie jene zum Muttersproß, und auch hier bestimmt der Plagiotropismus der Seitenverzweigungen die Art der Nutation und damit die Richtung der Blüthen, die sich so stellen, daß sie, der Nutation der Muttersprosse folgend, nach außen stehen. Mit zunehmendem Alter strecken sieh die früher überhängenden jungen Spitzentheile gerade aufrecht, so weit es sich mit ihrem Plagiotropismus vereinigen läßt. Die durch das frühere Überhängen auch äußerlich auffällig gewordene Dorsiventralität ist aher eine dauernde geworden. Es ist vielleicht von Interesse, zu erfahren, daß gewisse Strecken soleher Blüthensprosse, an denen die angelegten Knospen verkümmern, gerade gestreckt bleiben und daß da die dekussirte Stellung der Organe völlig beibehalten wird; das Überhängen und Tordiren der Spindel beginnt erst da, wo völlig entwickelungsfähige Knospen stehen: Eine Andeutung, daß hei derartigen Axen-Torsionen die getragenen Organe, denen zu liebe die ersteren überhaupt stattfinden, eine wichtige Rolle spielen.

Unterwirft man blüthenbesetzte Spindeln der Sentellaria der Klinostatenbewegung, so sieht man sehon nach ganz kurzer Zeit, daß sieh die leise Kritmmung an den Sproßenden erheblich bis zur wickelartigen Einfollung verstärkt. Es ist also Epinastie, welche die Kritmmung der Spitzen überbampt bedingt, welcher aber der negative Geotropismus in normaler Lage entgegenwirkt. Es ist dabei merkwürdig, daß die epinastische Förderung des Wachsthums nicht eine bestimmte Seite des vierkantigen Stengels betrifft, sondern wechselt, je nachdem durch die Torsion eine andere Seite Außenseite wird. Die starke Einrollung nimmt übrigens am Klinostat im Laufe der Zeit wieder ab, ohne jedoch ganz auf das frühere Niveau der Krümmung an normal wachsender Spindel zurückzusinken. Die Laubblätter erfahren dabei ehenfalls eine starke epinastische Krümmung und etwaige heliotropische Krümmungen nach einer Seite hin werden ausausgeglichen.

Charakteristisch ist nun das Verhalten der Blüttlien an langsam horizontal gedrebten Spindeln; es entspricht insofern ganz der oben gegebenen Erklärungsweise, als diese aufrecht in den Achseln ihrer Tragblättehen stehen bleihen und, da die Torsion an ganz jung der Klinostatenhewegung unter-

zu liegen

s Wiesner der Erde

bei welchet

aus den in vorgeht, <sup>so</sup> utheilenworfenen Spindeln unterbleibt, nun in dekussirter Stellung aufblühend, den Habitus der nicht einseitswendigen Scutellarien wiedergeben. Dieselbe Erscheinung wurde erreicht, wenn junge mit Knospen besetzte Spindeltheile gezwungen wurden, in lothrechter Riehtung aufwärts zu wachsen. Durch einen vorsichtig befestigten Faden, der über eine Rolle laufend ein entsprechendes Zuggewicht trägt, kann man dieses und damit zugleich erreichen, daß wenigstens ein kleiner Theil der Knospen sich an untordirter Spindel in dekussirter Stellung entwiekelt, ohne dabei irgend einseitswendig zu werden. Die meisten jüngeren Knospen gingen bei einer solchen Behandlung der Mutteraxe bei meinen Versuchen zu Grunde. Die entwickelten legten sich in dem Altersstadium, in welchem die Stiele positiv geotropisch sind, den Tragblättern dicht auf.

Die Drehung der Blüthen an abwärts fixirten Spindeln erfolgte je nach dem Alter, in dem dieselben verkehrt gestellt wurden, mehr oder minder vollständig. Nach einer rasch ausgeführten Vertikalkrümmung folgte die Lateralkrümmung, die meist so auftrat, daß sich die durch die Einseitswendigkeit einander zugeneigten Kanten verlängerten und damit die Blüthen von einander weg nach außen gebogen wurden. Es wurde aber auch hie und da das Entgegengesetzte beobachtet.

Ehe wir uns nun von den kurzgestielten zygomorphen Blüthen zu ungestielten wenden, soll nur noch erwähnt werden, daß bei Canna indica L. und Canna coccinea Ait., sehr kurzstieligen Formen mit unterständigem Fruchtknoten, sowohl Mediankrümmung als Lateralkrümmung vom Stiel, von dem Fruchtknoten und dem untern Theil der Corolle ansgeführt werden. Völlige Rückkehr in die Normalstellung aus ganz inverser Lage wurde dabei niemals beobachtet; es fehlte daran im günstigsten Falle immer noch eine Drehung um 45 Bogengrade.

Bei der Betrachtung ungestielter Blüthen bezüglich ihrer Befähigung, an schräg oder abwärts gerichteter Mutteraxe die Normallage anzunehmen, kam es mir darauf an, ein Objekt zu finden, bei welchem kein anderer bewegungsfähiger Theil für eine Orientirung der Corolle sorgen konnte, als diese selbst, wo also auch kein solcher unterständiger Fruchtknoten vorhanden war, der die Bolle eines Stieles übernommen hätte. Daß dies von Fruchtknoten geschieht, haben wir an dem eben berührten Beispiel von Canna schon flüchtig gesehen, werden es in hohem Maße aber noch bei vielen Orchideen bestätigt finden.

