

✓
1889/90 Heidelberg 46
Ueber die verschiedenen Beziehungen äusserer Kräfte zur Gestaltung der Pflanz

Akademische Rede

zum Geburtsfeste des höchstseligen Grossherzogs

KARL FRIEDRICH

am 22. November 1889

beim Vortrage des Jahresberichtes und der Verkündung der akademischen Preise

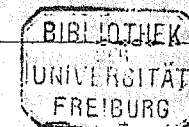
gehalten

von

Dr. Ernst Pfitzer,

Grossherzoglich Badischem Hofrath, o. ö. Professor der Botanik,
Director des botan. Instituts und botan. Gartens

d. z. Prorector der Grossh. Bad. Universität Heidelberg.



Heidelberg.

Universitäts-Buchdruckerei von J. Hörning.

1889.

22. 11. 1889
Ernst Pfitzer
Heidelberg

VS
559

Hochanschuliche Versammlung!

In dankbarer Erinnerung an Alles, was die Ruperto-Carola ihrem Wiederhersteller aus tiefem Verfall schuldet, haben wir uns heute versammelt, um das Geburtsfest des Kurfürsten und Grossherzogs Karl Friedrich zu feiern, des ersten durchlauchtigsten Rectors unserer Hochschule aus dem Stamme der Zähringer. Wie Karl Friedrich in seinem dreizehnten Organisationsedict die Rectorwürde ausdrücklich seinen Nachfolgern hinterliess, so ist auch im Wandel der Zeit unveränderlich auf dieselben übergegangen der erleuchtete, von warmer Fürsorge für Wissenschaft und Kunst erfüllte Geist, welchen wir gleichmässig an Karl Friedrich und an unserem jetzigen erhabenen Rector magnificentissimus bewundern und verehren.

Ist dem entsprechend das Streben der Universität dasselbe geblieben, so wurden die Aufgaben andere, welche den Wissenschaften gestellt sind. Wenn ich mich beschränke auf dasjenige Fach, welches mir am nächsten liegt, wie verschieden erscheint es uns am Anfang dieses Jahrhunderts im Vergleich zu unserer Zeit. Als Karl Friedrich der Heidelberger Universität neues Leben gab, war hier die Botanik noch kein selbständiges Fach — sie war nur ein Zweig, eine Hülswissenschaft erstens der Arzneikunde, zweitens der Landwirthschaftslehre und fand ausserdem ihren Platz in dem weiten Gebiet der Naturphilosophie. Nur im Sommer wurde Botanik gelehrt; F. K. Zuccarini las sie neben einer Reihe medicinischer Collegien für die angehenden Aerzte, während Suckow ausser anderen „staatswissenschaftlichen“ Fächern auch „die Kräuterkunde in ihrer

Anwendung auf Oeconomik und Technologie“ den Cameralisten vortrug. Der Gegenstand der Vorlesungen war in beiden Fällen wesentlich die Kunst der Pflanzenbeschreibung und Unterscheidung.¹⁾

Wir würden sehr irren, wenn wir jene Linnacische Epoche, in welcher man lernte, die Gestalt der Pflanzen in Worten von ganz bestimmter Bedeutung genau wiederzugeben, gering schätzen wollten: diese Studien waren die nothwendige Basis aller späteren Morphologie. Aber darin besteht ein Unterschied, dass der Botaniker jener Zeit seine Aufgabe vollständig gelöst zu haben glaubte, wenn er die Gestalt der Pflanze beschrieben, ihre Stellung im System und ihren Nutzen für den Menschen festgestellt hatte, während wir heute die Frage nach den Ursachen jener Gestaltung aufzuwerfen wagen.

Gestatten Sie mir, hochgeehrte Anwesende, an diesem festlichen Tage einige allgemeine Gesichtspunkte hervorzuheben, welche für diese letztere Frage wichtig sind — eine auch nur in den Grundzügen vollständige Darlegung würde die gegebene Zeit weit überschreiten.

Ist jedoch auch die Menge der in dieser Richtung bekannten Thatsachen eine sehr grosse, so muss ich Ihre Erwartungen von vorn herein insoweit herabstimmen, als es sich um die Tiefe der Erkenntniss handelt. Die einfache Frage, warum eine Eiche gelappte, eine Rothbuche ganzrandige Blätter besitzt, warum der Apfelbaum gerade seine Blütenform und Aepfel, die Orange anders geformte Blumen und Früchte trägt, können wir auch heute nicht befriedigend beantworten. Nur ein Wort stellt sich helfend ein: wir sagen, die specifischen Eigenschaften der Pflanzenformen seien ihnen von ihren Vorfahren vererbt worden. Man hat sich vielfach bemüht, das Wesen dieses Vererbungsvorgangs schärfer zu fassen, er ist aber immer noch dunkel genug geblieben.

Jedenfalls können wir aber mit Sicherheit sagen, dass in dem von der Samenschale umschlossenen Keimling, auch wenn derselbe nur als eine mikroskopisch kleine Kugel, ja in der Form einer einzigen Zelle erscheint, die Bedingungen der Gestalt der späteren Pflanze schon im Wesentlichen

gegeben sind. Wir mögen z. B. die Samen einer Erdbeere unter den verschiedensten Verhältnissen keimen und wachsen lassen, und werden doch innerhalb eines, ja mehrerer Jahrhunderte niemals etwas Anderes erhalten als Erdbeerpflanzen. Was aber diese Frage noch erheblich weiter complicirt, ist folgendes: wir sollten erwarten, dass die Samen derselben Erdbeerfrucht unter gleichen Bedingungen aufgezogen, stets völlig gleiche Pflanzen ergeben würden. Das ist aber nicht der Fall — wir können einzelne Sämlinge erhalten, welche, wenn sie auch im Formenkreise der Erdbeere bleiben, doch wesentliche Differenzen in der Fruchtform und anderen Punkten zeigen. Säen wir die Samen dieser abweichenden Früchte von neuem aus, so erweist sich die Abweichung bald als vorübergehend, bald ist sie dauernd, vererbt sich und bestimmt die Form zahlreicher Generationen, ohne dass wir eine Ursache dieses Verhaltens anzugeben im Stande wären.

Das müssen wir somit als Kern unserer Betrachtungen festhalten. Innerhalb der unseren Versuchen zugänglichen Zeiträume vererbt sich die Gestalt einer Pflanzenart im grossen Ganzen unverändert von Generation zu Generation, wobei aber stets innerhalb engerer Grenzen eine auf unbekannten Ursachen beruhende Variabilität besteht, welche bald nur vorübergehende Abweichungen, bald wohl charakterisirte, in ihren Merkmalen erbliche Varietäten hervorbringt.

Diese Variabilität bekundet sich nicht nur bei der Aussaat, auch die einzelne Pflanze kann plötzlich ohne ersichtliche Veranlassung Zweige mit abweichend geformten Organen hervorbringen, deren Eigenart fortbesteht, wenn aus diesen Zweigen neue Pflanzen erzogen werden. Die zahlreichen Formen unserer Waldbäume mit zerschlitzten Blättern sind so entstanden.

Wenn demnach die Ursachen der Gestaltung der Pflanzen noch zum grössten Theile unserer Einsicht verborgen sind, so bestehen andererseits doch zahlreiche Beziehungen zwischen der Form des Pflanzenkörpers und äusseren Kräften, Beziehungen, welche aber unter einander nicht gleichartig sind. Ich will versuchen, dieselben hier in vier Gruppen zu sondern. Wir wollen zunächst als morphogene Einflüsse diejenigen definiren, bei welchen

eine bestimmte Gestaltung des Pflanzenkörpers zwar durch vergleichende Ueberlegung, aber nicht durch den Versuch auf die Einwirkung äusserer Kräfte zurückgeführt werden kann. Morphotropische mögen diejenigen Einflüsse heissen, welche einem solchen Beweis durch das Experiment zugänglich sind und bei welchen ausserdem eine bestimmte, für das Gedeihen der Pflanze vortheilhafte Anpassung an die Wirkung der äusseren Kraft vorhanden ist. Morphometrische Einflüsse wollen wir diejenigen nennen, welche ebenfalls die Beweisführung durch das Experiment zulassen, ohne dass aber eine besondere Anpassung vorläge. Endlich können wir als directe noch characterisiren diejenigen Wirkungen äusserer Kräfte, bei denen die Pflanze nicht wie in den anderen drei Fällen nur als lebender Organismus für die äussere Kraft empfindlich ist, bei welchen vielmehr die eintretende Wirkung an sich nicht anders verlaufen würde, wenn wir es mit totem Material zu thun hätten.

