

### Drittes Capitel.

#### Geschichte der Phytodynamik.<sup>1)</sup>

Es ist gegenwärtig kaum zweifelhaft, daß die Mechanik des Wachstums, die der geotropischen und heliotropischen Krümmungen, der verschiedenen Arten periodischer Bewegungen, des Schlingens der Ranken und Schlingpflanzen, sowie der Reizbewegungen auf ein gemeinsames Princip sich wird zurückführen lassen, und daß bei allen diesen Bewegungen außer der Elasticität der Zellwände die noch unbekanntten Eigenschaften des Protoplasmas die wichtigste Rolle spielen; und insofern das Letztere der Fall ist, werden auch die sogenannten Protoplasmaströmungen und das Schwimmen der Schwärmsporen und ähnliche Vorgänge jenen phytodynamischen Erscheinungen anzureihen sein. Unter diesem Gesichtspunct erscheint die Phytodynamik als eine der wichtigsten Grundlagen der gesammten Pflanzenphysiologie. Die Erkenntniß dieses Sachverhaltes ist jedoch neuesten Datums und es hieße der Vergangenheit etwas ihr ganz Fremdes andichten, wenn man annehmen wollte, daß den früheren Pflanzenphysiologen eine derartige Auffassung der Bewegungen im Pflanzenreich vorgeschwebt habe. Vielmehr wurden diese in früheren Jahrhunderten kaum als Curiositäten beachtet und einiges Nachdenken begann man ihnen erst am Ende des 17. Jahrhunderts

<sup>1)</sup> Zur Vermeidung des weitschweifigen Ausdruckes: „Lehre von den Bewegungen im Pflanzenreich“ sei es erlaubt, den kürzeren: Phytodynamik zu benutzen.

zu widmen und nur sehr langsam gelang es später, die zum Theil sehr verwickelten, hier in Betracht kommenden Verhältnisse zu entwirren, die Abhängigkeit der phytodynamischen Erscheinungen von äußeren Einflüssen zu bestimmen und die mechanischen Bedingungen ihres Geschehens einigermaßen klar zu legen.

Einzelne Bewegungen von Pflanzentheilen zogen schon in alter Zeit die Aufmerksamkeit verschiedener Schriftsteller auf sich, die ihrer jedoch nur flüchtig erwähnen; so rührt die erste Nachricht über die heliotropischen Bewegungen mancher Blüthenstiele schon von Varro her, nach welchem man damals solche Blumen als heliotropische bezeichnete und im folgenden Jahrhundert erwähnte Plinius, daß bei herannahendem Unwetter die Blätter des Klees sich schließen; Albertus Magnus im 13., Valerius Cordus und Garcias del Huerto im 16. Jahrhundert hielten zuerst die täglichen periodischen Bewegungen der Fiederblättchen einiger Leguminosen der Erwähnung werth; Caesalpin aber beachtete auch schon die Bewegungen der Ranken und Schlingpflanzen und wunderte sich darüber, daß die letzteren ihre Stützen gewissermaßen aufsuchen. Mehr als diese alltäglichen Erscheinungen mußte die auffallende Reizbarkeit der Blätter der aus Amerika eingeführten *Mimosa pudica* die Aufmerksamkeit auf sich ziehen, und so finden wir schon in Robert Hooke's Mikrographie 1667 eine Abhandlung über die Ursachen derselben. Aber auch die Reizbarkeit der Staubgefäße von *Centaurea* wurde schon 1653 von Borelli erwähnt.

1) Die ersten theoretischen Bestrebungen treten uns auch auf diesem Gebiet am Ende des 17. Jahrhunderts entgegen. Eine zusammenfassende Darstellung phytodynamischer Erscheinungen gab Ray in seiner *Historia plantarum* 1693 und zwar sogleich im Beginn seiner allgemeinen Betrachtungen über das Wesen der Pflanze, die er an den Satz des Jungius: *Planta est corpus vivens, non sentiens etc.* anknüpft. Obgleich er noch ähnlich, wie Caesalpin, an eine aristotelische Pflanzenseele zu glauben scheint, geht seine Behandlung doch wesentlich darauf aus, die Bewegungen, über welche er berichtet, mechanisch-physikalisch zu

erklären; namentlich sucht er darzuthun, daß die Reizbarkeit der Mimose nicht auf Empfindung, sondern auf bekannten physikalischen Ursachen beruhe. Er betrachtet die Reizbewegungen in Folge einer Berührung als durch eine Zusammenziehung verursacht, die ihrerseits durch Wellen oder Erschlaffung hervorgebracht werde. Von dem mechanischen Vorgang der Reizbewegung selbst sucht er nach Maßgabe der damals vorhandenen Kenntnisse Rechenenschaft zu geben: die Blätter, sagt er, bleiben überhaupt nur deshalb straff, weil ihr Verdunstungsverlust vom Stamme her immer durch zufließendes Wasser ersetzt wird; wenn nun in Folge einer Berührung die Saftwege der Mimosenblätter zusammengedrückt werden, so reiche der Zufluß nicht mehr hin, sie vor Erschlaffung zu schützen. Wie es auch bis auf die neue Zeit geschehen ist, verwechselte Ray dabei die Reizbewegungen mit den täglichen periodischen, deren Vorkommen er nicht nur bei den Blättern der Leguminosen, sondern bei fast allen ähnlich gefiederten Blättern angiebt; mit diesen periodischen Blattbewegungen stellt er aber auch das periodische Oeffnen und Schließen der Blüthen von Calendula, Cichorium, Convolvulus u. a. in eine Reihe. Daß diese letzteren aber durch Temperaturveränderungen hervorgerufen werden, schien ihm durch ein Experiment des Jacob Cornutus mit Anemonen-Blüthen bewiesen, welche abgeschnitten und an einem warmen Ort in einem wohlverschlossenen Kasten sich zu ungewohnter Zeit öffneten, wenn auch nur der Blüthenstiel in warmes Wasser tauchte. Diese ganz richtige, später verloren gegangene und erst vor wenigen Jahren neu entdeckte Abhängigkeit der Blüthenbewegungen von Temperaturveränderungen übertrug nun Ray auch auf die periodischen Bewegungen der Laubblätter, welche wie er sich ausdrückt, bei hereinbrechender Nachtkälte sich zusammenlegen, um sich am Tage wieder zu entfalten und da er diese mit den Reizbewegungen der Mimose für gleichartig hielt, so glaubte er auch erklären zu müssen, in welcher Weise Abkühlung einen ähnlichen Reiz bewirken könne, wie bloße Berührung. Es lag bei dem damaligen Stand der Naturwissenschaft überhaupt sehr nahe,

Wärmeänderungen als erste Ursache verschiedener Bewegungen anzunehmen, da man eben von Bewegungsursachen, außer dem Stoß, andere kaum kannte. So erklärte denn Ray auch die jetzt als heliotropische bezeichneten Bewegungen wachsender Stengel durch eine Temperaturdifferenz auf den entgegengesetzten Seiten derselben. Eine gewisser Dr. Sharron hatte die Stengel seiner Versuchspflanzen nach derjenigen Stelle eines Fensters hinwachsen sehen, wo die Luft durch eine Oeffnung freien Zutritt fand; hieraus und aus der starken Verlängerung von Pflanzen in geschlossenen Räumen, die er der höheren Temperatur zuschrieb, zog er den Schluß, daß die kältere Luft die von ihr getroffene Seite eines Stengels am raschen Wachsthum hindert, und daß somit eine Concavität auf dieser Seite eintreten müsse. Aehnlich wie De Candolle 140 Jahre später benutzte also schon Ray das Etiollement der Pflanzen in geschlossenen Räumen zur Erklärung ihrer heliotropischen Krümmungen, nur mit dem Unterschied, daß er die rasche Verlängerung vergeilter Pflanzen, nicht wie De Candolle dem Lichtmangel, sondern der höheren Temperatur zuschrieb. Dagegen erkannte Ray klar genug, daß das Ergrünen der Blätter nicht durch den Luftzutritt, sondern durch das Licht bewirkt wird, da, wie er sagt, die Pflanzen unter Glasglocken ergrünen, was unter einem opaken Gefäß nicht geschieht; wenn sie aber unter Glas weniger ergrünen, als in freier Luft, so rühre dieß daher, daß das Glas gewisse Lichtstrahlen absorhirt und andere reflektirt. Indessen hielt Ray ebenso, wie fast alle späteren Beobachter bis auf die neueste Zeit, die Verlängerung und Mißfärbung etiolirter Pflanzen nicht hinreichend aneinander; seine Darstellung dieser Erscheinung leidet daher an manchen Unklarheiten.