Die für die nächstliegenden Zwecke günstigsten Untersuchungsobjekte fand ich in den beiden Geißblattarten, der Lonicera Caprifolium L. und L. Perielymenum L. Die langen, mit ausgesprochenem Zygomorphismus begabten Kronröhren sitzen bei diesen Pflanzen auf dem kurzen ungestielten Fruchtknoten, dessen Reaktion gegen die Richtkräfte eine so geringe ist, daß sie überhaupt nieht in Betracht kommt.

Draußen im Freien schon findet man Anhaltspunkte tiber die Art und

end, den Dieselbe Spindelvachsen. fend ein eich ertordirter eitswensolchen Die ent-

e je nach • minder olgte die eitswen-Blüthen uich hie

positiv

ithen zu anna innterstäning vom CoroHe ganz ingimstig-

anigung,
nehmen,
lerer benute, als
ten vordies von
spiel von
noch bei

gsobjekte L. und L. gmus begestielten e ist, daß

Art und

Weise, wie hier für die Normalstellung Sorge getragen wird, denn es ist etwas gauz gewöhnliches, daß bei diesen schlingenden Pflanzen einzelne blüthentragende Zweige schräg aufwärts oder horizontal gerichtet sind, oder aber, ohne eine Stütze gefunden zu haben, sehräg abwärts hängen. Für die normale Orientirung der Staubbeutel und des Narbenkopfes — denn auf diese kommt es bei diesen Nachtfalterblüthen hauptsächlich an — sorgt dann die lange Kronröhre selbst.

Sie ist dazu besonders befähigt durch ein ausgiebiges interealares Wachsthum einer großen basalen Strecke.

Wenn man die jungen dichasischen Scheinquirle dieser Loniceren senkrecht abwärts fixirt, so tritt in den Kronröhren ganz wie in Blüthenstielen zunächst eine mediane Vertikalbewegung auf, die es fertig bringt, daß die oberen Corollentheile wieder in die normale Erdlage gelangen, wodurch dieselben freilich rundum dem Muttersproß zugebogen werden.

Bei der Lonicera Caprifolium muß man, um diese Erscheinung ungestört beobachten zu können, das nächste verwachsene Blattpaar zum Theil entfernen, manchmal schlägt sich dasselbe zwar bei inverser Lage auch selbst nach oben um, aber das genügt nicht, um den Blüthen völlig freien Spielraum zu lassen.

Einige Zeit nach der Medianbewegung tritt dann in ziemlich allseitig belenchteten Blüthen die Lateralbewegung irgend einer Seitenkante ein, welche die Blüthe von der Spindel ah wieder nach außen bewegt. Durch die Gombination des Geotropismus mit der Lateralbewegung tritt dann in der Corolle, wie in Blüthenstielen, eine Torsion um 180° ein, ein Fall, der aber nur bei Lonicera-Blüthen beobachtet wurde, die schon als ziemlich jugendliche Knospen einer abnormen Lage ausgesetzt wurden.

In normaler Lage einseitig stark beleuchtete Scheinquirle beweisen, daß auch ein gewisses Maß von Heliotropismus der Corolle zukommt; durch diesen wird die beschattete Seite im Wachsthum befördert und es ist sehr häufig, besonders an inversen Blüthen der Lonicera Caprifolium zu sehen, daß sich die Lateralbewegung dann dieser Seite auch bemächtigt, und so die Biegung nach dem Lichte hin ausgeführt wird. Blüthenröhren, deren Seitenkanten nicht von verschieden intensivem Lichte getroffen werden, und die trotzdem die Lateralbewegung ausführen, beweisen, daß die Seitendrehung vom Lichte nicht wesentlich abhängt. Letzteres spielt auch hierbei eine untergeordnete Rolle, und wenn es dazu beiträgt, den Sinn der Drehung bei stark einseitig beleuchteten und deshalb heliotropisch besonders empfindlichen Blüthen zu hestimmen, so hängt das mit einem Umstande zusammen, den wir weiter unten noch näher werden kennen lernen, nämlich damit, daß die Bewegung in die Normalstellung regelmäßig auf dem kürzesten Wege erfolgt. 1) 1st deshalb durch he-

<sup>1)</sup> Es ist dieser wichtige Grundzug der betrachteten Orientirungsbewegungen aus der Annahme eines Strebens nach der exotropischen Endstellung und der Combination

liotropische Kritmmung einer median gekritmmten Blüthenröhre schon ein Theil des Weges zur normalen Spindelstellung zurückgelegt, wenn die Lateralbewegung auftritt, so ist die Blüthe dadurch in eine wesentlich geänderte Lage gebracht. Giebt man diese Lage einer allseitig beleuchteten Corolle künstlich, so tritt auch ohne vorherige heliotropische Wirkung die Lateralbewegung aktiv in der entsprechenden Seitenkante auf. Der Zusammenhang von Heliotropismus und Exotropie ist also hier auch nur scheinbar ein kausaler, was eine besondere Beriteksichtigung bei der Beurtheilung des Thatbestandes verdient. So lange man sich das nicht klar gemacht hat, lassen sich die Thatsachen, daß die Lateralbewegung einerseits gänzlich unabhängig von der Lichtrichtung auftritt, wie bei Aconitum, andrerseits von dieser bestimmt zu werden scheint, wie bei stark heliotropischen Blüthengebilden, gar nicht miteinander vereinigen. — Versuche im Dunkelzimmer oder Dunkelrecipienten, in den man einzelne Zweige einführt, sind mit Lonicera noch weniger zulässig, als mit anderen Objekten; denn an Zweigen, die unter denselben Umständen im Dunkeln gehalten werden, wie andere im Lichte, fallen die Blüthenröhren nach sehr kurzer Zeit ab1), ein Zeichen, daß hier die Dunkelheit tief greifende allgemeine Störungen hervorruft, was in diesem Falle um so auffallender ist, als die Blumen des Geißblattes eigentliche Nachtblumen sind, die freilich in der relativ hellen Dämmerung unserer Sommernächte und nach tagelanger Beleuchtung den Höhepunkt des Duft- und Honigreizes entfalten, um die langrüsseligen Sphingiden zu ihrem Besuche einzuladen.