Gestatten Sie an einigen Beispielen zunächst das Wesen der morphogenen Einflüsse darzulegen!

Wir kennen zahlreiche Pflanzenformen, deren Stämme fleischig geworden und zur Ei- oder Kugelform angeschwollen sind, während grüne Laubblätter völlig fehlen oder nur als winzige Spitzchen erscheinen. Ohne Blätter sind diese Cactus-artigen, meist mit Stacheln bedeckten Pflanzen einander so ähnlich, dass ein Laie sie unbedenklich für nahe verwandt unter einander halten würde. Und doch haben sie ganz verschiedenartige Blüthen, welche beweisen, dass diese in ihren vegetativen Theilen so gleichartigen Formen zu ganz verschiedenen Pflanzenfamilien gehören. Oder wir finden kleine Sträucher, bei welchen alle Auszweigungen in stechende Dornen auslaufen, während abermals die Laubblätter unterdrückt sind — auch hier kommt dieselbe Umwandlung bei Vertretern sehr verschiedener Pflanzengruppen vor. Nehmen wir nun an, ein geübter Botaniker erhielte aus einem fernen Lande solche Pflanzen, so würde er über deren Lebensbedingungen gar nicht in Zweifel sein — er würde diese Formen sofort als Steppen- oder Wüstenpflanzen erkennen, als Arten, welche viel Sonne aber wenig

Wasser brauchen — und er hatte damit schon unbewusst ausgesprochen, welche in sehr langen Zeiträumen wirkenden Einflüsse diese abweichenden Gestalten aller Wahrscheinlichkeit nach hervorgebracht haben. Eine Wüstenpflanze muss vor Allem im Stande sein, lange Perioden der Dürre ohne Schaden zu ertragen — sie kann das auf zwei Wegen erreichen. Zunächst beschränkt sie unter allen Umständen durch Verminderung ihrer verdunstenden Oberfläche die Menge Wasser, welche täglich unter den Strahlen der ausdörrenden Sonne an die umgebende Luft abgegeben werden muss. Die Organe, welche Wasser verdunsten, sind in erster Linie die grünen Laubblätter — fehlen dieselben, so wird die Verdunstung äusserst gering. Zweitens aber muss die Pflanze entweder in sich selbst ein Reservoir verfügbaren Wassers ansammeln, welches durch die geringe Verdunstung des Stammes nicht so leicht erschöpft wird, oder sie muss stets kleinere Wassermengen zur Deckung dieses Bedarfs erreichen können. Die erstere Modalität finden wir bei den Cactus-ähnlichen Formen, wo die fleischige Stammkugel eben den Wasserbehälter darstellt, die zweite bei den blattlosen Wüstensträuchern, deren Wurzeln eine im Verhältniss zu den oberirdischen Theilen kolossale Entwicklung erreichen und in so tiefe Erdschichten hinabgehen, dass wenigstens etwas Wasser noch immer aufgenommen werden kann.²⁾ Die starke Bestachelung oder Bedornung, welche in beiden Fällen vorhanden ist, gewährt einen nothwendigen Schutz gegen die Thierwelt. Je geringer im Verhältniss zur Bodenfläche die vorhandene Pflanzenmenge ist, um so mehr bedarf sie eines solchen Schutzes und hat jedenfalls die von spitzen Stacheln und Dornen starrende Pflanze mehr Aussicht auf Erhaltung, als die unbewehrte.

So können wir die gemeinsamen Merkmale, welche die Wüstenpflanzen, unabhängig von der Pflanzenfamilie, aus welcher sie stammen, uns zeigen, zurückführen auf die besonderen äusseren Verhältnisse, unter denen diese Formen leben. Natürlich liegt aber der Wunsch nahe, nun auch die Probe auf unsere Rechnung zu machen und zu versuchen, eine Wüstenpflanze durch Cultur auf wasserreichem Boden, in feuchter Luft, unter Schutz vor

der directen Einwirkung der Sonnenstrahlen wieder normal zu gestalten, etwa aus dem Samen eines kugeligen Cactus durch solche veränderte Lebensbedingungen eine normale dünnstengelige Pflanze zu gewinnen. Das aber ist gerade das Wesen dieser morphogenen Einflüsse, dass ein derartiges Experiment nicht gelingt. Entweder die Gestaltung bleibt auch unter veränderten äusseren Verhältnissen ziemlich dieselbe, oder, was häufiger der Fall ist, die Pflanze geht zu Grunde, wenn sie nicht die an sich ungünstigen, aber für sie nöthigen Bedingungen ihrer Wüstenexistenz in der Cultur annähernd wiederfindet. Wir können uns denken, dass Jahrtausende dazu gehörten, um aus normalen Pflanzen, die in einem immer heisser und regenärmer werdenden Gebiet um ihr Dasein kämpften, diese eigenthümlichen Wüstenformen hervorgehen zu lassen. Je mehr eine Art den neuen Bedingungen ihrer Existenz angepasst war, um so mehr hatte sie Aussicht auf Fortdauer und Nachkommenschaft; je mehr diese letztere in der Lage war, die neu erworbenen Eigenschaften zu vererben, um so mehr konnten ihre Nachkommen dem Wüstenklima Widerstand leisten. Wie Jahrtausende die Umwandlung hervorbrachten, so können auch nur tausendjährige Versuche sie wieder zurückbilden, Versuche, zu denen der kurzlebige Mensch wenig geeignet ist. Das Räthsel der Vererbung, welches schon für die specifischen Eigenschaften uns entgegentrat, erscheint hier aufs Neue, insoweit wir eine Erbliebeit der erlangten Anpassung annehmen müssen.

Damit übrigens der Gedanke, die dickstämmigen, fleischigen Cacteen seien aus normalen beblätterten Pflanzen hervorgegangen, nicht so ganz willkürlich erscheint, will ich noch hinzufügen, dass die wenigen Formen dieser Familie, welche nicht Wüstenpflanzen sind, sondern im feuchten Urwald der Tropen leben, thatsächlich dünne Stämme und z. Th. auch grosse grüne Blätter besitzen, während die Bestachelung nur andeutungsweise vorhanden ist. Ebenso sei erwähnt, dass Keimpflanzen vieler spärlichblättriger und dorniger Wüstensträucher, während ihrer ersten Jugend noch die normale Gestalt unbewehrter, beblätterter Pflanzen zeigen.

Die Zahl der Beispiele solcher morphogener Einflüsse liesse sich aus

den Reihen der untergetauchten Wasserpflanzen, der Hochalpenformen, der Schmarotzer und Epiphyten sehr erweitern — auch hier finden wir die gleiche äussere Gestalt bei Mitgliedern sehr verschiedener Gruppen des Pflanzenreichs und wieder nur die Blüthen bleiben different. Aber auch in dem Bau dieser letzteren sind die morphogenen Einflüsse nicht zu verkennen. Ein umfangreiches Kapitel unserer Wissenschaft behandelt die Anpassung der Gestalt der Blüthen an die Thätigkeit derjenigen Insecten, welche, während sie für ihre Zwecke süßen Saft oder Blüthenstaub in den Blumen sammeln, gleichzeitig unbewusst den Blüthenstaub auf die Narbe übertragen und so die Samenbildung einleiten. So unzweifelhaft hier vielfach die Anpassung ist, so aussichtslos wäre es dadurch, dass man einige wenige Generationen hindurch alle Insecten von den Blüthen fern hielte und dieselben künstlich bestäubte, nun die betreffenden Anpassungseinrichtungen zum Verschwinden zu bringen. Dagegen könnte vielleicht das völlige Aussterben bestimmter Insectenformen, z. B. derjenigen mit langem Saugrüssel, im Laufe säculärer Zeiträume dahin führen, dass die zahlreichen nur am Grunde mit süßem Saft gefüllten Spornbildungen verkümmern, da ja gerade in diesen Spornen der Nectar meistens nur langrüsseligen Thieren zugänglich ist.