Es ist schon von Anderen darauf hingewiesen worden, daß eine der merkwürdigsten hieher gehörigen Erscheinungen gerade deshalb gewöhnlich gar nicht beachtet wird, weil sie durch ihre Alltäglichkeit als etwas Selbstverständliches nicht weiter auffällt: die Thatsache, daß die Hauptstämme senkrecht aufwärts, die Hauptwurzeln abwärts wachsen. Der französische Akademiker

Dodart, dem wir schon in der Geschichte der Ernährungslehre begegnet sind, erwarb sich das große Verdienst, zuerst 1700 diese anscheinend selbstverständliche Erscheinung sehr merkwürdig zu finden, sich zunächst durch Versuche an Keimpflanzen davon zu überzeugen, daß diese vertikalen Stellungen durch Krümmungen zu Stande kommen und sich zu fragen, was möglicher Weise die physikalische Ursache davon sein könne, daß sich Hauptwurzeln aus abnormer Lage immer nach unten, Hauptstämme nach oben krümmen, bis sie senkrecht stehen. Es war von untergeordneter Bedeutung, daß seine mechanische Erklärung ganz ungenügend ausfiel, indem er annahm, daß die Fasern der Wurzeln sich auf der feuchteren Seite zusammenziehen, die des Stammes auf derselben ausdehnen; denn viel wichtiger war, daß diese merkwürdigen Erscheinungen überhaupt zum Gegenstand wissenschaftlicher Forschung gemacht wurden und die Literatur zeigt, daß bald darauf verschiedene Naturforscher ihr Interesse derselben zuwandten und ihren Scharfsinn an Erklärungsversuchen übten, worauf wir noch zurückkommen.

Eine noch allgemeinere Erscheinung als der vertikale Wuchs der Hauptstämme und Wurzeln ist aber das Wachsthum der Pflanzen überhaupt und sicherlich gehörte ebensoviel, ja noch größerer Forschungsgeist dazu, sich die Frage vorzulegen, ob und wie das Wachsen der Pflanzen mechanisch erklärt werden könne. Mariotte hatte schon 1679, wenn auch nur gelegentlich, diese Frage berührt und die Ausdehnung des Markes, das hieß damals des parenchymatischen Gewebes, als die Ursache des Wachsthums der Pflanzentheile in Anspruch genommen; ein Gedanke, der wohl aus der aristotelischen Lehre vom Sitz der Pflanzenseele im Mark entsprungen sein mochte, den aber Mariotte physikalisch zu begründen suchte. Viel eingehender beschäftigte sich Hales in seinen *Statical essays* 1727 mit Betrachtungen über das Wachsthum der Pflanzen. An den schon in der Ernährungslehre vorgeführten Gedankengang anknüpfend, leitet Hales seine Betrachtungen über das Wachsthum mit der Bemerkung ein, daß die Pflanzen aus Schwefel, flüchtigen Salzen

Erde, Wasser und Luft zusammengesetzt sind, von denen die ersten vier einander anziehen und deshalb den festen, trägen Theil der Pflanzensubstanz bilden; dasselbe thue jedoch die Luft nur solange, als sie durch jene in einem festen Zustand erhalten wird; sobald sie aber frei werde, sei sie expansibel; und auf diese Ausdehnungskraft der Luft, durch welche die Pflanzensäfte belebt und gekräftigt werden, baut er seine mechanische Theorie des Wachstums; nach ihr werden so die geschmeidigen Theile der Pflanze ausgedehnt und indem sich die Luft mit anderen Bestandtheilen verbindet, also fest wird, werde Wärme und Bewegung erzeugt, wodurch die Safttheilchen nach und nach eine Gestalt annehmen. Das waren die Principien, von denen Hales ausging. Um aber etwas Näheres zu erfahren über die Art, wie das Wachstum der Pflanzentheile fortschreitet, machte er an jungen Stengeln und Blättern äquidistante Einstiche und es fand sich, daß diese durch das Wachstum ihre Entfernungen um so mehr vergrößerten, je jünger die zwischen ihnen liegenden Theile waren. Dabei fiel ihm besonders die starke Verlängerung durch das Wachstum auf, weil wie er sagt, die Gefäße trotz derselben doch hohl bleiben, gerade so, wie ein Glasröhrchen auch bei der stärksten Ausziehung seinen Kanal behält. Er findet nämlich Borelli's Meinung bestätigt, der junge Trieb wachse dadurch, daß die Feuchtigkeit im schwammigen Mark sich ausdehnt; daß hierbei der wachsende Sproß nicht auch in gleichem Grade quer ausgedehnt wird, sich also nicht kugelig abrundet wie ein Apfel, sucht er aus der Struktur des Zellgewebes darzuthun. Daß aber die im Zellgewebe eingeschlossene Luft und der Saft mit hinreichender Kraft eindringe, um eine so große Ausdehnung zu bewirken, findet Hales durch seine Versuche bewiesen, welche über die große Kraft, womit das Wasser in blutenden Weinstöcken emporsteigt und in quellende Erbsen eindringt, Auskunft geben; auch wisse man, daß Wasser mit großer Kraft wirke, wenn es in einer Maschine erhitzt wird, in welcher Wasser durch Hitze in die Höhe getrieben werden kann; der Pflanzensaft, der nichts Anderes sei, als eine Verbindung von Wasser, Luft und

anderen wirksamen Theilen, bringe deshalb mit sehr großer Kraft in die Röhren und Zellen, wenn er durch die Sonne erwärmt wird.

2) Im Lauf des 18. Jahrhunderts mehrte sich nach und nach die Zahl der phytodynamischen Erscheinungen, denen die Physiologen mehr oder weniger Beachtung schenkten; auch wurden wiederholt Versuche zur mechanischen Erklärung derselben gemacht, die aber meist ganz ungenügend ausfielen, da man die verschiedenartigsten Bewegungen confundirte, ihre Abhängigkeit von äußeren Einflüssen nicht genau erkannte und von dem anatomischen Bau der beweglichen Theile, bei dem gänzlichen Verfall der Phytotomie in jener Zeit, nur höchst unklare Vorstellungen hatte. Die wichtigste Rolle bei den Erklärungen spielte die Feuchtigkeit und Wärme, deren Wirkungsweise jedoch immer nur in ganz allgemeinen Ausdrücken angedeutet wurde; man sprach von den mechanischen Vorgängen in der Pflanze ungefähr so, wie Jemand, der nur ganz unbestimmte Vorstellungen von den Eigenschaften des Dampfes und dem inneren Bau einer Dampfmaschine besitzt, über die Bewegungen derselben reden würde. Es kam der Mehrzahl der Schriftsteller, dem Zeitgeist entsprechend, offenbar mehr darauf an, im Allgemeinen nur zu bekennen, daß sie die Lebenserscheinungen der Pflanzen nicht auf ein unbekanntes Seelenprincip, sondern auf mechanisch-physikalische Ursachen zurückführen wollten, ohne jedoch den Erscheinungen diejenige Anstrengung des Verstandes zu widmen, welche gerade auf diesem Gebiet ganz allein zu theoretischen Ergebnissen führen kann.

Daß Linné, der 1751 die periodischen Bewegungen der Blüten, 1755 die der Laubblätter zum Gegenstand seiner Betrachtung machte, sich auf eine mechanische Erklärung derselben nicht weiter einließ, lag ganz in seiner Art; er begnügte sich, die Aeußerlichkeiten dieser Erscheinungen an zahlreichen Pflanzenarten zu konstatiren, sie zu classificiren und die periodischen Bewegungen mit einem neuen Namen zu belegen, indem er die nächtlichen Stellungen als Pflanzenschlaf bezeichnete; diesen Ausdruck nahm

er jedoch keineswegs nur sinnbildlich oder metaphorisch, vielmehr sah er in dem Pflanzenschlaf eine, dem thierischen ganz analoge Erscheinung. Daß die Schlafbewegungen nicht willkürliche, sondern durch äußere Einflüsse bewirkt seien, folgte für ihn aus dem Wesen und Begriff der Pflanze, wonach diese zwar lebt und wächst, aber der Empfindung entbehrt. Hervorzuheben ist aber die richtige Wahrnehmung, daß es nicht oder nicht allein Wärme-, sondern Lichtveränderungen sind, welche die Schlafbewegungen der Blätter veranlassen, da dieselben in der gleichmäßigen Temperatur eines Gewächshauses ebenfalls stattfinden.