Von allen Einzelheiten abgesehen, haben wir an den Blüthenständen des Geißblattes die Erfahrung gemacht, daß die Gorolle, welche im allgemeinen bei den Orientirungsbewegungen unthätig ist, die selben in vollem Umfange übernehmen kann, und die selben ganz in der Weise ausführt, wie es von den Blüthenstielen geschieht.

Mit dem Geißblatt haben wir eigentlich schon die Reihe der Pflanzen, deren median zygomorphe Blüthen in normaler Orientirung an negativ geotropischen Muttersprossen angelegt werden, und denen dadurch an sich sehon die normale Stellung gesichert ist, verlassen.

Wir wenden uns im Folgenden dann jenen Formen speziell zu, deren blüthentragende Sprosse sich nicht so streng nach der Schwerkraft richten, sondern bei ungezwungenem Wuchse anscheinend beliebige Lagen im Raume einnehmen können. Betrachten wir, um gleich zu einer concreten Vorstellung zu gelangen, einmal einen Büschel der Linaria cymbalaria Willd., der aus einer Mauerspalte hervorgewachsen ist, so finden wir, daß die

der Torsion aus den angegebenen Factoren plausibel, er läßt sich aber ganz und gar nicht versteben, wenn man die Torsion von der gleichzeitigen Überverlängerung der peripherischen gegen die axilen Gewebe herleitet; der Sinn der Drehung bliebe da immer dem Zufall unterworfen.

<sup>1)</sup> Die Blätter bleiben auch im Dunkeln sehr lange Zeit frisch und grim.

hon ein die Lah geännchteten lung die Der Zuuch nur bei der icht klar g einerconitum, k helio-Versuche Zweige bjekten; gehalten

nständen m allgein volin der ieht.

r kurzer

gemeine

, als die

h in der

nger Be-

lie lang-

Pflanzen, ativ geoan sich

u, deren t richten, agen im oncreten ia Willd., daß die

z und gar gerung der bliebe da Stengel dieses Pflänzchens in den verschiedensten Richtungen an der Mauer hinkriechen, hier aufsteigend, dort horizontal, zum Theil absteigend oder auch durch das Eigengewicht senkrecht herabhängend. In den Achseln der Laubblätter aller dieser Triebe sitzen entweder junge Seitenzweige, meist aber Blüthenknospen, die an allen Zweigen so angelegt sind, daß die Oberlippe dem fortwachsenden Stammende zugekehrt ist. Nur an zufällig senkrecht aufwärts wachsenden Trieben ist daher den Blüthen die Normalstel-

lung von vornherein gegeben, sozusagen angeboren, während die große Mehrzahl derselben je uach der Lage der Mutteraxe ahnorme Stellungen inne haben.

Während bei den mit negativ geotropischen Blüthenspindeln ansgestatteten Pflanzen es in der freien Natur sehr selten vorkommen wird, daß die Blüthe durch eigene Bewegungen sieh die Normalstellung erwerben muß, tritt diese Nothwendigkeit hei diesem Habitus sehr häufig, ja vorwiegend ein.

Es werden hauptsächlich Schlingund Kletterpflanzen sein, mit denen wir es hier zu thun haben, jedoch mit der Beschränkung, daß nicht besondere Inflorescenzaxen gebildet werden, welche, mit einem bestimmten Geotropismus begabt, an allen, wie immer gerichteten Verzweigungen die gleiche Erdrichtung einnehmen, wie es z. B. bei Phaseolus, Pisum, Vicia u. a. zu geschehen pflegt.

Die Auswahl, welche danach bleibt, ist keine große, so daß nur 3 Versuchspflanzen dieser Art benutzt werden konnten, nämlich Aristolochia

Fig. 42. Figurenerklärung siehe im Text.

Sipho Hérit., Linaria cymbalaria Willd. und Tropacolum majas L.

Bei den letztgenannten drei mit zygomorphen Blüthen versehenen Pflanzen entspringen die langgestielten Blüthen ummittelbar aus den Achseln der Blätter der gemeinen vegetativen Sprosse. Am einfachsten ist die normale Orientirung bei Aristolochia erreicht, indem die Blüthenstiele hier an ihrem basalen Theile geotropisch sich abwärts biegen, wozn das Gewicht der Blüthe etwas mit beiträgt. Die Blüthe ist so eingerichtet, daß sie bei dem Herabhängen ihre normale Orientirung einnimmt. Bei einigen weni-

gen Pflanzen nur, das sei hier bemerkt, haben wir den verhaltnißmäßig seltenen Fall vor uns, daß die Lage eines dorsiventralen Organes allein durch das statische Moment desselben wesentlich bedingt wird. Gerade bei Blüthen resp. Früchten trifft man diese Abhängigkeit relativ häufiger; sie ist fast Regel bei den sog. Windblüthlern, seltener tritt sie bei gewöhnlichen radiären Blüthen, noch seltener bei echt zygomorphen auf, von denen ich hier nur noch Nematanthus longipes Gardner (Fig. 42) als eklatantes Beispiel aufführen will.