Wirken die bisher besprochenen morphogenen Einflüsse auf die bleibende Gesamtgestalt der Organe, so kennen wir andererseits analoge Erscheinungen mit vorübergehender Wirkung, nämlich die sogenannten spontanen Nutationen, bestimmte Krümmungen, welche Pflanzentheile ausführen, ohne dass eine äussere Kraft experimentell als Ursache zu erweisen wäre. Wenn ein ursprünglich gerader Keimling sich aus dem Samen entwickelt, so krümmt sich das junge Stämmchen bald hakenförmig über, so dass die Stammspitze sammt den ersten Blättchen senkrecht abwärts gerichtet wird. Später streckt sich dasselbe wieder gerade. Denken wir uns nun, dass die Keimung in einer tieferen Erdschicht erfolgt, so wird sicher der gekrümmte Keimling, welcher mit seinem convexen Rücken die Erdmasse emporhebt und die zarte Stammspitze nur passiv nachzieht, diese viel

sicherer unbeschädigt über die Erdoberfläche bringen, als wenn die zarte Spitze selbst vorangehen und die Erdmasse bewegen oder durchbrechen müsste. Wir können diese Krümmung auffassen als eine Anpassung zur Sicherung der Stammspitze bei der Keimung. Die Sache liegt aber nicht so, dass nur unterhalb der Erde sich entwickelnde Keimlinge diese Nutation ausführen, sondern dieselbe erfolgt auch in freier Luft, wo gar kein Hinderniss zu heben ist. Die Bewegung ist wahrscheinlich in ferner Vergangenheit dadurch entstanden, dass nützende Keimlinge mehr Aussicht auf Erhaltung hatten, als nicht nützende, aber sie ist heute nicht mehr abhängig davon, ob der Keimling von oben her belastet ist oder nicht, die oben angedeutete Beziehung ist durch den Versuch nicht mehr nachweisbar.

Wenn ein neu entstehendes, anfangs gerades Farnblatt sich schneckenförmig einrollt, indem seine Rückseite durch rasches Wachstum convex, seine Oberseite in Folge langsamerer Verlängerung concav wird, so dürfen wir das als eine ähnliche Schutz Einrichtung betrachten — die zarte, das Blatt fortbildende Spitze wird in der Mitte der Schnecke in Sicherheit gebracht. Auch hier erfolgt aber die Einrollung unter allen Umständen, gleichgültig ob ein äusserer Druck zu überwinden ist oder nicht. Rollt das Blatt bei seiner Entfaltung sich später auf, indem nun die Oberseite rascher wächst und so den in der Schneckenform vorhandenen Längenunterschied beider Flächen ausgleicht, so geschieht dies sicher, weil nur so das Blatt seine Hauptfunktion, die Bildung organischer Substanz aus der Kohlensäure der Luft, ausüben kann. Dieser Vorgang vollzieht sich nur am Licht und es ist klar, dass ein flach ausgebreitetes Blatt besser durchleuchtet werden wird, als ein zusammengerolltes. Man möchte also vermuthen, da nur im Lichte die Entfaltung für die Pflanze einen Nutzen hat, dass auch nur das Licht die Aufrollung veranlassen werde. Es ist aber nicht so — die Beziehung der Ausbreitung der Blattfläche zum Lichteinfluss ist zweifellos, aber die Entfaltung selbst erfolgt eben so wohl in tiefer Finsterniss, wie im Hellen. Trotzdem kein directer ursächlicher Zusammenhang experimentell nachweisbar ist zwischen der flachen Ausbreitung des Blattes einerseits und

der Beleuchtung andererseits, hat wahrscheinlich doch in ferner Vergangenheit die Wirkung des Sonnenlichts nicht allein die Entfaltung, sondern überhaupt die im Allgemeinen flache Gestalt der Laubblätter verursacht.

Verlassen wir jetzt die Reihe der morphogenen Einflüsse, welche immer einen etwas unsicheren Boden bieten wird, und wenden uns zu den morphotropischen Erscheinungen. Hier können äussere Kräfte jederzeit durch den Versuch als Gestaltungsursachen erkannt werden, andererseits aber müssen wir annehmen, dass die Empfindlichkeit gegen die äussere Kraft im Laufe sehr langer Zeiträume von der Pflanze dadurch erworben wurde, dass die letztere von dieser Empfindlichkeit einen wesentlichen Vortheil hatte.

Es ist vielleicht kein Gebiet zur Veranschaulichung dieser Klasse von Vorgängen geeigneter, als der Einfluss der Schwerkraft auf das Wachstum. Lassen wir einen Samen keimen in der Mitte einer undurchsichtigen grösseren Erdmasse oder im dunkeln feuchten Raum, so richtet sich sehr bald die Hauptwurzel der Keimpflanze nach dem Mittelpunkt der Erde, das Stämmchen aber wächst in Richtung des Erdradius von diesem Mittelpunkt fort. So erklärt es sich, dass die Bäume an allen Punkten der Erdoberfläche ihre Wurzel nach dem Nadir, ihre Stämme nach dem Zenith wenden, dass auch an Abhängen die Baumstämme nicht senkrecht zur Oberfläche des Abhangs, sondern in der Richtung des Erdradius stehen. Stellen wir eine gerade Keimpflanze im Dunkeln horizontal auf, so beugt sich sehr bald die Wurzel mit fast senkrechter Krümmung abwärts, während der Stamm sich ebenso energisch aufwärts krümmt. Die Schwerkraft verursacht diese Bewegungen, indem sie bei den sich aufrichtenden Stämmen das Wachstum der Unterseite, bei den sich senkenden Wurzeln dasjenige der Oberseite steigert; demgemäss wird bei jenen die Unterseite, bei diesen die Oberseite convex. Dass wirklich die Schwerkraft massgebend ist, lässt sich zeigen, indem wir sie durch die Centrifugalkraft ersetzen. Wirkt die erstere nach dem Mittelpunkt der Erde hin anziehend, so wirkt die letztere vom Mittelpunkt einer sich rasch drehenden Kugel oder Scheibe fortstossend. Lassen wir Samen auf dem Schwungrad einer Dampfmaschine keimen, so

stellen sich alle Pflänzchen senkrecht zu dessen Umfang ein, wie die Bäume auf der Erde. Während aber die Wurzeln, indem sie der Schwerkraft folgen, sich nach dem Erdmittelpunkt richten, stellen sie sich auf dem Schwungrad alle radial nach aussen, da ja die Richtung der Centrifugalkraft die entgegengesetzte ist. Die Stämmchen wachsen in beiden Fällen der Richtung der Kraft entgegen — sie entfernen auf der Erde ihre Spitzen von deren Centrum, auf dem Schwungrad wachsen sie nach dessen Mittelpunkt hin.

Der ursächliche Zusammenhang zwischen Kraft und Wirkung ist hier unmittelbar durch den Versuch zu erweisen. Ausserdem aber ist die Anpassung unverkennbar. In der ungeheuren Mehrzahl der Fälle wird es für die Pflanze vorthellhaft sein, wenn der keimende Samen durch die unveränderliche Richtung der Schwerkraft dazu gebracht wird, seine Wurzel abwärts, seinen Stamm aufwärts zu wenden, die erstere liefern Bodenschichten, den letzteren der freien Luft zuzuführen. Die Schwerkraft liefert der Pflanze den Compass, nach dem sie sich im dunkeln Schooss der Erde orientirt.