Im Gegensatz zu der zwar nur formalen, aber doch wohlgeordneten Behandlung, welche Linné diesen Bewegungsformen widmete, steht die gleichzeitige Bearbeitung dieser und anderer Erscheinungen von Seiten Bonnet's. Es läßt sich kaum etwas Formloseres, kaum eine gründlichere Verwirrung des Allerverschiedensten denken, als in den Experimenten und Reflexionen Bonnet's über die verschiedenen Bewegungen der Blätter und Stengel in seinem Werk „über den Nutzen der Blätter“ 1754; geotropische und heliotropische Krümmungen, Nutationen und periodische Blattbewegungen, Alles läuft hier durch einander; seine Versuche bieten zwar Jemanden, der schon weiß, worauf es ankommt, im Einzelnen ab und zu etwas Brauchbares, er selbst aber wußte Nichts aus ihnen zu machen. Eine vorgefaßte Meinung verdarb ihm von vornherein das Verständniß dessen, was seine Experimente ihm zeigten; ihm kam es nur darauf an, durch recht viele Beispiele zu beweisen, daß Stengel und Blätter unter allen Umständen sich so krümmen, drehen und wenden, daß die Blattunterseiten abwärts gerichtet werden, um den Thau auffangen zu können, der nach Bonnet die Hauptnahrung der Pflanzen ist und aus der Erde emporsteigt. Es ist nur ein geringes Lob, daß sich bei aller Verwirrung doch auch ab und zu einzelne richtige Wahrnehmungen ihm aufdrängten, wie die, daß vorwiegend die jungen und dehnbaren Organe, wenn sie aus ihrer natürlichen Lage gebracht worden sind, durch Krümmungen und Drehungen dieselbe wieder zu gewinnen suchen. Ganz ge-



danke los ist dagegen, was er aus seinen Versuchen über die mechanischen Ursachen derartiger Bewegungen folgerte; denn bei nur einigermaßen kritischer Behandlung hätte er zu ganz anderen Folgerungen gelangen müssen: die Wärme und Feuchtigkeit, sagt er nämlich, scheinen also die natürlichen Ursachen der Bewegung zu sein, die Wärme aber wirke stärker als die Feuchtigkeit und die Wärme der Sonne sei wirksamer, als die der Luft. Diese Erklärung traf nun gerade für die hauptsächlich von ihm beobachteten geotropischen und heliotropischen Krümmungen nicht zu. Nur in Einem Punct traf er schließlich das Richtige, daß nämlich die starke Verlängerung der Stengel, das Kleinbleiben der Blätter und ihre mangelhafte Färbung bei Pflanzen, welche in geschlossenen Räumen wachsen, durch partiellen oder gänzlichen Lichtmangel hervorgerufen wird, was übrigens bezüglich der Färbung schon Ray bewiesen hatte.

Obgleich Du Hamel die kritisch- und planlosen Untersuchungen Bonnet's, wie es auch später gewöhnlich geschah, mit großem Respekt behandelte, war doch seine eigene übersichtliche Darstellung verschiedener Pflanzenbewegungen viel besser. Im 6. Capitel des vierten Buches seiner *Physique des arbres* 1758, behandelte er unter dem Titel: Ueber die Richtung der Stengel und Wurzeln und über die Mutation der Pflanzentheile, die ihm bekannten phytodynamischen Erscheinungen. Unter der Rubrik: Aufrechte oder schiefe Richtung der Stengel und Wurzeln bespricht er die geotropischen, heliotropischen und einige andere Krümmungen; dann folgt ein Capitel über das Etiollement und unter dem Titel: Bewegungen von Pflanzen, welche gewissermaßen den freiwilligen Bewegungen der Thiere sich nähern, untersucht er die periodischen und Reizbewegungen der Mimosenblätter, um mit einem kurzen Bericht über Linné's Blüthenuhr und die hygroskopischen Bewegungen der Fruchtschalen zu schließen. Die Bewegungen der Ranken und schlingenden Stengel, von denen Du Hamel nur Wenig gewußt zu haben scheint, werden in dieser Zusammenstellung nicht behandelt; sie sind aber in einem früheren Capitel, im Zusammenhang mit

den Haaren, Dornen u. dergl. ähnlich wie schon bei Caesalpin erwähnt. Wenn wir in dieser Behandlungsweise der verschiedenen Bewegungen der Pflanzen eine Classification derselben sehen dürfen; so war diese jedenfalls noch eine höchst ungenügende, insofern sie Gleichartiges trennte, ganz Ungleichartiges vereinigte; trotzdem war sie doch schon eine viel geordnetere als bei Bonnet und im Einzelnen finden wir hier sogar recht werthvolle neue Beobachtungen. Du Hamel kann zunächst als derjenige gelten, der zuerst das Licht als die Veranlassung heliotropischer Krümmung in Anspruch nahm; was er bezeichnend genug aus Bonnet's Experimenten ableitete. Nachdem er sich in ähnlicher Weise wie Gales mit der Vertheilung des Wachsthum's an Sprossen beschäftigt und erkannt hatte, daß dieses mit beginnender Verholzung aufhört, legte er sich auch die Frage vor: an welchen Stellen die Verlängerung der Wurzeln stattfindet und durch zweckmäßige Experimente fand er, daß jeder Wurzelsaden nur an seinem, einige Linien langen, Endstück wächst, alles Uebrige aber keine weitere Verlängerung erfährt. In dem Capitel über die Richtung der Pflanzentheile prüft er nun die Richtigkeit der bis dahin versuchten Erklärungen der geotropischen Krümmungen. Astruc und de la Hire hatten das Gewicht des absteigenden Saftes als die Ursache der Abwärtskrümmung der Wurzeln und die im Gewebe aufsteigenden leichteren Dünste als die Ursache der Aufwärtskrümmung der Stengel in Anspruch genommen, Bazin dagegen die Feuchtigkeit der Erde für den Geotropismus der Wurzel verantwortlich gemacht. Du Hamel unternahm es nun, zu entscheiden, ob es die Feuchtigkeit, geringere Temperatur oder Dunkelheit der Erde sei, welche die Abwärtskrümmung der Wurzeln veranlaßte, was er nach dem Ausfall seiner Versuche verneinen mußte. Uebrigens sah es mit seiner mechanischen Erklärung derjenigen Bewegungen, welche wir jetzt als geotropische, heliotropische und periodische bezeichnen würden, übel aus; denn er kam zu dem Schluß, daß die „Richtung der Dämpfe“ innerhalb der Pflanzengefäße und in der Umgebung der Pflanze mehr als andere Ursachen zur Her-

vorrufung derartiger Bewegungen beitragen, und wenn die Wärme und das Licht Einfluß darauf zu nehmen scheinen, so sei es vielleicht nur deshalb, weil sie Dämpfe erzeugen, oder diesen eine bestimmte Bewegung ertheilen. — Betreffs der Bewegungen der Mimosenblätter wiederholte Du Hamel einen schon 1729 von Mairan gemachten Versuch, bei welchem die periodische Bewegung auch in constanter Finsterniß fortbauerte; er kam zu demselben Resultate, aus dem er schloß, daß die periodischen Bewegungen der Mimose von Temperatur und Lichtänderungen nicht wesentlich abhängen; 1757 hatte Hill den Beleuchtungswechsel als die Ursache der Schlafbewegungen in Anspruch genommen, da er fand, daß eine am Tage vorgenommene Verdunkelung die Nachtstellung hervorrief; wogegen wieder Jinn 1759 zu einem ähnlichen Schluß wie Mairan und Du Hamel gelangte. Erst lange nachher wurde die Frage durch Dutrochet zum Theil geklärt. Du Hamel hielt es für nöthig, die früher von Tournefort geäußerte Meinung, daß die Pflanzenbewegungen durch Muskeln vermittelt werden, besonders zu widerlegen und zu zeigen, daß Tournefort's Pflanzenmuskeln hygroskopische Fasern sind.