Hier hängen die Blüthen an über Decimeter langen Stielen pendelartig herab, die Gorolle ist in ihrem unteren Theile durch ein Knie der ventralen Seite etwas gehoben, die normale Stellung durch den Ruhepunkt des Blüthenpendels garantirt. Wie gesagt, ist das ein im Pflanzenreich verhältnißmäßig seltener Fall und es wurde zu wiederholten Malen daranf hingewiesen, wie auch dünne lange Blüthenstiele hinreichende Festigkeit und geotropische Aktivität besitzen, um das Gewicht der Blüthe selbst nebst einem doppelt und dreifach so schweren Übergewieht in jeder Lage zu überwinden.

Ein im Vergleich mit Nematanthus interessantes Beispiel dafür ist der ebenfalls brasilianische Siphocampylus betulaefolius Gardner. (Vergl. Fig. 43.)

Die Blüthen von Linaria und Tropaeolum stehen im Gegensatz zu Aristolochia schräg aufwärts gerichtet, die Stiele sind trotzihrer Länge und Zartheit der Last der Blüthe vollkommen gewachsen, aber gerade durch ihre Länge vorzüglich zur Ausführung von Bewegungen und zum Herausheben der Blüthen aus dem dichten Lanbe geeignet.

Die Orientirung der Blüthen erfolgt, wie mich Versuche gelehrt haben, zunächst und zwar sehr

rasch durch den Geotropismus der Stiele. Invers gestellte Blüthen der Linaria findet man schon nach wenigen Stunden median gekrümmt in der richtigen Erdstellung (Fig. 45). Eine beträchtliche Epinastie des Blüthenstieles wirkt dabei mit und bewirkt es anch, daß seitlich horizontal gelegte und durch Vertikalbewegung einer Seitenkante aufgerichtete Blüthen sich nach der Ventralseite nach vorn überkrümmen, bis sie den normalen Winkel zum Horizont erreicht haben. Für die normale Erdstellung ist also sehr rasch gesorgt.

Die Epinastie der Stiele trägt auch die Schuld, daß möglichst loth-

nißmäßig es allein Gerade häufiger; bei gehen auf, (. 42) als

eeimeter
brolle ist
der venStellung
Is garanpieh verzu wievie auch
estigkeit
das Gepelt und
der Lage

eressanianische (Vergl.

paeolum
räg aufinge und
gewachglich zur
eraushegeeignet.
vie mich
var sehr
der Liin der
Blüthen-

st loth-

ntal ge-

Bhithen

ormalen ist also recht abwärts geriehtete gerade Blüthenstände sich nach der Ventralseite zu krümmen. Dasselbe geschicht auch noch, wenn man den Blüthenstiel nicht lothrecht abwärts, sondern so stellt, daß die Ventralseite in einem kleinen spitzen Winkel der Erde zugekehrt wird. Auch dann noch kann die Epinastie über den negativen Geotropismus der unten liegenden Kante, der erst nach einiger Zeit zu wirken beginnt, den Sieg davon tragen, vorausgesetzt, daß der von der Vertikalen abweichende Winkel nicht zu groß gewählt wurde. Der letztere ist übrigens keineswegs von bestimmter Größe, sondern wechselt bei den Blüthenindividuen eines und desselben Sprosses erheblich. Derselbe Versuch, wie mit Linaria hier, wurde mit anderen Blüthen mit epinastischem Stiele und mit demselben Erfolge angestellt.

Die normale Erdstellung wird also durch den Geotropismus und die Epinastie des Blüthenstieles sehr rasch erreicht, wie wir gesehen. Was nun die weitere Orientirung angeht, so erfolgt die bei Linaria nicht, wie bei vielen Pflanzen, mit aufrechtem Blüthenschafte bezüglich der Mutteraxe selbst, sondern bezüglich des Substrates, richtiger des Lichtes.



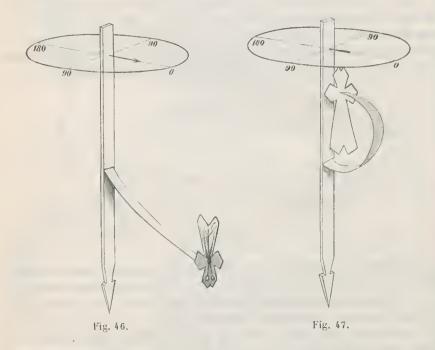
Diejenige Eigenschaft, welche wir bei Aconitum zuerst kennen lernten, und die wir als Exotropie bezeichneten, konnte bei Linaria cymbalaria nur in sehr untergeordneten: Maße festgestellt werden, immer aber erwiesen sich die Bhtthenstiele in hohem Maße heliotropisch. 1)

Es leuchtet ein, daß bei der Art des Wachsthums dieser Pflanze der Heliotropismus die für die Exposition der Blüthen nützlichste Eigenschaft ist. Nachdem die normale Erdstellung der Blüthen durch Geotropismus erreicht ist, wobei die sonstige Richtung derselben, ob nach außen oder der Maner zu, ganz unberücksichtigt bleibt, muß dafür gesorgt werden, daß die Blumenkrone den die Mauerpflanzen absuchenden Insekten sichtbar gemacht wird, und dies geschicht bei dem einseitig vom freien Himmel her einfallenden Lichte am einfachsten durch die Orientirung nach diesem hin. Ein den Heliotropismus überwindendes Wegwenden der Blüthen von der

<sup>1)</sup> Unter heliotropisch und geotropisch ist dem Sinne der Ausdrücke nach nun positiv h. und positiv g. verstanden. — Nur das Gegentheit habe ich im Laufe dieser Zeiten mit dem Zusatz »negativ« hezeichnet.