Wir müssen uns die Sache nur nicht so vorstellen, als ob die Wurzel in jedem beliebigen einzelnen Falle gerade das thäte, was ihr nützlich ist. Wenn wir eine Wurzel horizontal über einer Schale mit Schwefelsäure aufstellen, so krümmt sie sich abwärts und wächst in die Säure hinein, obwohl sie darin nicht leben kann. Aber wir haben da einen Fall gewählt, der in der Natur nicht vorkommt, in Bezug auf welchen also eine Anpassung nicht vorhanden sein kann. Für häufigere Ausnahmefälle bestehen dagegen allerdings besondere Anpassungen. Darwin hat gefunden, dass Wurzeln, deren fortbildungsfähige Spitze zerstört ist, die Fähigkeit der Abwärtskrümmung ganz oder grösstentheils verloren haben, obwohl die Stelle, wo die Krümmung sonst vor sich geht, mehrere Millimeter oberhalb der verletzten Spitze liegt und wachsthumfähig ist. Darwin hat deswegen der Wurzelspitze die Function eines die Bewegungen leitenden Gehirns beilegen wollen. Die Sache liegt, glaube ich, anders. Sobald durch Zerstörung der

Wurzelspitze die Möglichkeit weiteren Spitzenwachsthums der Wurzel ausgeschlossen ist, hat deren Abwärtskrümmung keinen Nutzen mehr für die Pflanze. Da nun solche Zerstörungen der fortwachsenden Spitze in der Natur häufig genug vorkommen werden, hat sich die Anpassung derartig herausgebildet, dass nur solche Wurzeln, welche auch die Fähigkeit ferner normalen Wachsthums haben, von der Schwerkraft zur senkrechten Abwärtskrümmung veranlasst werden, während verletzte Wurzeln selbst gerade bleiben, dafür aber kräftige Seitenwurzeln bilden, welche unter dem Einfluss der Schwerkraft nun ihrerseits senkrecht in den Boden eindringen.²⁾

Es zeigt sich die Bedeutung der Anpassung ferner deutlich daran, dass die normalen Seitenzweige unverletzter Wurzeln nicht demselben Gesetz unterworfen sind wie die Hauptwurzel oder deren Stellvertreter. Solche normale Seitenwurzeln stellen sich nicht in den Erdradius ein, sondern sie bilden mit diesem einen bestimmten, abwärts geöffneten Winkel — ja, die feinsten Auszweigungen der Wurzeln sind der Schwerkraft gegenüber ganz unempfindlich. So wird erreicht, dass die Wurzeln nicht als ein Bündel paralleler Fasern nur einen schmalen Cylinder des Bodens durchsetzen, sondern vielmehr rings um die senkrecht gestellte Hauptwurzel ein weites Gebiet durchziehen, während gleichzeitig die erstere allseitig im Boden verankert, die aufrechte Stellung der ganzen Pflanze also befestigt wird. Ebenso stellen nur die blattlosen Stämme säulenförmiger Cacteen und Euphorbien alle ihre oberirdischen Verzweigungen, wie den Hauptstamm, senkrecht, während die Richtung der grösseren Aeste unserer Bäume in Folge analoger Anpassungen weit von der verticalen Stellung abweicht.

Sehr bemerkenswerth ist die Thatsache, dass kriechende Stämme, welche unterhalb der Erdoberfläche sich hinziehen und so die Pflanze über weite Flächen verbreiten, zwar in ihrer Richtung ebenfalls durch die Schwerkraft orientirt werden, aber in ganz anderer Weise. Wenn man solche unterirdische Stämme in einem würfelförmigen Gefäss cultivirt, welches nach einigen Tagen oder Wochen immer wieder auf eine andere Seite gelegt wird, so findet sich, dass die im Innern des Erdballens verborgenen Stämme

alle diese Umlegungen in der Weise mitgemacht haben, dass sie sich stets wieder horizontal einstellen.⁴⁾

Denken wir uns nun den Boden, in dem solche kriechende Stämme wachsen, sehr uneben, mit starken Einsenkungen zwischen einzelnen Hügeln, so sollte man meinen, die Stämme müssten gelegentlich an den Abhängen horizontal fortwachsend frei hervortreten. Thatsächlich lenken sie aber schon abwärts ein, ehe sie den Abhang erreichen und wachsen dessen schräger Fläche parallel in schiefer Richtung so lange abwärts, bis sie wieder ebenen oder ansteigenden Boden erreicht haben, in welchem dann die Wachstumsrichtung abermals horizontal wird. Es macht den Eindruck, als merkte die Pflanze schon den Abhang, ehe sie dessen Oberfläche erreicht hat und schlage nun eine andere Richtung ein, um nicht ihre normal unterirdischen Theile der Gefahr des Vertrocknens an freier, sonniger Luft auszusetzen. Wir können Einsicht in diese Vorgänge dadurch bekommen, dass wir den Abhang verdunkeln. Dann nämlich wächst der kriechende Stamm in den dunkeln Luftraum hinein, als ob derselbe dunkler Erdboden wäre. Das von der Oberfläche des Abhangs bis zu geringer Tiefe eindringende Licht ist der Warner, welcher das Hervortreten unter normalen Verhältnissen verhindert. Im Dunkeln stellen sich die kriechenden Stämme senkrecht zur Schwerkraftsrichtung, also horizontal, im Licht dagegen parallel zur Richtung der Kraft, also senkrecht; so wird erreicht, dass, sobald das Organ irgend Licht erhält, es sofort tiefer in den Boden eindringt. Die Richtung der Lichtstrahlen ist dabei ohne Einfluss auf die Bewegung, es handelt sich nur um die Unterschiede zwischen hell und dunkel.⁵⁾

Die gleiche Kraft wirkt also nicht nur, wie vorher bei Stamm und Wurzel ausgeführt wurde, auf verschiedene Pflanzentheile in entgegengesetzter Weise, sondern derselbe Einfluss, der der Gravitation, bewegt denselben Pflanzentheil verschieden, je nachdem eine andere äussere Bedingung, die der Beleuchtung, geändert wird. Und dabei ist wieder der Nutzen der Bewegung für die Pflanze ein unverkennbarer: sie folgt zwar demselben

Compass, der Schwerkraft, aber sie richtet sich nach demselben in anderer Weise in tiefen dunkeln Erdschichten als nahe der Erdoberfläche, immer jedoch so, wie es für ihr Gedeihen günstig ist.

Wir müssen den eben besprochenen Fall scharf trennen von denjenigen sehr zahlreichen Erscheinungen, wo die Richtung der Lichtstrahlen die Stellung der Pflanzentheile an sich, ohne Beziehung auf die Schwerkraft, bestimmt. Wenn wir mehrere cylindrische Pflanzentheile neben einander senkrecht aufstellen und sie von derselben Seite her einseitig beleuchten, so sehen wir, dass die einen auf der beleuchteten Seite concav werden, sich also nach der Lichtquelle hin krümmen, während die anderen auf der helleren Seite convex werden und sich so von der Lichtquelle fortwenden. Das erstere ist der Fall bei den meisten Stämmen, das letztere namentlich bei den Luftwurzeln kletternder oder auf den Baumästen angeheftet lebender Pflanzen. Auch hier ist der Nutzen klar: die Stämme werden durch die Krümmung zum Lichte hinausgeführt aus dem halbdunkeln Unterholz oder dem Blattgewirr der Pflanze selbst ins Helle, wo sie die günstigsten Bedingungen ihrer Ernährung finden, dagegen erreichen die Luftwurzeln und die an der Baumrinde kletternden Stämme, wie der Ephew, indem sie das Licht fliehen, die dunkleren Stellen, die Nähe der Rinde oder anderer schattenwerfender fester Körper, auf welchen sie sich befestigen können.

Gestatten Sie, hochgeehrte Anwesende, auch hier ein besonderes Beispiel anzuführen, welches wieder einen Wechsel der Anpassung uns darbietet, aber in anderer Weise, als wir es vorher gesehen haben.

Eine der bekanntesten Pflanzen unserer Umgebung ist die alle Mauern überziehende *Linaria Cymbalaria*, deren hellvioletten Blüten den ganzen Sommer hindurch reichlich zwischen den rundlichen Blättern hervorschauen. Wenn die Stiele dieser Blüten noch jung sind, etwa bis zur Oeffnung der Blume selbst, werden dieselben von einseitiger Beleuchtung derartig beeinflusst, dass ihre stärker erhellte Seite concav wird — mit anderen Worten, die Blütenstiele krümmen sich nach der Lichtquelle hin. Sobald dann aber die Befruchtung stattgefunden hat und die Reifung der Samen beginnt,

macht diese Form der Reizbarkeit der entgegengesetzten Platz: dieselben, nur etwas älter gewordenen Stiele werden jetzt auf der stärker beleuchteten Seite convex, sie krümmen sich von der Lichtquelle fort. Die Folge dieser umsetzenden Reizbarkeit ist, dass die Blüten zuerst aus dem grünen Laub heraus ins Freie geschoben werden, wo sie im Sonnenlicht den Besuch der Insecten am reichlichsten erhalten und so die grösste Aussicht auf Bestäubung und Fruchtlansatz haben; sobald aber dieser letztere gesichert ist, macht die befruchtete Blume da draussen anderen, nachfolgenden Blüten Platz: sie selbst sucht die dunkelsten Stellen, krümmt sich hin nach der Mauer, an der die Pflanze wächst und streut endlich ihre reifen Samen dicht an dem Substrat, auf die Unebenheiten und in die Spalten der Mauer aus, wo die Bedingungen für Keimung und Anwachsen die günstigsten sind. Es ist klar, dass sowohl die erste Bewegung nach der Lichtquelle hin, als die zweite von derselben fort, der Pflanze von Nutzen ist, dass wir es abermals mit einer besonderen Anpassung zu thun haben.⁶⁾

Die Kraft, welche hier an demselben Organ in zwei kurz auf einander folgenden Zeitabschnitten entgegengesetzte Bewegungen hervorruft, ist dabei ihrer Richtung und Intensität nach dieselbe geblieben — wenn also die Wirkung eine verschiedene geworden ist, so muss sich in der Organisation der Pflanze etwas geändert haben. Aber auch die sorgfältigste Untersuchung lässt keine anatomische Umänderung im Bau des Blütenstiels wahrnehmen.