Schließlich ist noch zu erwähnen, daß er zuerst bemerkte, daß die beiden Gabeläste einer Weinranke um eine zwischen ihnen befindliche Stütze in entgegengesetzter Richtung sich winden; auch scheint er der Erste gewesen zu sein, der die Reizbarkeit der Staubfäden von *Opuntia* und *Berberis* mit der der Mimosenblätter verglich; die Staubgefäße von *Berberis* wurden später mehrfach, zumal von Covolo 1764, Koelreuter 1788, Smith 1790 u. a. untersucht, ohne jedoch zu neuen Ergebnissen über die Natur der Reizbarkeit zu führen. Dieß geschah dagegen durch dal Covolo's berühmte Abhandlung 1764 über die Staubfäden der *Cynareen*, die zwar noch kein definitives Resultat ergab, aber werthvolle Einzelheiten brachte, welche einiges Licht auf die Mechanik dieser Reizbewegungen warfen. Koelreuter, der sich 1766 auch mit diesen Objecten beschäftigte, ging dabei weniger auf eine mechanische Erklärung derselben,

als da  
für di  
Anspr  
deckte  
genau  
Beweg  
mit d  
und n  
in Be  
fest, d  
in der  
der sic  
sich m  
band,  
Circul  
weilig  
wieder  
ranu  
der R  
deckte,  
latori  
des I  
wenig  
Pflan  
Schon  
hier,  
ander  
Wissen  
der M  
doch i  
zu mi  
mecha  
waren  
unmö

als darauf aus, die Reizbarkeit der Staubgefäße als Beweise für die Nothwendigkeit der Insectenhilfe bei der Bestäubung in Anspruch zu nehmen. — Eine Bewegung ganz neuer Art entdeckte Corti 1772 in den Schläuchen der Charen: die jetzt sogenannte Circulation des Protoplasma's; diese Form pflanzlicher Bewegung schien jedoch zunächst nicht die geringste Aehnlichkeit mit den damals bekannten phytodynamischen Vorgängen zu haben und wurde daher auch und noch lange nachher mit diesen nicht in Verbindung gebracht; vielmehr setzte sich bald der Irrthum fest, daß man es hier mit einer Circulation des Nahrungsaftes in dem Sinne früherer Physiologen zu thun habe; ein Irrthum der sich noch tief bis in unser Jahrhundert herein erhielt und sich mit den mißverstandenen Bewegungen des Milchsaftes verband, um sich bei Schulz Schulzenstein zur Lehre von der Circulation des Lebensaftes auszubilden. Uebrigens war zeitweilig Corti's Entdeckung wohl ihrer Fremdartigkeit wegen wieder in Vergessenheit gerathen, so daß sie 1811 von Treviranus erneuert werden mußte. Nicht viel besser stand es mit der Bewegung der Oscillatorien, (welche Adanson 1767 entdeckte, da sie Vaucher zunächst nur dazu verleitet), die Oscillatorien für Thiere zu erklären.

3) So unvollkommen auch die theoretischen Bestrebungen des 18. Jahrhunderts auf diesem Gebiet waren, gingen sie doch wenigstens darauf aus, die verschiedenen Bewegungsformen der Pflanzen auf ein Spiel physikalischer Kräfte zurückzuführen. Schon in den letzten Jahren des Jahrhunderts trat jedoch auch hier, wie auf allen Gebieten der Botanik und Zoologie eine andere Auffassungsweise der gesunden Weiterentwicklung der Wissenschaft entgegen. Auch die Mehrzahl derer, die sich von der Naturphilosophie und ihren Redensarten fern hielten, glaubten doch in den Organismen etwas der übrigen Natur Fremdes sehen zu müssen; da die bisherigen Versuche, die Lebenserscheinungen mechanisch zu erklären, im Ganzen sehr ungenügend ausgefallen waren, hielt man jede derartige Erklärung überhaupt für ganz unmöglich, selbst für widersinnig, ohne zu bemerken, daß die

Lebenskraft, die nunmehr Alles erklären sollte, eben nur ein Wort war, in welchem man alles Unerklärliche im Leben der Organismen zusammenfaßte. Die Lebenskraft wurde personificirt, und bei den Bewegungen der Pflanzen glaubte man sie förmlich mit Händen greifen zu können. War aber eine Erscheinung einmal der Lebenskraft verfallen, dann gab man jede weitere Untersuchung auf; man verhielt sich namentlich den phytodynamischen Erscheinungen gegenüber, wie jener Bauer, der sich die Bewegung der Locomotive nur durch ein darin enthaltenes Pferd erklären konnte. Dazu kam, daß mit dem Ende des vorigen Jahrhunderts die Kenntniß des inneren Baues der Pflanzen ihren niedrigsten Stand erreicht hatte; das einzige Strukturelement, dessen Form man einigermaßen kannte, waren die abrollbaren Spiralfasern, in deren hygroskopischen Bewegungen man die Zuckungen der Lebenskraft mit der Spiraltendenz der Pflanze vereinigt sah. Indem man zugleich ganze Gefäßbündel für Spiralfasern hielt, oder doch die Gefäßbündel ganz aus solchen bestehen ließ, sah man in ihnen die vegetabilischen Muskeln, die sich durch Reize der verschiedensten Art contrahiren und so die Bewegungen der Pflanzenorgane verursachen sollten, wobei man nicht einmal bedachte, daß gerade bei den Organen, welche, wie die der reizbaren und periodisch beweglichen Blätter, die auffallendsten Bewegungen zeigen, dieser Muskel eine centrale Lage besitzt, die ihn zu der ihm zugeschriebenen Funktion ganz unfähig macht. Es wäre ziemlich nutzlos und ermüdend, das Gesagte mit zahlreichen Beispielen, die sich leicht sammeln ließen, zu belegen; nur einige Sätze aus Link's Grundlehren der Anatomie und Physiologie 1807 will ich anführen; sie sind besonders lehrreich, weil Link sich gegen die Naturphilosophie erklärte und auf Seiten der inductiven Wissenschaft zu stehen behauptete. Unter dem Titel: „Bewegungen der Pflanzen“ behandelte er aber die geotropischen Krümmungen, ebenso wie andere Bewegungen mit der damals gewöhnlichen Oberflächlichkeit, um schließlich zu finden, daß die Wachstumsrichtung der Stämme und Wurzeln durch eine in jeder Pflanze bestimmte Polarität bewirkt wird,

„die uns auf höhere Verbindungen unseres Planeten im Welt-  
raum“ schließen läßt. „Daß das Licht die Ursache des Pflanzen-  
schlafs sei, ließ sich bald vermuthen“, sagt er, worauf nun die  
einander widersprechenden Angaben Hill's, Zinn's und De  
Candolle's zu einem unentwirrbaren Knoten verschlungen, an-  
geführt werden, der jeder logischen Behandlung spottet. Dann  
weist er aber die mechanischen Erklärungsversuche mit der Be-  
merkung ab, daß die Pflanzen ihren regelmäßigen Schlaf auch  
im Dunkeln und in der Kühle behalten, denn diese so merk-  
liche Angewöhnung sei eines der wichtigsten Kennzeichen der Vitalität.  
Zu demselben Resultat führt ihn Desfontaine's Erfahrung,  
daß eine Mimose, der Erschütterung einer Wagenfahrt ausgesetzt, sich  
anfangs zwar schließt, dann aber wieder ausbreitet. Bezüglich  
der raschen Schwingungen der Blättchen von *Hedysarum gyrans*  
und ähnlicher Bewegungen, weist er zwar Percival's An-  
nahme eines Willens der Pflanzen zurück; sie aber von mecha-  
nischen oder chemischen Gründen ableiten zu wollen, habe bisher  
nur zu Spielerei geführt.

Daß Männer, die Solches und noch weit Schlimmeres  
drucken ließen, auf diesem Gebiet nichts leisten konnten, liegt auf  
der Hand. Der eben so breite, als seichte Strom derartiger  
Meinungen fluthete aber noch lange, selbst bis in die dreißiger  
Jahre fort, bis er sich endlich verließ, als nach und nach seine  
Quellen durch neue Entdeckungen verstopft wurden und wissen-  
schaftliche Forschungen wieder die Oberhand gewannen. Denn  
einzelne ruhigere Denker, die sich mit leeren Worten nicht be-  
gnügten, hatten unterdessen den von Ray, Dodart, Gales,  
Du Hamel betretenen Weg weiter verfolgt und durch Experi-  
mente und ernstes Nachdenken neue Thatsachen zu Tage gefördert,  
welche die mechanische Erklärung phytodynamischer Erscheinungen  
wenigstens anbahnen konnten. In diesem Sinne hatte schon am  
Anfang dieses Zeitraums Senebier in seiner *Physiologie  
végétale* 1700 eine sehr ausführliche Untersuchung des Etiole-  
ments mitgetheilt, welche zwar an dem großen Fehler litt, daß  
er die im Finstern nicht stattfindende Kohlensäurezersehung für