Mutteraxe hätte hier gar keinen Sinn; es würde geradezu bewirken, daß ein großer Theil der Blüthen versteckt würde und unbefruchtet bleiben müßte. Außerdem ist der Stiel so lang und biegungsfähig, daß die Blüthe durch den Geotropismus meist nicht der Spindel angepreßt, sondern nach der andern Seite hin übergebogen wird (Fig. 44, 45).

Bezüglich der Spaunkräfte und der Tragfähigkeit, deren der dünne Stiel fähig ist, soll hier nur der Umstand angeführt werden, daß Pappstückchen, in irgend welcher Lage an der Blüthe befestigt, die Orientirungsbewegungen wohl etwas verlangsamten, aber niemals hinderten. Auf das Gewicht eines solchen Pappstückchens gingen aber etwa ein Dutzend Gorollen der Linaria!



Nachdem die Erdstellung erreicht und durch den fortwährend einflußreichen Geotropismus garantirt ist, wird je nach dem einfallenden Lichte also auch hier wieder eine Seitenkante, nämlich die Schattenseite verlängert, bis die Blüthe dem Lichte entgegen sieht. Die Folge davon ist auch hier wieder eine Torsion, deren Größe abhängt von der heliotropischen Verlängerung einer Seitenkante, resp. von der Richtungsverschiedenheit des einfallenden Lichtes mit der ursprüuglichen Blüthenrichtung. Man kann sich das, worauf es hier ankommt, sehr gut an einem Papierstreif schon klar machen, der uns den Blüthenstiel versinnlichen soll. — Wir nehmen zunächst an, wir hätten die Blüthe in inverse Lage gebracht (Fig. 46). Die Nachahmung der Medianbewegung bewirkt dann wieder die Normal-

en, daß bleiben Blüthe rn nach

dünne pstückungsbedas Ge-Corollen stellung des Modells bezätglich des Erdradius (Fig. 17). Kommt bei einer wirklichen Linaria-Blüthe das Licht von links (Punkt 180), so bleibt es bei dieser Medianbewegung, ohne daß Torsion eintritt. Kommt das Licht statt von links von hinten (Punkt 90), so verlängert sich die vordere beschattete Blitthenstielkante so lange, his die Blüthe nach hinten (Punkt 90) sieht. Führen wir diesen Vorgang am Modell aus und achten darauf, daß die Erdlage der fingirten Bluthe die normale bleibt, was in Wirklichkeit Geotropismus und Epinastie bewirken, drehen wir daran das Blüthenende also nach hinten um 90°, so tritt in dem Papierstreifen eine Torsion ebenfalls um 90° ein. Verschieben wir die Lichtquelle um weitere 90°, so bekommen wir nach ausgeführter Bewegung des immer in normaler Erdstellung gehaltenen

Blitthenobjektes zu der Lichtquelle hin eine weitere Torsion um 90° im Papierstreif (Fig. 48). Die Lichtrichtung ist in letzterem Falle von der im ersten um 180° verschieden und demzufolge die Torsion des in die normale Lichtlage gelangten Blüthenstieles auch 480°. Dieselhe Gesetzmäßigkeit zwischen Torsion und dem Winkel, welche die Lichtlage mit der rein geotropisch erreichten Lage bildet, läßt sich auch an den lebenden Objekten jeder Zeit durch entsprechende Experimente genau feststellen.

An diesem Objekte wird der Charakter der Torsion, das rein mechanische Zustandekommen derselben aus zwei verschiede-

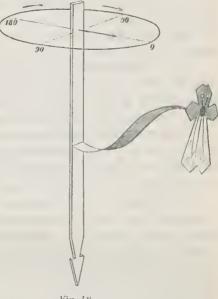


Fig. 48.

nen Componenten, der geotropischen und einer Lateralbewegung, besonders klar. Was hier das von außen wirkende Licht thut, das bewirkt bei Aconitum u. a. die exotropische Lateralbewegung. Man hat es aber bei Linaria besonders gunstig in der Hand, beide Componenten nach einander - erst bei Lichtabsehluß die Gravitation, dann in Verbindung damit das Licht — Wirken zu lassen, oder von vornherein gleichzeitig, wodurch dann die Be-Wegung sich nicht klar nach den Wirkungen zerlegt, sondern eine aus beiden resultirende Richtung einschlägt. Außerdem steht es einem frei, wie weit man gerade die heliotropische Lateralbewegung will vor sich gehen lassen.

Bei Projection eines bestimmten Punktes der Blüthe auf eine Glas-Platte erhält man bei gleichzeitiger geotropischer und heliotropischer Ein-

einflußn Liehte te veravon ist opischen edenheit an kann if sehon

nehmen Fig. 46).

Normal-

wirkung ähnliche Kurven, welche man an Blüthen beobachten kann, bei denen Median- und exotropische Lateralbewegung geiehzeitig wirken.