Wir können auch nicht sagen, dass die Kraftmenge der auffallenden Lichtstrahlen gleich ist derjenigen Kraft, mit welcher die Bewegung ausgeführt wird. Wie der Hebeldruck, mit welchem eine Locomotive in Bewegung gesetzt wird, nicht gleich ist der Kraft, mit welcher in Folge dessen die Maschine vorwärts geht, so ist auch bei allen diesen Reizbewegungen Reiz und Wirkung nicht gleich gross: die Hauptmenge der Kraft ist als Spannung im Innern der Maschine, beziehungsweise des Organismus gegeben und wird nur ausgelöst durch einen äusseren Anstoss.

Wenn wir die Thatsache zum Vergleich heranziehen, dass photographisches Papier um so schneller und tiefer geschwärzt wird, je heller das

einwirkende Licht ist, so könnten wir ferner wohl meinen, auch die hier eben beschriebenen heliotropischen Krümmungen müssten um so schneller und energischer sich vollziehen, je intensiver das einseitig wirkende Licht ist. Der Versuch giebt aber ein anderes Resultat: es verhalten sich verschiedene Pflanzen und auch die verschiedenen Organe derselben Pflanze in dieser Hinsicht ungleich; während die einen erst von sehr hellem Licht zu einer Bewegung veranlasst werden, genügt bei anderen schon ein leichter Lichtschimmer, um die Krümmung hervorzurufen — steigern wir die Intensität der einseitigen Beleuchtung in den letzteren Fällen, so wird die Wirkung oft nicht grösser sondern kleiner⁷⁾. Es giebt für jeden einzelnen Fall derartiger Krümmungen eine bestimmte Lichtintensität, welche in gleicher Zeit die grösste Wirkung hervorbringt, ein Optimum, wie wir das bezeichnen.

Auch folgender Umstand ist wohl der Erwähnung werth. Wenn wir einen Pflanzentheil, welcher heliotropischen Krümmungen fähig ist, in der Mitte eines wagrechten Rohres mit undurchsichtigen Wänden aufstellen und von beiden Seiten gleich hell beleuchten, so findet natürlich keine Krümmung statt, sondern der Spross bleibt gerade. Steigern wir nun die Intensität des von einer Seite her einfallendes Lichtes, so tritt Krümmung ein. Es ist aber nicht immer der gleiche Zuwachs der Helligkeit nöthig, um eine Bewegung hervorzurufen. Vielmehr genügt, wenn die Beleuchtung von Anfang an eine schwache war, schon eine geringe einseitige Steigerung zum Hervorrufen der Krümmung. War dagegen der Pflanzentheil von vorn herein von beiden Seiten sehr hell beleuchtet, so muss ein viel grösserer Zuwachs an Lichtintensität einseitig gegeben werden, ehe eine Wirkung eintritt⁸⁾. Mit anderen Worten, die heliotropisch reizbaren Pflanzentheile verhalten sich in diesem Punkt ebenso, wie die Sinnesorgane der Thiere, für welche das gleiche Verhalten längst bekannt ist.

Die Pflanzentheile, deren heliotropischen Krümmungen wir bisher betrachtet haben, suchten sich in die Richtung des einfallenden Lichtstrahls so einzustellen, dass derselbe sie der Länge nach, parallel ihrer Axe durchleuchtet. Es fehlt aber auch nicht an Organen, welche stets eine zu dem

einfallenden Lichte möglichst senkrechte Richtung anzunehmen suchen. Dahin gehören namentlich die meisten Blattflächen. Während z. B. die rundlichen Blätter der sogenannten Alpenveilchen, der Cyclamen, im Freien nahezu horizontal stehen, weil sie das Licht von oben her erhalten, beobachten wir bei Cultur dieser Pflanzen am Fenster, dass die Blattstiele sehr starke Krümmungen ausführen, bis sie schliesslich die Blattflächen nahezu parallel der Fensterscheibe, also senkrecht zum stärksten einfallenden zerstreuten Licht gestellt haben. Die Anpassung ist hier unzweifelhaft — die Blattfläche braucht, um aus der Kohlensäure der Luft organische Substanz bilden zu können, Licht und stellt sich so ein, dass sie dieses letztere möglichst voll und ganz auffangen kann. Man hat nachgewiesen, dass Streifen von Talbot'schem lichtempfindlichen Papier, die im Walde auf Blättern befestigt wurden, welche sich in ihrer natürlichen Lage befanden, schneller geschwärzt wurden, als in anderer Lage daneben befestigte gleiche Streifen⁹⁾. Daraus folgt, dass auch in der freien Natur, wo die Aneinanderdrängung der Pflanzen die Beleuchtungsverhältnisse complicirt, eine möglichst günstige Stellung der Blattfläche zum zerstreuten Licht erreicht wird. Auf die Frage, ob das Licht allein hier die wirkende Ursache ist oder ob ausserdem geotropische Einflüsse mitwirken, kann ich jetzt nicht wohl eingehen — jedenfalls gehört der ganze Vorgang in die Reihe der morphotropischen Erscheinungen.

Solche Combinationen mehrerer Kräfte zur Erreichung einer bestimmten Lage der Organe sind übrigens in zahlreichen anderen Fällen unzweifelhaft anzunehmen. So beruht die horizontale Richtung vieler Pflanzentheile auf den einander entgegenwirkenden Einflüssen von Licht und Schwerkraft. Viele kriechende, dem Erdboden flach aufliegende Stämme erhalten ihre Richtung dadurch, dass ihr Aufrichtungsstreben in Folge der Schwerkraftwirkung gerade compensirt wird durch ihr Abwärtsstreben in Folge der von oben her einfallenden Beleuchtung. Verdunkeln wir solche Stämme, so richten sie sich sofort senkrecht empor, beleuchten wir sie von der Seite, so krümmen sie sich vom Lichte fort. Es hat diese Combination den Vortheil,

dass derartige kriechende Pflanzen, wenn sie zufällig mit Erde überschüttet werden, z. B. durch die Thätigkeit eines Maulwurfs, sich in Folge der nun mangelnden Gegenwirkung des Lichtes aufrichten und so lange senkrecht emporwachsen, bis sie wieder im Hellen angelangt sind, wo dann die Lichtstrahlen sie abermals zur Abwärtskrümmung, zur Anschmiegung an die Erdoberfläche veranlassen.

Ja die Complication ist oft noch grösser, insofern auch morphogene Einflüsse sich ihrerseits wieder mit einfachen oder complicirten morphotropischen Wirkungen zur Erreichung einer bestimmten Lage der Organe verbinden können. Wenn z. B. ein grösseres Blatt noch im lebhaftem Wachsthum begriffen ist, so wächst, wie wir gesehen haben, seine Oberseite stärker als seine Unterseite, unabhängig von den während der Entfaltung thätigen äusseren Kräften. Aber auch schon in solchen Stadien der Entwicklung wirken Licht und Schwerkraft ein und die jedesmalige Stellung des Blattes im Raum ist die Resultante aller mitwirkenden Componenten. Es würde zu weit führen dies hier im Einzelnen darzustellen.