die Mißfärbung der Blätter und die starke Streckung der Stengel verantwortlich machte; dafür aber brachte er die echt naturwissenschaftliche Methode zur Geltung, deren Geist sich auch darin ausdrückte, daß Senebier den Linné'schen Ausdruck Pflanzenschlaf unzutreffend fand, weil, wie er bemerkte, die schlafenden Blätter keineswegs erschläft, sondern ebenso schraff wie am Tage sind. — Ähnlich wie Senebier experimentirte auch De CandoUe über den Einfluß des Lichts auf die Vegetation (1806) und es gelang ihm nachzuweisen, daß die tägliche Periode der Blätter sich durch künstliche Beleuchtung umkehren läßt; wie schon in der Geschichte der Ernährungslehre erwähnt, war er zwar Anhänger der Lebenskraft, von der er jedoch nur dann Gebrauch machte, wenn physikalische Erklärungen versagten. — In das Jahr 1806 fällt aber noch eine der glänzendsten Entdeckungen, die den Naturphilosophen und Anhängern der Lebenskraft um jeden Preis, sehr unbequem wurde und gewiß dazu beigetragen hat, die wissenschaftliche Behandlung der Pflanzenbewegungen wieder auf die rechte Bahn zu leiten. Es war der von Andrew Knight<sup>1)</sup> gelieferte, experimentelle Nachweis, daß der verticale Wuchs der Stämme und Hauptwurzeln durch die Schwerkraft verursacht wird, indem er keimende Pflanzen an einem sich rasch drehenden Rade befestigte und sie so der Centrifugalkraft allein oder unter Mitwirkung der Schwere aussetzte; wie sonst der letzteren, so folgten hier die Keimwurzeln der Richtung der Centrifugalkraft, während die Keimstengel die entgegengesetzte Richtung annahmen. Die Frage war nun aber, auf welche Art die Schwere, resp. die Centrifugalkraft, es bewirkt, daß Wurzel und Stengel gerade entgegengesetzte Richtungen einschlagen, warum z. B. bei einer horizontal gelegten Pflanze die Wurzelspitze sich abwärts, der Stengel sich aufwärts krümmt. Knight nahm an, daß jene, wie eine halbweiche Masse durch ihr eigenes Ge-

<sup>1)</sup> Thomas Andrew Knight war Präsident der horticultural society, zu Wormsley Grange bei Herford 1758 geboren, zu London 1838 gest.

wicht sich abwärts biege, wogegen im Stengel der Nahrungsast sich nach der Unterseite hinzieht und diese so lange zu stärkerem Wachsthum veranlaßt, bis durch die so bewirkte Krümmung der Stengel wieder grade aufgerichtet ist. Auch hier, wie einst bei Dobart, kam zunächst wenig darauf an, daß die Erklärung sich später als ungenügend erwies; in jener Zeit konnte man sich bei ihr beruhigen, denn sie erklärte, was man von der Erscheinung kannte, genügend. Derselbe Geist echter Naturforschung, der sich in Knight's Erklärung des Geotropismus ausdrückte, fand übrigens seinen Ausdruck auch in zahlreichen anderen Beiträgen zur Pflanzenphysiologie, unter denen hier nur noch zwei erwähnt werden sollen; 1811 zeigte er, daß unter geeigneten Umständen Wurzeln von ihrer verticalen Richtung durch feuchte Erde abgelenkt werden können, eine Beobachtung, die später (1828) zwar von Johnson bestätigt, dann aber ganz vergessen wurde. Mehr Beachtung fand seine Entdeckung (1812), daß die Ranken von *Vitis* und *Ampelopsis* negativ heliotropisch sind, d. h. sich von der Lichtquelle wegwenden; die ersten Fälle dieser Art von Heliotropismus, für welche man auch jetzt eine nur geringe Zahl von Beispielen kennt, die aber deshalb von großem Interesse sind, weil sie lehren, daß die Beziehungen der Pflanzen zum Licht denselben Gegensatz zeigen, wie die zur Schwerkraft. Es war etwas von Hales' grader und kühner Logik in seinem Landsmanne Knight, der der Lebenskraft zum Trotz mit mechanischen Erklärungen, wo sich die Möglichkeit bot, sofort bei der Hand war; so erklärte er auch das Winden der Ranken dadurch, daß der Druck der Stütze die Säfte nach der entgegengesetzten Seite treibe, die in Folge dessen stärker wächst und so die Krümmung bewirkt, durch welche die Ranke die Stütze umwindet. Diese Theorie war jedenfalls besser, als was später (1827) Hugo Mohl an ihre Stelle zu setzen suchte und bis auf die letzten Jahre ist keine bessere gegeben worden. Ähnlich war es auch mit Knight's Erklärung der geotropischen Krümmungen; zwar zeigte 1828 Johnson, daß abwärts krümmende Wurzelspitzen ein Gewicht, schwerer als sie selbst, in Bewegung



setzen, also nicht einfach hinabsinken, und Pinot 1829, daß sie auch in Quecksilber eindringen, daß also Knight's Theorie wenigstens betreffs der Wurzeln ungenügend ist; eine bessere wurde jedoch selbst bis heute nicht gefunden und seine Ansicht von dem Vorgang der Aufwärtskrümmung der Stengel ist ebenfalls auch heut noch nicht durch eine andere, allgemein angenommene ersetzt.

Bis in die zwanziger Jahre hatte sich allgemein die Annahme erhalten, daß die Bewegungen der Pflanzentheile durch die Spiralgefäße, oder, was damals gleichbedeutend war, durch die Gefäßbündel vermittelt werden. Da war es ein Ereigniß von Bedeutung, als Dutrochet 1822 bewies, daß die Bewegungen der Mimosenblätter durch die wechselnde Expansion der antagonistischen Parenchymmassen ihrer Polster hervorgerufen werden, daß bei den Krümmungen der letzteren das centrale Gefäßbündel also nur passiv mitgekrümmt wird. Zu dieser Ansicht war allerdings schon 1790 Lindsay durch ganz ähnliche Versuche, wie Dutrochet gelangt; seine ungedruckte Abhandlung darüber wurde aber erst 1827 von Burnett und Mayo an's Licht gezogen. Unter dessen hatte Dutrochet auch schon erkannt, daß das Licht die Bewegungen der Blätter in sehr verschiedenem Sinne beeinflusst, indem es die in dauernder Finsterniß starr gewordenen erst wieder in den normalen beweglichen Zustand versetzt, daß aber Beleuchtungswechsel auf diesen letzteren als Bewegungsreiz einwirkt.

Im Laufe der zwanziger Jahre regte sich vielseitig das Interesse an den verschiedenen Bewegungen der Pflanzenorgane. Im Jahr 1826 stellte die medicinische Facultät in Tübingen eine Preisfrage, welche Auskunft über die Eigenschaften der Ranken und Schlingpflanzen verlangte und dabei alle diejenigen Punkte hervorhob, welche nothwendig erst bereinigt sein mußten, wenn eine tiefere Einsicht in die Bewegungen dieser Organe, die man bis dahin fast ganz vernachlässigt hatte, gewonnen werden sollte. Die beiden gekrönten Preischriften wurden 1827 publicirt. Die eine war von Palm, die andere von Hugo Mohl, beide

aber von sehr verschiedenem Werth; Palm's Schrift ist eine gute fleißige Schülerarbeit, die von Mohl hat durchaus nichts von einer solchen an sich; die Art der Darstellung, die genaue Literaturkenntniß, die Fülle eigener Erfahrung, die durchschlagende Kritik, die Hervorhebung des principiell Wichtigen, das Gefühl der Sicherheit und Ueberlegenheit, das sich hier ausspricht, läßt den Leser vergessen, daß er nicht die Arbeit eines gereiften Fachmannes, sondern die eines zweiundzwanzigjährigen Studenten vor sich hat. Diese akademische Preisschrift: über den Bau und das Winden der Ranken und Schlingpflanzen war nicht nur eine von Mohl's besten Abhandlungen, sondern überhaupt das Beste, was über diesen Gegenstand bis auf Darwin's denselben behandelnde Schrift 1865 geleistet worden ist. Es muß hier aber sogleich gesagt werden, daß Mohl die eigentlich mechanischen Vorgänge im Gewebe windender Ranken und Schlingpflanzen nicht erklärte, da er in beiden Fällen zur Annahme einer Reizbarkeit gelangte, in Folge deren die Umwindung der Stütze stattfindet und er diese Reizbarkeit nur „dynamisch“ nicht aber „mechanisch“ glaubte auffassen zu müssen; das hinderte jedoch nicht, daß Mohl seine Untersuchung bis auf diesen Punct durchaus im Sinne einer streng naturwissenschaftlichen durchführte und diejenigen Thatsachen, welche sich durch Beobachtung und Experiment feststellen ließen, so genau studirte, wie es bis dahin noch bei keiner Pflanzenbewegung geschehen war. Es war eine echt Mohl'sche Arbeit: streng inductiv bis zu dem Puncte, wo die deductive Forschung hätte anfangen müssen. Sehr werthvoll war zunächst die zweckmäßige Unterscheidung der hier in Betracht kommenden Organe in Ranken und schlingende Stengel, da das Verhalten beider wesentliche Verschiedenheiten zeigt; noch werthvoller die Entdeckung, daß die Berührung mit der Stütze als Reiz auf die Ranke wirkt, was er allerdings irrthümlich auch auf die schlingenden Stengel ausdehnte. Mohl trat sofort der neuen Ansicht Dutrochet's bei, daß es nicht die Gefäßbündel, sondern die Parenchymschichten sind, welche die Bewegungen vermitteln; die seit Caesalpin