Die Torsion der Blüthenstiele zygomorpher Blüthen giebt sich also durchgehends klar zu erkennen als eine aus verschiedenen combinirten Bewegungserscheinungen zusammengesetzte; sie kann nicht erklärt werden durch das statische Moment eines einseitigen Übergewichtes.

Auch eine Drehung des Blüthenstieles, hervorgerufen durch ein gleichzeitiges stärkeres Wachsthum aller Seitenkanten gegenüber axilen Gewebepartien, eine Erklärung der Torsion, wie sie mit Vorliebe gegeben wird, ist, wie wir aus den Versuehen gesehen haben, wo invers gehaltene Blüthen in einem Ringe um ihre eigene Axe frei beweglieh eingeführt waren, oder wo hohle röhrige Organe, wie die Gorollen von Lonicera die Torsion ausführten, nicht anzunehmen. Wenn Blüthen in ihren charakteristischen Neigungswinkel zum Horizont sich nicht an Ort und Stelle tordirten, so ist dies ein, wenn auch nicht absolut sicheres Zeichen für das Unzutreffende dieser letztgenannten Vorstellung.

Auf die großen Schwierigkeiten, welche die letztgenannte Vorstellungsweise zur Erklärung einer für die Blüthen rationell ausgeführten Torsion bieten würde, kommen wir später noch einwal zurück. Von allem abgesehen, haben wir ja aber die Torsion auf die oben näher bezeichnete Weise gerade unter der Hand entstehen sehen, und wo die Thatsachen in dieser Weise sprechen, wären theoretische Erörterungen bezüglich anderer Erklärungsweisen eigentlich überflüssig, wenn es sich nicht darum handelte, von bereits bestehenden Vorstellungen über diese Dinge ganz loszukommen.

Es wird auch hier am Platze sein, auf die Ansichten über das Zustandekommen heliotropischer und geotropischer Torsionen etwas näher einzugehen, welche Ambronn in einer kürzlich erschienenen vorläufigen Mittheilung <sup>2</sup>/<sub>j</sub> vertritt.

Ambronn macht darin auch darauf aufmerksam, wie Torsionen durch die Wirkung zweier Kräfte, deren eine auf derjeuigen Krümmungsebene seukrecht steht, welche die andere in dem betreffenden Organe hervorgerufen hat, zu stande kommen können. Er hat dabei aber nur radiär gebaute Organe im Auge, bei welchen nicht durch den fortwirkenden Einfluß der Gravitation eine bestimmte Kaute oben erhalten wird, wie es bei dorsiventralen Organen der Fall ist. Es geht das bestimmt daraus hervor, daß der betreffende Autor ganz besonders betont, wie der Kreisbogen des Organs nach der Wirkung der zweiten Kraft als Kreisbogen erhalten bleibt, indem er bei der zweiten Krümmung zur Basalkante eines Kegelmantels wird. Bei einem in senkrechte Ebene gestellten und unten fixirten Kreisbogen, wie man ihn bei den median gekrümmten Blüthenstielen etwa vor sieh hat,

<sup>4)</sup> Im letzteren Falle würde eine Verlängerung der Seitenkanten eine einfache Verlängerung des Gebildes zur Folge haben, nicht aber eine Torsion.

<sup>2)</sup> Berichte der Deutschen botanischen Gesellschaft. 1884. 1feft 5. pag. 183.

ten. sieh also irten Bewerden

ann, bei

n gleich-Gewebewird, ist, lüthen in oder wo sführten, leigungsdies ein, ser letzt-

tellungsn Torsion
em abgeete Weise
in dieser
erer Erhandelte,
kommen.
Austandeer einzuigen Mit-

en durch
ngsebene
hervoradiär gen Einfluß
bei dorsirvor, daß
es Organs
nt, indem
dels wirdreisbogen.

l'ache Ver-

183.

muß aber dadurch die obere Kante ganz nothwendig unten hin gelangen. 1) Bei dorsiventralen Organen tritt dies jedoch nicht ein und die Sachlage ändert sich dadurch ganz wesentlich, daß durch beständige Gravitationswirkung der Scheitel der Blüthe oben gehalten wird. Aus dem Kreisbogen geht also in unserem Falle eine Schrauhenlinie hervor, wie man es direkt an einem Modell konstatiren kann, wenn man nur Sorge trägt, daß die fingirte Blüthe in normaler Erdstellung verbleibt und, der Natur des Vorganges in Wirklichkeit entsprechend, nur die Richtung zur Mutteraxe ändert.

Wir hekommen in dem Modell dann eine wirkliche, keine seheinbare Torsion.

Eine wesentlich andere Erklärungsweise gieht Ambronn für die Torsionen symmetrisch gehauter Organe. Diese stützt sich auf die verschiedene Widerstandsfähigkeit und Vertheilung besonderer Gewehe (Collenchym, Sklerenehym) in denselben, wodurch bei einseitig wirkender Kraft verschiedene starke Spannungen im Organ eintreten, und zur Torsion führen sollen. Daß es sich um einen derartigen Torsionselfekt bei den Blüthenstielen nicht handelt, geht einmal aus der direkten Beobachtung der von Blüthen ausgeführten Bewegungen, dann aber auch daraus hervor, daß eine Vertheilung resistenter Gewehe, wie sie die Ambronn'sche Erklärung voraussetzt, in den meisten Blüthenstielen thatsächlich nicht vorhanden ist.