Zeigte sich bei den bisher besprochenen morphotropischen Wirkungen wesentlich die Richtung der Organe abhängig von dem Einfluss äusserer Kräfte, so giebt es andererseits auch Fälle, wo der Entstehungsort gewisser Theile von der Schwerkraft oder vom Lichte bestimmt wird. Wenn wir z. B. Farnkräuter aus ihren Keimkörnern erziehen, so entsteht zunächst ein zartes, flächenartiges Gebilde, das Prothallium, dessen eine Seite glatt ist, während die andere Wurzelhaare trägt. Wir haben es nun ganz in der Hand, auf welcher Fläche diese letzteren hervorsprossen sollen. Beleuchten wir das junge Pflänzchen von oben her, so bildet die Unterseite die Haare, lassen wir dagegen das Licht von unten her einfallen, so treten sie auf der Oberseite auf — sie entstehen also immer auf der beschatteten Seite. Die Anpassung ist hier leicht zu durchschauen — in der grossen Mehrzahl der Fälle wird die beschattete Seite auch die dem Erdboden oder einem anderen Substrat zugewandte sein, es werden also die Wurzelhaare da erscheinen, wo sie die meiste Aussicht auf Anheftung an das Substrat haben.¹⁰⁾

Wir sind ferner damit, dass eine Kartoffelpflanze ihre Knollen unter der Erde bildet, so vertraut, dass vielleicht die Frage nach der Ursache dieser Erscheinung auffällig erscheint. Unzweifelhaft ist zunächst die Einrichtung selbst für die Pflanze vorthellhaft, insoweit die Knollen in der Erde vor pflanzenfressenden Thieren, vor dem Frost und anderen Schädlichkeiten viel sicherer sind, als oberhalb des Bodens. Für den Entstehungs-ort maassgebend ist aber auch hier das Licht. Wir brauchen bei der Kartoffelstaude nur die Spitze eines oberirdischen grünen Zweiges in einen dunkeln Kasten einzuführen und derselben so das Tageslicht zu entziehen, um an diesem Zweige normale Kartoffelknollen entstehen zu lassen. Freilich complicirt sich auch hier diese Wirkung mit morphogenen Einflüssen, worauf genauer nicht eingegangen werden kann.¹¹⁾

Dagegen empfiehlt es sich vielleicht noch einmal im Allgemeinen auf die geschilderten morphotropischen Erscheinungen zurückzublicken, namentlich soweit es sich um die Beziehungen von Kraft, Wirkung und Nutzen handelt, und ferner das Verhältniss der morphotropischen Vorgänge zu den morphogenen kurz zu erörtern.

Wir haben zunächst bei den ersteren regelmässig folgende fünf Fragen zu stellen:

- 1) Welche äussere Kraft oder welche Combination äusserer Kräfte ist es, welche die Aenderung der Gestalt verursacht?
- 2) in welcher Weise bewirkt die Kraft diese Aenderung?
- 3) welchem Bedürfniss im Haushalt der Pflanze wird mit dem eintretenden Gestaltungsvorgang gedient?
- 4) wie hat dieses Bedürfniss der äusseren Kraft gegenüber diejenige Reizbarkeit erzeugt, welche wir heute vorfinden?
- 5) wie ist diese Reizbarkeit, nachdem sie einmal erworben war, auf die Nachkommenschaft vererbt worden und wie wird sie noch heute weiter vererbt?

Der Versuch kann die erste Frage völlig, die zweite theilweise ent-

scheiden, bei der dritten kann das Experiment wenigstens mitwirken — bei den beiden letzten erscheint es ausgeschlossen.

Hinsichtlich der vierten Frage, der Entstehung einer bestimmten Reizbarkeit, dürfen wir wohl der Vorstellung Raum geben, dass eine Pflanze dadurch, dass sie in einer für ihr Gedeihen günstigen Weise reizbar wurde, auch an Aussicht auf Erhaltung im Kampf um das Dasein gewann. Wie Nägeli¹²⁾ es ausdrückt, das Bedürfniss wirkt als ein Reiz und erzeugt die Reizbarkeit. Unter den Nachkommen der für eine äussere Kraft empfindlich gewordenen Pflanze hatten dann wieder diejenigen die günstigsten Bedingungen für ihr Fortbestehen, welche diese vorthellhafte Eigenschaft im höchsten Maasse besaßen. So kann diese letztere allmählig gesteigert worden sein. So müssen wir wenigstens die Sache auffassen, wenn wir mit Darwin den Kampf um das Dasein, die natürliche Zuchtwahl für ein wesentliches Moment in der Entwicklung der organischen Welt halten. Bekanntlich hat Nägeli dem gegenüber eine scharfsinnige Theorie der Abstammungslehre aufgestellt, nach welcher die äusseren Einflüsse auch ohne die Steigerung ihrer Wirkung durch den Wettbewerb um die Existenz allmählich wachsende Bedeutung für die Gestaltung der Organismen gewinnen.

Was dann die fünfte Frage, die Vererbung dieser Reizbarkeit von einer Generation auf die andere betrifft, so ist wohl jedenfalls die kleine Menge von lebendigem Eiweiss, welche nachweislich von der Mutterpflanze auf den entstehenden Keimling übergeht, der Träger der vererbten Eigenschaften — durch diese kleine Substanzmenge wird die Continuität einer neuen Generation mit der vorhergehenden aufrecht erhalten, erscheint die erstere nur als ein abgetrennter und weiter entwickelter Theil der letzteren. Dieser Theil stimmt dann in seinen specifischen, morphogenen und morphotropischen Eigenschaften mit der Mutterpflanze überein¹³⁾.

Dieselben Fragen, welche wir eben in Betreff der morphotropischen Einflüsse besprochen haben, lassen sich übrigens auch gegenüber den morphogenen aufwerfen — der Unterschied liegt nur darin, dass auf diesem

Gebiet schon die ersten beiden Fragen experimentell nicht zu beantworten sind, weil der Causalnexus zwischen der äusseren Kraft und der eingetretenen Wirkung einer fernen Vergangenheit angehört. Wir können sagen, morphogene Einflüsse sind früher einmal morphotropische gewesen — während aber damals die Einwirkung einer äusseren Kraft in dem Augenblick nöthig war, wo eine Gestaltänderung stattfinden sollte, tritt die letztere jetzt, nachdem der Einfluss ein morphogener geworden ist, auch dann ein, wenn momentan die äussere Kraft nicht wirkt. Es erscheint die Gestaltänderung bei den morphogenen Einflüssen als eine Nachwirkung äusserer Kräfte, dagegen als unabhängig von den im Augenblick des Eintretens der Wirkung vorhandenen Verhältnissen.

Wenn wir nun nach der eben entwickelten Auffassung über die Vererbung der Eigenschaften ganze Reihen von Generationen als einen continuirlich sich entwickelnden Organismus betrachten dürfen, so liegt die Frage sehr nahe: sind solche Nachwirkungen, wenn sie sich auch insoweit unserer Beobachtung entziehen, als es sich um vergangene Generationen handelt, wenigstens an ein und derselben Pflanze nachweisbar? Haben wir Fälle, wo eine Kraft, welche vor längerer Zeit ihren Einfluss ausübte, noch nachwirkt, wenn sie selbst direct thätig zu sein aufgehört hat, wo also eine Pflanze Gestaltveränderungen vollzieht, welche sich nicht auf die momentan in Betracht kommenden äusseren Kräfte, wohl aber auf die Einflüsse zurückführen lassen, welche vor Tagen oder Wochen einwirkten? Wir hätten dann doch wenigstens ein schwaches Analogon der morphogenen Einflüsse vor uns.