immer wiederholte, wenn auch nur verschämmt ausgedrückte Ansicht, daß die Ranken und Schlingpflanzen ihre Stützen „gleichsam auffuchen“, die seit Grew oft wiederholte, ganz gedankenlose Annahme, daß die verschiedene Richtung des Schlingens der Stengel durch den verschiedenen Einfluß des Laufs der Sonne und des Mondes bewirkt werde, wies er schlagend ab; dafür zeigte er, wie die Nutationsbewegungen der schlingenden Stengel vollkommen hinreichen, das sogenannte Auffuchen der Stützen zu erklären und wenn er die entsprechende Erscheinung bei den Ranken auch nicht entdeckte, so genügte das, was er sah, doch zur Abweisung jener veralteten Meinung. Auf die sehr zahlreichen, meist guten Einzelheiten einzugehen ist hier nicht der Ort, und daß manche derselben später berichtigt werden mußten, braucht kaum erwähnt zu werden. Hauptsache war, daß durch Mohl's umfangreiche Untersuchung ein Muster geliefert war, wie phytodynamische Erscheinungen allseitig zu studiren sind, bevor man an eine eigentlich mechanische Erklärung derselben denken kann.

Auch wenn es Mohl versucht hätte, die Vorgänge im Gewebe windender Organe mechanisch zu erklären, so hätte dieser Versuch doch scheitern müssen, da ein Agens, welches hier sicherlich mit in Betracht kommen mußte, die Diffusionsvorgänge, erst in demselben Jahr (1826), wo er die Bearbeitung unternahm, von Dutrochet entdeckt und erst später soweit studirt wurde, daß es sich zur Erklärung von Vegetationserscheinungen benutzen ließ. Dutrochet suchte die Endosmose schon 1828 in die Phytodynamik einzuführen, und insofern es sich dabei nur um den Nachweis handelt, wie überhaupt und im Allgemeinen durch Endosmose und Exosmose Turgescenzänderungen des Gewebes zu Stande kommen, war damit auch in der That ein neues mechanisches Erklärungsmittel für solche Vorgänge gewonnen, die man bis dahin vitalistisch glaubte auffassen zu müssen; allein in seinen späteren, ausführlichen Bearbeitungen des Geotropismus, Heliotropismus, der periodischen und Reizbewegungen u. s. w., die er in den „Mémoires“ 1837 zusammenstellte, gerieth Dutrochet in einen zwiefachen Irrthum; einerseits nahm er, um

durch Endosmose die verschiedensten Krümmungen zu erklären, Größen- und Schichtungsverhältnisse der Zellen an, die factisch nicht existiren und anderseits genügte ihm die Endosmose im Parenchym nicht; er zog vielmehr auch Veränderungen in den Gefäßbündeln herbei, welche durch die Einwirkung des Sauerstoffs in unerklärter Weise hervorgerufen werden sollten. So gab sich Dutrochet bei der Erklärung der einzelnen Vorgänge allerdings Blößen und seine mechanischen Theorien blieben unbefriedigend; Anerkennung verdient aber, und für die Entwicklung der Phytodynamik werthvoll war, daß Dutrochet mit ganz entschiedenem Ernst darauf ausging, die Pflanzenbewegungen im Einzelnen mechanisch zu erklären; denn selbst die Gegner solcher Erklärungen mußten sich, um ihn zu widerlegen, doch in mechanische Verhältnisse vertiefen und mit der einfachen Behauptung, das Alles mache die Lebenskraft, konnte man jetzt Niemandem mehr imponiren; selbst ein so ganz in der Lebenskraft befangener Mann, wie Treviranus, mußte sich mit der Endosmose abzufinden suchen. Uebrigens boten Dutrochet's ausführliche phytodynamische Untersuchungen eine Fülle interessanter Erfahrungen, feiner Combinationen und anregender Betrachtungen, durch welche die Lectüre derselben noch jetzt lehrreich, jedem der sich selbst mit derartigen Forschungen beschäftigt, sogar unentbehrlich ist; eine Vergleichung seiner betreffenden Aufsätze in den Mémoires von 1837 mit dem, was vorher über die Mechanik der Pflanzenbewegungen bekannt war, läßt nicht verkennen, daß hier an die Stelle der früheren behaglichen Gedankenlosigkeit, energische Verstandesarbeit getreten war.

Vollständig mechanisch erklärt war also noch keine einzige Pflanzenbewegung; wohl aber hatten sich bis zum Schluß der dreißiger Jahre die Ansichten geklärt; die Mitwirkung der äußeren Agentien war in der Hauptsache bekannt, die verschiedenen Bewegungsformen besser auseinander gehalten, wenn auch in dieser Richtung noch viel zu thun übrig blieb; und was die mechanischen Veränderungen im Gewebe der beweglichen Theile anbelangt, so war in der Endosmose wenigstens ein Factor gegeben,

mit dem sich rechnen ließ, wenn auch seine Anwendung anders als bisher versucht werden mußte.

Bevor ich nun über die weiteren theoretischen Bestrebungen auf diesem Gebiet zwischen 1840 und 1860 berichte, ist noch darauf hinzuweisen, daß man unterdessen auch wieder neue Fälle verschiedener Pflanzenbewegungen auffand. Dutrochet hatte den Keimstengel von *Viscum* als ein negativ heliotropisches Organ erkannt und sein Verhalten sorgfältig studirt; der alten Ansicht, daß die geotropische Abwärtskrümmung ein Vorrecht der Hauptwurzeln sei, und daß sie dadurch in „polarem“ Gegensatz zum Stamm stehen, trat er mit dem Hinweis auf die Rhizomspresse von *Sagittaria*, *Sparganium*, *Typha* u. a. entgegen, welche wenigstens in ihrer Jugend mit Gewalt sich abwärts krümmen; und indem er Knight's Rotationsversuche erweiterte, fand er, daß auch die Blätter einen eigenthümlichen Geotropismus zeigen. — Diese Wahrnehmungen und manche neue Beispiele periodischer und Reizbewegung traten nun ohne Schwierigkeit in Verbindung mit den längst bekannten Bewegungsformen im Pflanzenreiche, indem sie zugleich zur Berichtigung der Ansichten über diese beitrugen. Nicht so war es einstweilen mit zwei anderen in das Gebiet der Phytodynamik gehörigen Erscheinungen: mit dem normalen Wachsthum einer-, mit den Protoplasma- bewegungen anderseits, in denen so zu sagen die beiden entgegengesetzten Extreme der hierher gehörigen Thatsachen auftreten. Ueber das Wachsthum hatte man seit dem Beginn des Jahrhunderts verschiedene Messungen gemacht, seine Abhängigkeit von Licht und Wärme ohne nennenswerthen Erfolg zu constatiren versucht; die Bewegungen des Protoplasmas hatte 1811 Treviranus wieder in den Nitellen aufgefunden; durch Amici, Meyen und Schleiden wurden ähnliche Bewegungen auch in den Zellen höherer Pflanzen vielfach nachgewiesen, aber für Strömungen des Zellsaftes gehalten; daß es sich hier um Bewegungen derselben organisirten Substanz handelt, welche in Form von Schwärmsporen ganz frei im Wasser herumschwimmt, war noch unbekannt. Alle diese Erscheinungen, zumal auch die

Bewegungen der Schwärmsporen in den dreißiger Jahren, wurden zwar beachtet und im Einzelnen studirt; man dachte aber noch nicht daran, sie und die Mechanik des normalen Wachstums mit denjenigen Erscheinungen, welche man gewöhnlich unter dem Titel: Bewegungen im Pflanzenreich zu behandeln pflegte in Zusammenhang zu bringen; De Candolle und Meyen erwähnten ihrer in ihren bekannten Compendien (1835 und 1839) in diesem Zusammenhange nicht; vielmehr behandelte Meyen die „Circulation des Zellsaftes“ bei der Ernährung und das Schwimmen der Schwärmsporen bei der Fortpflanzung der Algen.