Oh die mechanisch sehr einleuchtende Theorie, wie sie Ambnonn für die Torsionen symmetrischer Organe sich denkt, von seinen Modellen üherhaupt auf die beschränkte Reihe-natürlicher Objekte — eine Anzahl Blattstiele, vereinzelte Blüthenstiele - übertragbar ist, möchte ich noch hezweifeln. Denn für's Erste bleiben bei dieser Annahme die Orientirungshewegungen in rationellem Sinne unaufgeklärt. Ganz oberflächliche Versuche zeigten mir aber auch, daß symmetrisch gebaute Blattstiele unter Umständen gerade die entgegengesetzte Bewegung ausführten, als nach der Bereehnung im Ambroxn'schen Sinne zu erwarten war, wenn es sieh dabei um die Erreichung der normalen Lage auf kürzestem Wege handelte. Weiterhin muß man bedenken, daß man es bei der Bewegung der beredeten Organe noch mit verhältnißmäßig jungen, oder doch wachsthumsfähigen Gehilden zu thun hat und daß bei diesen die im Alter mechanisch resistenter werdenden Gewebe am Wachsthum noch theilnehmen. Eine dritte Schwierigkeit wurde sich dann damit ergehen, die vollständige Analogie der Bewegungen von symmetrischen, und nicht so konstruirten Organen in Einklang zu bringen; eine Aufgabe, die der Natur der Sache nach nicht ungezwungen zu lösen möglich ist.

Die Natur dentet aher selhst ganz überzeugend darauf hin, daß es hei

<sup>4)</sup> Jeder Versuch mit einem halbirten Papierringe, wie er Fig. 20 abgebildet ist, Macht das anschaulich.

dem Zustandekommen geotropischer und heliotropischer Torsionen sich um etwas ganz anderes dreht, als um eine passende peripherische Vertheilung resistenter Gewehe, indem gerade da, wo jene an gewisse Strecken eines Stiels gebunden sind, die streng symmetrische und peripherische Anordnung von Gefäßhündeln, von Sklereuchym- und Gollenehymsträngen ahgeändert wird und einer centrischen Anordnung Platz macht. Es braucht hier nur auf den bekannten Bau der Blattstielpolster gegenither den unbeweglichen Blattstielen vieler Pflanzen hingewiesen zu werden.

Wir werden später sehen, daß es sieh auch bei den geotropischen Torsionen der Blattstiele um eine Combination von geotropischen Bewegungen mit exotropischer Lateralbewegung handelt und daß dann die ehen ausgeführten Punkte nicht nur keine Schwierigkeiten hieten, sondern erstrecht verständlich werden.

Um zu unserem Ausgangspunkte zurückzukehren, hleiht noch zu hemerken, daß sich die Gattung Tropaeohim in ihren meisten Arten hezitglich der Orientirungsbewegung der Blüthen ganz so verhält wie Linaria cymhalaria.

Durch die fast ganz aufrechte Stellung der Blüthenstiele von Tr. majus treten einige Modifikationen der hei Linaria dargestellten Vorgänge auf, die jedoch für unsere Betrachtungen unwesentlich sind, da es bei dieser Gattung ebenso die Schwere und das Licht sind, welche die normale Stellung zum Horizont und zum Lichte veranlassen, wonnt der Pflanze vollkommen gedient ist.

Wir verlassen nach dieser Charakteristik zweier der gewöhnlichsten Beispiele diesen ehen besprochenen Hahitus von Pflanzen mit zygomorphen Blüthen, ohgleich hier noch eine Reihe anderer, vorzüglich fremdländischer Gewächse (z. B. Gesneriaeeen) anzuführen wären, die aber keine wesentlich neuen Gesichtspunkte darhieten.

Unsere weitere Aufgahe wird nun sein, jene zahlreichen Gruppen von Pflanzenfamilien und Gattungen näher zu hetrachten, deren Blüthen nicht so angelegt werden, daß sie bei aufrechten Wuchse der Mutteraxe von vornherein in normaler Stellung sieh befinden. Es werden hier alle jene Formen zu hetrachten sein, deren einzige Symmetrie-Ebene ursprünglich schräg und quer gerichtet ist, oder deren Blüthenscheitel in der Anlage direkt abwärts gekehrt ist.

Diese Sonderlinge haben trotzdem das Bestreben, den Blüthenscheitel nach oben zu richten, und sind deshalb gezwungen, vor dem Aufblüthen regelmäßig erst Orientirungsbewegungen auszuführen. Da sich diese im allgemeinen deujenigen direkt vergleichen lassen, welche wir an gewaltsam abnorm gestellten Blüthen his jetzt kennen gelernt haben, so ist es wohl am Platze, hier einen kurzen Bückblick auf die bisherigen wicht.gsten Erfahrungen zu werfen:

sieh um rtheilung en eines e Anordngen abbraucht en unbe-

opisehen n Bewedie eben lern erst

h zu ben bezitge Linaria

fr. majns e auf, die eser Gat-Stellung lkommen

nlichsten morphen indiseher wesent-

ppen von nen nicht raxe von alle jene pränglich nlage di-

enscheitel ufblühen diese im gewaltso ist es ichtigsten Die Zygomorphie der Blüthen steht mit ihrer Befruchtungsweise meist in sehr enger Beziehung und ist nur dann von Bedeutung, wenn der Blüthe zugleich eine ganz bestimmte Stellung zum Horizont zukommt; dem Lageveränderungen bedeuten dem anfliegenden Insekte gegenüber so viel, als ob die Pflanze mit einer wesentlich anders gestalteten Blüthe begabt sei.