Wir kennen nun allerdings ein auf der Grenze der morphotropischen Erscheinungen liegendes Gebiet, welches solche Nachwirkungen augenfällig darbietet. Es wird Ihnen wohl bekannt sein, hochgeehrte Anwesende, dass viele Pflanzen, wie man sagt, schlafen, d. h. dass sie ihre Blätter Nachts anders einstellen als am Tage. Der gewöhnliche Klee unserer Aecker spannt z. B. bei genügend heller Beleuchtung die an gemeinsamem Stiel befestigten drei Blättchen wagrecht aus, im Dunkeln senken sich diese letzteren so,

dass meistens eines noch wie ein Dach über den beiden andern ausgebreitet ist. Mögen wir nun mit Darwin der Ansicht sein, dass die Bewegung in kalten Nächten die Beschädigung der Blätter durch den Frost verhindert, oder mögen wir annehmen, dass die Ausbreitung am Tage den Boden vor den Sonnenstrahlen und damit vor Wasserverlust schützt, die Zusammenlegung in der Nacht seine Wärmeausstrahlung und damit seine Thaubildung beschleunigt, jedenfalls scheint die Pflanze von ihren Schlafbewegungen einen Nutzen zu haben und wir können dieselben insoweit den morphotropischen beizählen. Wenn wir nun Pflanzen, welche während längerer Zeit den normalen Wechsel von Tag- und Nachtstellung vollzogen haben, in einen ganz dunklen Raum bringen, so dauert dieser Wechsel noch mehrere Tage hindurch an, obwohl die Pflanze jetzt dem Einfluss des Tageslichtes völlig entzogen ist. Erst nach einiger Zeit bleiben die Blätter in immer gleicher, der Tagstellung ähnlicher Lage. Wenn wir nun dieselbe Pflanze am Tage verdunkeln und in der Nacht mit künstlichen Mitteln beleuchten, wenn wir diesen neuen Wechsel von Hell und Dunkel wochenlang andauern lassen, so können wir damit eine neue, im Vergleich zum vorigen Versuch umgekehrte Periode induciren. Im ganz finstern Raum wird unsere Pflanze jetzt, wenn ich mich kurz so ausdrücken darf, bei Tage schlafen und Nachts wachen, es ist also der im dunkeln Raum erfolgende Wechsel von Tag- und Nachtstellung unmittelbar als abhängig erwiesen von den Einflüssen, welche in den vorhergehenden Tagen oder Wochen auf die Pflanze wirkten. Die Beziehung dieser Vorgänge zu den morphogenen, z. B. zu den spontanen Nutationen ist ja eine entfernte, wenn wir der Darwin'schen Auffassung folgen, sie wird eine nähere, wenn wir mit Nägeli die morphogenen Anpassungen als directe Wirkungen äusserer Kräfte auf das Idioplasma betrachten.

Weit kürzer als die vorhergehenden beiden Klassen von Erscheinungen lassen sich die morphometrischen Einflüsse besprechen. Wir haben diese dahin definirt, dass sie Wirkungen äusserer Kräfte auf die Gestaltung der Pflanze darstellen, welche in ihrem ursächlichen Zusammenhang

durch das Experiment nachgewiesen werden können, bei denen aber die erreichte Gestaltung der Pflanze keinen Nutzen bringt, so dass auch von einer Anpassung an die Wirkung der Kraft nicht die Rede sein kann. Wenn wir eine Sonnenblume in einem kleinen Blumentopf aufwachsen lassen, so bleibt sie, auch bei reichlichster Bewässerung, ein Zwerg im Verhältniss zu einer anderen Pflanze derselben Art, welche auf freiem, reichlich gedüngtem Gartenbeet sich entwickelt. Die geringe Menge anorganischer Nährstoffe, welche in dem kleinen Erdballen des Topfes enthalten ist, bewirkt dieses Zurückbleiben — ja, wenn wir gewisse, für die Pflanze nothwendige Nährstoffe ihr gar nicht zuführen, so dass sie auf die minimalen Mengen dieser Stoffe beschränkt ist, welche im Samen sich bereits vorfinden, so lässt sich eine noch geringere Grösse des ganzen Pflanzenkörpers erzielen. Die Pflanze bleibt in solchen Fällen klein, nicht weil sie einen besonderen Vortheil von ihrer Zwerggestalt hätte, sondern weil sie die ihr nützlichere normale Grösse nicht erreichen kann. Wenn wir Pflanzen derselben Art sich in verschiedener aber bei jedem einzelnen Exemplar constanter Temperatur entwickeln lassen, so ist der tägliche Wachsthumszuwachs bei ihnen verschieden und natürlich wird auch die Gesamtgrösse am Ende eines längeren Zeitraumes ungleich sein. Wir können auch hier nicht sagen, dass die verschiedene Geschwindigkeit des Wachsthums bei ungleicher Temperatur in jedem Falle eine für die Pflanze besonders nützliche wäre — der Gesamtzuwachs hängt von der Temperatur ab, aber nur morphometrisch, nicht morphotropisch. Wenn ein Baum so an Waldrande steht, dass seine Krone nur einseitig vom freien Felde her reichliches Licht erhält, während die andere Hälfte der Krone im Schatten höherer Bäume sich befindet, so wird der Baumstamm excentrisch: seine Jahresringe sind nach der freien Seite viel breiter als nach der beschatteten. Ja jedes einzelne Jahr besonderer Dürre oder starken Raupenfrasses hinterlässt in der Gestaltung des Baumstammes insofern seine Spuren, als der Jahresring des Holzes viel schwächer wird als in normalen Jahren. Wir sehen oft im Frühjahr nach kalten Nächten blassgelbe Blätter an den neu gebildeten Sprossen auftreten oder

auch im Hochsommer ganze Zweige statt mit normalen, mit blassgelben Blättern bedeckt. Im ersteren Fall war die Temperatur nicht hoch genug, um das Blattgrün auszubilden, im letzteren Fall reichte die im Boden enthaltene Eisenmenge nicht aus, um dasselbe so reichlich zu erzeugen, als es bei dem raschen Wachsthum zur Grünfärbung aller entstehenden Blätter nothwendig gewesen wäre¹⁴⁾. In allen diesen Fällen ist die Einwirkung niemals eine nützliche, von einer besonderen Anpassung keine Rede. Gerade weil es sich hier meistens um ein unzureichendes, oder auch zu grosses Maass einer äusseren Einwirkung handelt, welches auch meistens wieder die Maasse der entstehenden Pflanze beeinflusst, wurde der Ausdruck „morphometrisch“ für diese Reihe von Erscheinungen gewählt.

Zu den bisher besprochenen Beziehungen äusserer Kräfte zur Gestaltung der Pflanze kommt dann noch eine vierte Klasse hinzu, die dadurch charakterisirt ist, dass die Wirkung der Kraft auf die Pflanze an sich in keiner Weise anders ist, als bei toten, anorganischen Körpern. Wenn wir an der Spitze eines aufrechten biegsamen Drahtes ein Gewicht anbringen, so wird bis zu einer gewissen Grösse des letzteren der Draht gerade bleiben. Steigern wir jedoch das Gewicht, so wird derselbe sich nach einer Seite hin überneigen. Ganz in der gleichen Weise bewirkt z. B. das Gewicht mancher Blütenknospen deren Ueberhängen, ebenso wird die Richtung der Baumäste z. Th. von ihrem Gewicht bedingt. Nur complicirt sich diese einfache Wirkung auch hier meistens noch mit morphometrischen Verhältnissen der Pflanze. Ist die letztere wasserarm, so hängen ihre Zweige viel tiefer herab, als wenn sie von Saft strotzt. Je grösser die Saftspannung in den Trieben ist, um so weniger werden sie von dem gleichen Gewicht gebogen. Genaue Messung zeigt, dass die Winkel, welche die Blätter einer Topfpflanze mit dem Stamm machen, auch wenn dieselbe in keiner Weise welk erscheint, sich doch schnell verändern, sobald der Wassergehalt der Erdmasse sinkt oder steigt. Schon wenige Minuten nach dem Begiessen einer solchen Pflanze ist die beginnende straffere Aufrichtung der Blattstiele nachweisbar¹⁵⁾. Die Richtung eines Pflanzentheils wird also, soweit nicht andere Einflüsse

in Betracht kommen, zunächst von dessen Biegsamkeit an sich, von dem an ihm ziehenden Gewicht und von dem Grade der Safterfüllung bestimmt.

Blicken wir zurück, so erscheint uns das Gesamtbild der Pflanze in ganz anderer Weise, als die Botaniker aus der Zeit Karl Friedrichs es sahen. Während diese es in allen seinen Theilen als ein unveränderliches betrachteten, als den reinen Ausdruck des Artbegriffs, ist unsere Auffassung eine viel verwickeltere. Sollen wir heute die Gestalt einer Pflanze verstehen, so weit unsere Erkenntniß überhaupt reicht, so werden wir nach einander folgende Aufgaben zu lösen haben.

Wir müssen zunächst untersuchen, welchen Antheil das Gewicht der Organe, die Biegsamkeit der Zweige u. s. w. direct an der Gesamtgestalt der Pflanze hat.

Wir müssen ferner prüfen, in wie weit morphometrische Momente, wie der günstige oder ungünstige Boden und Aehnliches die Gestaltung beeinflusst haben.