— Die längst bekannten Bewegungen im Pflanzenreich, welche man gewöhnlich im Zusammenhang aufzuführen pflegte, trennten die genannten Schriftsteller, ähnlich wie es Du Hamel gethan hatte, in zwei Hauptgruppen, indem sie die geotropischen und heliotropischen Krümmungen, die Bewegungen der Ranken und Schlingpflanzen unter dem Titel: „Richtung der Pflanzen“, die periodischen und Reizbewegungen aber unter dem der: „Bewegungen“ behandelten, ohne daß man jedoch die Argumente dieser Eintheilung angab; offenbar lag ihr das dunkle, der klaren Erkenntniß vorausseilende Gefühl zu Grunde, daß es sich bei jenen um wachsende, bei diesen um ausgewachsene Pflanzentheile handelt. Dutrochet machte eine derartige Unterscheidung jedoch nicht. Er war aber unter den Hauptvertretern der Pflanzenphysiologie in den dreißiger Jahren der einzige, der sich den phytodynamischen Erscheinungen gegenüber schon ganz auf den Standpunct der mechanischen Auffassung gestellt hatte. Daß Treviranus gänzlich in der Lebenskraft befangen war, wurde schon erwähnt; De Candolle und Meyen suchten zwar die einzelnen Pflanzenbewegungen womöglich mechanisch zu erklären, versielen aber doch bei allgemeineren Betrachtungen gern noch in veraltete Ansichten; so war die Reizbarkeit der Mimosen für De Candolle ein Fall höchster „Excitabilität“ und Röper übersetzte, in Uebereinstimmung mit seinen sonstigen Ansichten, De Candolle's Ausdruck: autonome Bewegungen mit dem: „eigenwillige“ Bewegungen. Meyen nannte die hier gemeinten Bewegungen von

Hedysarum gyrans, denen er auch die von Oscillatoria anreichte, „freiwillige“ Bewegungen; daß er hierbei wohl noch dunkle Reminiscenzen an die alte Pflanzenseele hegte, zeigt der Titel des betreffenden Abschnitts seines Werkes, welcher: „Von den Bewegungen und der Empfindung der Pflanzen“ lautet; auch ist diesem Abschnitt ein Schlußkapitel gewidmet, wo Meyen den Pflanzen, wenn auch in sehr gewundenen Ausdrücken, doch eine Art Empfindung zuschreibt, die er aus der offenbaren Zweckmäßigkeit ihrer Bewegungen folgert.

5) Mit dem Beginn der vierziger Jahre verschwanden auch auf diesem Gebiet die Unklarheiten der Naturphilosophie und der Lebenskraft; die inductive, methodisch naturwissenschaftliche Forschung, die noch in den dreißiger Jahren mit ihnen zu kämpfen hatte, galt wieder für die allein berechtigte; zwar fehlte es nicht an einigen Nachzüglern, sie fanden aber keinen Anklang. Man drang vor Allem auf genaue Untersuchung der einzelnen Facta, um für spätere Theorieen eine festere Basis zu gewinnen. Zu einem irgend wie abschließenden Resultat, oder zu ganz neuen Gesichtspuncten, wie in der Phytotomie, Morphologie und Systematik gelangte man jedoch bis 1860 in der Phytodynamik nicht, da sich die besten Kräfte, die hervorragendsten Forscher der Förderung jener Disciplinen fast ausschließlich widmeten und die phytodynamischen Studien fast ganz aus dem Gesichtskreis der meisten Botaniker verschwanden. Eine so dauernde, extensive und intensive Bearbeitung, wie Dutrochet sie diesen Dingen in den zwanziger und dreißiger Jahren zugewendet hatte, wurde ihnen in den beiden folgenden Jahrzehnten nicht zu Theil; wohl aber wirkte der von ihm gegebene Anstoß zunächst insofern kräftig nach, als nunmehr die Endosmose neu bearbeitet, als ein specieller Fall der Molecularphysik behandelt wurde; der so erweiterte Gesichtskreis gestattete später eine freiere Bewegung bei der mechanischen Behandlung phytodynamischer Fragen, die gleichzeitig durch die Fortschritte der Phytotomie eine festere Basis gewannen. Was aber, abgesehen von Brücke's Abhandlung über die Mimose (1848) geleistet wurde, hatte doch mehr den Character des

kritisch Sichtenden bezüglich der früheren Leistungen, und was an Neuem und Positivem zum Vorschein kam, blieb unvollendet bis in die Zeit, in welche unsere Geschichte nicht mehr fortzuführen ist. Bei dieser Sachlage ist eine zusammenfassende Darstellung der Leistungen dieses Zeitraums kaum möglich und beschränke ich mich darauf, die wichtigeren neuen Entdeckungen und theoretischen Bestrebungen einzeln vorzuführen.

Im Anfang der vierziger Jahre beschäftigten sich verschiedene Beobachter mit dem Einflusse des Lichts auf wachsende Pflanzentheile. Payer behauptete 1843, daß die Keimwurzeln verschiedener Phanerogamen das Licht fliehen, worüber sich zwischen ihm und Dutrochet ein Streit entspann, an welchem sich 1845 auch Durand betheiligte; ohne daß es später auch nur betreffs der Thatsache selbst zu einem bestimmten Abschluß kam. Viel wichtiger hätte die schöne Entdeckung von Schmitz 1843 werden können, daß die Rhizomorphen im Licht zwar langsamer als im Finstern wachsen, aber dennoch negativ heliotropisch sind; eine Thatsache, deren theoretischer Werth jedoch bis auf die neueste Zeit vollständig verkannt worden ist. — Sebastian Poggioli hatte schon 1817 die stark brechbaren Strahlen des Lichtes als die heliotropisch wirksameren erkannt und 1842 wurde dieß von Payer bestätigt, dem jedoch Dutrochet 1843 mit der unrichtigen Behauptung entgegentrat, daß nicht die Brechbarkeit, sondern die Helligkeit des Lichtes der entscheidende Factor sei. Zantedeschi fand aber 1843, daß rothes, oranges und gelbes Licht heliotropisch unwirksam ist, wogegen Gardner 1844 und Guillemain 1857 mit Hülfe des Spektrums zu dem Resultat kamen, daß alle Strahlen desselben heliotropisch wirksam sind; mit welchen Widersprüchen behaftet, die Frage liegen blieb, bis sie erst 1864 wieder neu aufgenommen wurde. Ganz ähnlich ging es, um dieß hier nachzutragen, mit der Wirkung des verschiedenfarbigen Lichts auf die Sauerstoffabscheidung und die Chlorophyllbildung; schon 1836 hatte sich Daubeny damit beschäftigt und sich der Ansicht zugeneigt, daß nicht sowohl die Brechbarkeit, als die Helligkeit des Lichtes ent-



scheide und auch Draper's 1844 mit Hilfe des Spektrums gemachte Beobachtung, daß die Sauerstoffabscheidung im gelben Licht eine maximale ist und beiderseits davon abnimmt, wurde später allgemein in dem Sinne gedeutet, als ob es sich auch hier nur um die Helligkeit des Lichtes handle, eine Ansicht, die erst in neuester Zeit definitiv beseitigt wurde, wie denn überhaupt alle soeben erwähnten Untersuchungen bis in die sechziger Jahre hinein zu keinem befriedigenden Abschluß gelangten und theoretisch kaum verwerthet wurden.

Den Glanzpunct in der Entwicklung der Phytodynamik bildet aber eine Abhandlung Brücke's über die Bewegungen der Mimosenblätter 1848, nicht bloß wegen ihrer außerordentlich wichtigen Resultate, sondern noch mehr durch die Craktheit ihrer Methode, die geradezu das Vorbild für jede weitere Untersuchung auf diesem Gebiet geworden ist. Von den Resultaten ist namentlich zu erwähnen, daß Brücke zuerst die wesentliche Verschiedenheit der periodischen Nachtstellung der Mimosenblätter von ihrer Reizstellung erkannte, indem jene mit einer Turgescenz-Zunahme, diese dagegen mit einer Erschlaffung verbunden ist: er zeigte ferner, daß nach Entfernung der oberen Hälfte des Bewegungsorgans nicht nur die periodischen Bewegungen fortauern, sondern auch die Reizbarkeit noch erhalten ist. Methodisch wichtig war namentlich die klare Darlegung der zwischen dem Gefäßbündel und dem turgescenten Parenchymmantel bestehenden Spannung und die Zurückführung der periodischen und Reizbewegungen auf Wasserbewegungen in den antagonistischen Parenchymmassen, die zwar im Einzelnen noch Manches zu wünschen übrig ließ, aber den großen Vortheil darbot, den mit dem Begriff der Reizbarkeit verbundenen Mysticismus, welchen selbst Mohl noch nicht abgestreift hatte, zu beseitigen.