Neben diesen zygomorphen Blüthen, welche bei plagiotroper Stellung im Raume physiologisch streng dorsiventral sind, giebt es eine Kategorie von Blüthen, deren Zygomorphie einen ganz anderen Sinn hat, nämlich nur dazu dient, den Blüthenstand, dem sie angehören, für Insekten auffälliger zu machen. Es verhalten sich diese als »unwesentlich-zygomorphæbezeichneten Blüthen wie ihre radiaten Schwesterblüthen, sie sind nicht physiologisch dorsiventral, sondern bezüglich ihres Geotropismus den Nebenwurzeln I. Ordnung zu vergleichen, sehr oft auch nur eingeschlechtig oder geschlechtslos.

Bei der großen Mehrzahl der Pflanzen sind die Blüthen so angelegt, daß sie sich an aufreehter Mutteraxe schon von vorn herein in »Normalstellung« befinden. Durch den negativen Geotropismus der Mutteraxe wird ihnen diese Stellung ohne eigenes Zuthun fast in allen Fällen gesichert. Der Ort der stärksten geotropischen Anfwärtskrümmung der Blüthenspindel befindet sich meist unterhalb aller noch nicht geöffneten Blüthenknospen, seltener unterhalb aller offenen Blüthen. Trotz dieser Einrichtung besitzen die zygomorphen Blüthen dieser Pflanzen das Vermögen, an der in abnormer Lage festgehaltenen Spindel selbständig ihre Normalstellung aufzusuchen, in hohem Maße. Die normale Lage zum Horizont wird aus jeder der Blüthe künstlich gegebenen abnormen Stellung durch geotropische Vertikalbewegungen, außerdem durch Epinastie wieder erlangt.

Neben der normalen Stellung zum Horizont kommt vielen Blüthen eine solche zum einfallenden Lichte, anderen eine solche zur Mutteraxe zu. Im letzten Falle sind die Blüthen befähigt, sich von der Mutteraxe nach außen wegznwenden, welche Eigenschaft als Exotropie bezeichnet wurde.

Wenn die »normale Erdlage« der Blüthe auf die bezeichnete Weise erreicht ist, erfolgt bei heliotropischen Blüthen die Orientirung nach der Lichtquelle hin durch heliotropische Verlängerung der beschatteten Seitenkante (heliotropische Lateralbewegung). Bei nicht oder sehwach heliotropischen, über exotropischen Blüthen tritt eine exotropische Lateralbewegung ein, bis die Blüthe wieder direkt auswärts gerichtet ist.

Die exotropische Lateralbewegung tritt nicht mit der Constanz anderer Orientirungsbewegungen auf. (Da die bisher betrachteten Blüthen verhältnißmäßig selten in die Lage kommen, sie ausführen zu müssen, übt die Zuchtwahl nicht den Einfluß darauf, wie z. B. auf geotropische Orientirungsbewegungen, wodurch dieses Faktum vielleicht eher verständlich wird.) Sie ist an keine bestimmte Organseite gebunden, ergreift scheinbar willkürlich irgend eine, wenn beide dazu gleich geeignet wären, und wird mit

Activität ansgeführt. Mit Erreichung der Außenstellung der Blüthe wird sie sistirt; sehr oft wird aber dieser Endeffekt gar nicht erreicht.

Wo vor Eintritt der exotropischen Lateralbewegung bereits eine heliotropische eingetreten ist, da tritt auch die exotropische in der heliotropisch verlängerten Seitenkante auf, so daß die Orientirung auf dem kürzesten Wege zu stande kommt.

Die normale Erdlage wird während der Lateralbewegungen durch Geotropismus fortwährend beibehalten und regulirt, oder nach kurzen Störungen doch bald wieder erreicht.

Durch Combination der geotropischen Vertikalbewegungen mit der Lateralbewegung entsteht eine Torsion, welche der Größe der Lateralbewegung direkt proportional ist.

Nur auf diese thatsächlich zu beobachtende Weise ist das Zustande-kommen der orientirenden Torsionen auf rationellem (kürzestem) Wege zu verstehen. Einseitiges Übergewicht getragener Theile, gleichzeitige Verlängerung aller Seitenkanten gegenüber einer avilen kürzeren Gewebemasse, oder ungleichmäßige Vertheilung resistenter Gewebe auf dem Organquerschnitt, sind zur Erklärung dieser Dinge nicht geeignet und kommen thatsächlich nicht in Betracht.

Die Orientirungsbewegungen werden meist von den Blüthenstielen ausgeführt, unterständige Fruchtknoten und Corollentheile sind zur Ausführung derselben aber aneh — in manchen Fällen ausschließlich — befähigt.

Wo die Mutteraxe nicht normaler Weise aufwärts gerichtet ist, sondern beliebige Lagen im Raume einnimmt, da sind die Blüthen auf selbständige Orientirungsbewegungen regelmäßig angewiesen, wenn ihnen nicht, wie in seltenen Fällen, die normale Stellung durch ihr Eigengewicht und lange biegsame Stiele garantirt ist.

## ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Arbeiten des Botanischen Instituts in Würzburg

Jahr/Year: 1888

Band/Volume: 3

Autor(en)/Author(s): Noll Fritz

Artikel/Article: Über die normale Stellung zygomorpher Blüthen und ihre

Orientirungsbewegungen zur Erreichung derselben 188-252