Wir haben dann drittens unser Augenmerk darauf zu richten, welche morphotropischen Erscheinungen mitspielen. Die senkrechte Aufrichtung des Stammes, die Stellung der Blätter zum Lichte, die Neigung der Seitenäste, lauter Momente, die das Gesamtausssehen der Pflanze sehr wesentlich bestimmen, gehören in diese Kategorie.

Viertens bleibt dann auszuscheiden, was auf morphogenen Einflüssen beruht. In immer weiteren Grenzen lassen sich Beziehungen zwischen dem Bau der Pflanzenorgane und ihrer Verrichtung gegenüber äusseren Kräften nachweisen — selbst die innerere anatomische Structur des Pflanzenkörpers ist seit Schwendeners bahnbrechenden Untersuchungen uns nicht mehr etwas einfach Gegebenes, sondern ein Gebiet, welches die mannigfaltigsten Anpassungen der Gewebevertheilung an die Bedürfnisse, namentlich der mechanischen Biegungs- und Zugfestigkeit in klarster Weise darbietet. Während ferner die ältere Systematik jeden Zug im Bau einer Blüthe ohne Weiteres glaubte als werthvolles Unterscheidungsmerkmal grösserer Gruppen benutzen zu dürfen, ist heute unsere Aufgabe, zuvor auszuscheiden, was morphogenen Einflüssen

seine Entstehung verdankt, was als Anpassung an eine bestimmte Function zwar hohes physiologisches und morphologisches Interesse hat, aber nicht zu den systematisch werthvollen Kennzeichen gehört").

Dem erst dasjenige, was nach Aussonderung aller directer Einflüsse, aller morphometrischen, morphotropischen und morphogenen Wirkungen übrig bleibt, ist das in seinen Ursachen uns noch verschlossene Gebiet, innerhalb dessen die specifische Eigenart der Pflanze zum reinen Ausdruck gelangt. Nur diese Erscheinungen zeigt die einzelne Pflanze, weil sie sie selbst, zeigt der Apfelbaum, weil er ein solcher und nicht etwas Anderes ist, während schon die morphogenen Einflüsse, wie wir an den Cacteen-ähnlichen Wüstenpflanzen aus verschiedensten Pflanzenfamilien gesehen haben, Formen verschiedenster Abstammung in gleicher Weise umgestalten können. Ob es möglich sein wird, auch die specifischen Unterschiede der Pflanzen, die Differenzen der Arten und Gattungen auf den Einfluss äusserer Kräfte im Kampf um das Dasein zurückzuführen, wie es Darwin anstrebt, oder ob diese specifischen Verschiedenheiten zu ihrer Erklärung noch die Annahme einer besonderen autonomen Vervollkommungsveränderung bedürfen, wie es Nägeli verlangt, das ist eine Frage, welche heute im Mittelpunkt des wissenschaftlichen Interesses steht. In ersteren Falle würden die specifischen und die morphogenen Erscheinungen sich nur unterscheiden durch den Stand unserer Kenntnisse — auch die ersteren wären den morphogenen zuzuzählen für denjenigen, welcher Alles wüsste, was seit dem Auftreten der ersten Pflanze auf diese und ihre Nachkommen eingewirkt hat. Im letzteren Falle wären dagegen specifische und morphogene Erscheinungen sachlich verschieden.

Möge die Zukunft auch über diese Fragen noch helles Licht verbreiten und mögen wir für die Gegenwart ebensoweit entfernt bleiben einerseits von jener zu grob mechanischen Auffassung, welche die Fragen der Gestaltung für einfacher hält, als sie sind, und die Pflanze schon jetzt mehr dem wachsenden Krystall, als dem niederen Thier vergleichen möchte, wie andererseits von jener unklaren, zu wenig mechanischen Betrachtungsweise,

welche von vorn herein darauf verzichtet, der organischen Welt das, was sie nicht ohne weiteres offenbart, mit Hebeln und mit Schrauben abzufordern.

Anmerkungen.

- 1) Vorlesungsverzeichniss Sommersemester 1803. S. 8. 12. 1804. S. 8. 12.
- 2) Volkens, Zur Flora der ägyptisch-arabischen Wüste. Sitz-Ber. d. K. Pr. Akademie der Wissenschaften. 1886. S. 69.
- 3) Wiesner, Das Bewegungsvermögen der Pflanzen. 1881. S. 97.
- 4) Elfving, Ueber einige horizontal wachsende Rhizome. Arbeiten des botan. Instituts zu Würzburg. II. 1880. S. 489.
- 5) Stahl, Einfluss des Lichtes auf den Geotropismus einiger Pflanzenorgane. Ber. d. deutschen botan. Gesellschaft. 1884. S. 383.
- 6) Hofmeister, Pflanzenzelle. S. 293.
- 7) Wiesner, Die heliotropischen Erscheinungen im Pflanzenreich. Denkschrift d. K. Akademie der Wissenschaften in Wien. XXXIX. 1878. S. 173.
- 8) Massart, La loi de Weber vérifiée pour l'héliotropisme etc. Bullet. Acad. royale de Belgique. 3 Sér. XVI. 1888 No. 12.
- 9) Wiesner, Das Bewegungsvermögen der Pflanze. 1881. S. 114.
- 10) Leitgeb, Die Dorsiventralität der Prothallien und ihre Abhängigkeit vom Licht. Sitz-Ber. d. K. Akad. d. Wissensch. in Wien. LXXX. 1879. I. Juliheft.
- 11) Vöchting, Ueber die Bildung der Knollen. Biblioth. bot. 1887.
- 12) v. Nägeli, Mechanisch-physiologische Theorie der Abstammungslehre. 1884. S. 162.
- 13) Ebenda S. 21. Vgl. Weismann, Zur Annahme einer Continuität des Keimplasmas. Ber. naturf. Gesellsch. Freiburg. I. 1886. 4 Heft.
- 14) Sachs, Erfahrungen über die Behandlung chlorotischer Gartenpflanzen. 1888. S. 9.
- 15) Pfitzer, Ueber die Geschwindigkeit der Wasserströmung in der Pflanze. Pringsh. Jahrb. XI. S. 193.
- 16) Pfitzer, Entwurf einer natürlichen Anordnung der Orchideen. 1887. S. 5. — Ueber Vererbung erworbener Eigenschaften im Allgemeinen, vgl. Eimer, Entstehung der Arten. I. 1888. Abschn. IV.

Druckfehler.

S. 6 Z. 13 v. u. lies: Blüten statt Blätter, S. 7 Z. 1 v. o. lies: hätte statt hatte, S. 10 Z. 16 v. u. lies: die Mitte statt der Mitte.

Chronik der Universität.

Hochgeehrte Anwesende!

Wenn wir das vergangene Jahr im Geiste an uns vorüberziehen lassen, so ist unser erstes Gefühl dasjenige der Dankbarkeit. Statt der schweren Schicksalsschläge, welche das deutsche Reich und unser badisches Land im Jahre vorher betrafen, haben wir an der Spitze unserer Chronik nur glückliche Ereignisse anzuführen und namentlich unserer Freude darüber Ausdruck zu geben, dass Seine Königliche Hoheit der Erbgrossherzog von Seiner Erkrankung rasch genesen ist.

Am 21. April hatte die Universität den Vorzug, ihrem Durchlauchtigsten Rector magnificentissimus und Ihrer Königlichen Hoheit der Frau Grossherzogin, sowie dem hohen Kronprinzipalpaare von Schweden und Norwegen ihre ehrerbietigsten Glückwünsche zur Geburt des Enkels und Sohnes aussprechen zu dürfen. Seine Königliche Hoheit der Grossherzog hat diese Gratulation noch an demselben Tage mit einem luhdvollen Telegramm zu beantworten die Gnade gehabt.

Am 14. August wurde der Universität die besondere Ehre des persönlichen Besuches Seiner Königlichen Hoheit des Grossherzogs zu Theil, Höchstwelcher mit Seinem hohen Gaste, Seiner Majestät dem Schah von Persien, längere Zeit in diesem Raume verweilt.

Am 17. September hat ferner Seine Königliche Hoheit der Grossherzog der ersten allgemeinen Sitzung der 62. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte die hohe Ehre Seiner Gegenwart geschenkt, was bei der nahen Beziehung dieser Versammlung zu unserer Hochschule in dieser Chronik ebenfalls zu verzeichnen ist.

Am 16. April wurde Seine Grossherzogliche Hoheit, Prinz Max von Baden nach glänzend bestandener mündlicher und schriftlicher