Eine ausführliche Untersuchung Wigand's über die Abwärtskrümmung der Wurzeln 1854 war die einzige dieses Thema behandelnde Arbeit in diesem Zeitraum, die auch deshalb hervorgehoben zu werden verdient, weil sie zum ersten Mal seit langer Zeit wieder die eigentlich mechanischen Fragen dieses Vorgangs

theoretisch beleuchtete und, neben manchem sonst Lehrreichen, Dutrochet's von Mohl acceptirte, auf Endosmose und Gewebestruktur gegründete Theorie mit der einfachen Bemerkung besetzte, daß auch einzellige Organe geotropische Krümmungen zeigen, wie denn überhaupt im Lauf der sechziger und siebziger Jahre erkannt worden ist, welch' große theoretische Bedeutung die Thatsache besitzt, daß abgesehen von den Reizbewegungen die verschiedensten phytodynamischen Erscheinungen auch an einzelligen Organen auftreten.

Es wurde oben darauf aufmerksam gemacht, daß Corti's 1772 gemachte, von Treviranus 1811 wiederholte Entdeckung der Circulation in den Zellen ohne theoretisches Ergebnis blieb und im Grunde war es auch so mit den späteren Beobachtungen Amici's, Meyen's und Schleiden's, durch welche zunächst die große Verbreitung derartiger Bewegungen in den Pflanzenzellen constatirt wurde. Ebenso waren die schon vor 1840 bekannten, ziemlich zahlreichen Fälle der Schwärmsporenbewegungen mehr ein Gegenstand der Verwunderung als wissenschaftlicher Betrachtung; diese letztere konnte in der That erst dann Platz greifen, als Nägeli und Mohl 1846 in dem Protoplasma das wahre Substrat der sogenannten Saftbewegung in den Zellen erkannten, und 1848 Alexander Braun die Schwärmsporen als hautlose Protoplasmanmassen, aber als wahre Pflanzenzellen proklamirte. Man hatte also nunmehr ein neues Substrat und zwar das allereinfachste für die Pflanzenbewegungen entdeckt und Nägeli machte schon 1849 den Versuch, die Bewegungen der Schwärmsporen mechanisch zu erklären. Kam es bezüglich dieser Erscheinungen, für welche 1859 De Bary in den Mycomyceten die lehrreichsten Objekte aufwies, noch zu keiner mechanischen Einsicht, so führten sie später doch zu der Vermuthung, daß möglicherweise auch bei allen übrigen phytodynamischen Erscheinungen das Protoplasma in erster Linie theilhaftig sei und Unger's 1855 gemachter Hinweis auf die Ähnlichkeit des pflanzlichen und thierischen Protoplasma's mußte diesem Gedanken eine ganz besondere Tragweite geben. Zum

Abſchluß allerdings gelangte bis in die ſechziger Jahre keine einzige dieſer neuen Wahrnehmungen; wie ſehr ſich aber doch die Anſichten über die Phytodynamik im Allgemeinen ſchon im Anfang der fünfziger Jahre geklärt hatten, erkennt man deutlich genug in Mohl's 1851 (Vegetabilische Zelle) und in Unger's 1855 (Lehrbuch der Anatomie und Phyſiologie der Pflanzen) überſichtlichen Darſtellungen, von denen der erſtere mehr kritiſirend das Ungenügende der bis dahin gemachten Erklärungsverſuche, Unger dagegen das bereits principiell Feſtſtehende hervorhob.

So wenig, wie in den früheren Darſtellungen der Phytodynamik wurde aber auch von Mohl und Unger die Mechanik des Wachſthums mit in den Kreis der phytodynamischen Erſcheinungen gezogen. Vielmehr ſchien man einen gewiſſen Gegenſatz zwiſchen Wachſthum und anderen Bewegungen im Pflanzenreich anzunehmen, was auch bis auf die allerneueſte Zeit feſtgehalten worden iſt. Ueberhaupt wurde ſeit Mariotte und Hales die Mechanik des Wachſthums nicht mehr zum Gegenſtand von Unterſuchungen und theoretischen Erwägungen gemacht; doch fehlte es nicht ganz an Beobachtungen, welche wenigſtens die formalen Verhältniſſe und die Abhängigkeit des Wachſthums von äußeren Einflüſſen in's Auge faßten. Seit Du Hamel war Dhlert 1837 wieder der Erſte, der ſich mit der Vertheilung des Wachſthums an der Wurzel beſchäftigte; bezüglich derſelben Frage Betreffs der Stengel hatten Cotta's 1806, Chr. F. Meyer's 1808, Caſſini's 1821, Steinheil's und andere Meſſungen weſentlich nur zu dem Reſultat geführt, daß die Vertheilung des Wachſthums an den Internodien eine ſehr verſchiedene ſein könne und ſelbſt Münter's 1841 und 1843 und Griſebach's 1843 an wachſenden Internodien gemachte Meſſungen führten noch zu keinem erheblichen Ergebniß, weil es die Beobachter unterließen, die gewonnenen Zahlen theoretisch zu verwerthen. Man gab ſich damals überhaupt, wie es ſcheint, der Meinung hin, es genüge, die Meſſungen einfach in Zahlen aufzuſchreiben und es müſſe dann ein theoretisches Ergebniß

schon von selbst in die Augen springen; wogegen erst, wenn die Zahlen bereits vorliegen, die eigentlich wissenschaftliche Arbeit beginnt. Aus diesem Grunde führten denn auch die hier noch zu nennenden Beobachtungen zu keinem bestimmten Resultat. Der Einfluß, welchen die veränderliche Lufttemperatur<sup>1)</sup> und der periodische Wechsel von Tageslicht und nächtlicher Dunkelheit auf das Längenwachsthum der Internodien und Blätter geltend macht, nachdem dieselben aus dem Knospenzustand hervorgetreten sind, ist vielfach Gegenstand der Untersuchung gewesen; schon Christian Jacob Trew publicirte 1727 lange fortgesetzte tägliche Messungen am Blüthenschaft von *Agave americana* in Verbindung mit Temperatur- und Wetterbeobachtungen; aber erst hundert Jahre später wurden ähnliche Beobachtungen von Ernst Meyer 1827 und Mulder 1829 aufgenommen, denen dann van der Hopp, de Brieze 1847 und 1848 folgten; eingehender wurden die einschlägigen Fragen aber erst von Harting 1842 und Caspary 1856 untersucht. Abgesehen von dem Resultat, welches Münter andeutete und Harting theoretisch verwerthete, daß nämlich die Wachsthumsgeschwindigkeit unabhängig von äußeren Ursachen erst zunimmt, dann ein Maximum erreicht, um wieder abzunehmen und ganz aufzuhören, worauf übrigens von Niemand weiter geachtet wurde, führten alle diese zum Theil sehr fleißigen Beobachtungen zu keinem Resultat, nicht einmal zur Feststellung einer wirklich brauchbaren Beobachtungsmethode; kaum zwei Beobachter kamen zu gleichem Resultat, da man sich die Fragen über die Beziehungen des Längenwachsthums zur Temperatur und zum Licht nicht hinreichend klar gemacht hatte. Es erschienen sogar Mittheilungen, die einfach nur fortgesetzte Längenmessungen wachsender Pflanzentheile tabellirten und wohl ein Bild der fortwährenden Ungleichförmigkeit des Wachsthums gaben, ohne aber von den Ursachen derselben irgendwie Rechenschaft geben zu können; so groß war die Unklarheit selbst in den fünfziger und sechziger Jahren, daß

<sup>1)</sup> Vergl. Arbeiten des bot. Instit. in Würzburg Bd. I. p. 99.

die meisten Beobachter sich die Frage stellten, welcher Unterschied zwischen täglichem und nächtlichem Wachsthum bestehe; ohne zu überlegen, daß Tag und Nacht nicht einfache Naturkräfte sind, sondern verschiedene und sehr variable Complicationen äußerer Wachsthumbedingungen: der Temperatur, Beleuchtung, Feuchtigkeit, und daß eine solche Fragestellung unmöglich zur Auffindung gesetzlicher Beziehungen führen kann, so lange man nicht die einzelnen Faktoren kennt, welche in den Begriffen Tag und Nacht enthalten sind. — Die theoretisch werthvollste der genannten Publikationen war unzweifelhaft die von Harting 1842, der mit Entschiedenheit darauf ausging, aus seinen Messungen bestimmte Sätze theoretischen Inhalts zu gewinnen, namentlich die Abhängigkeit des Wachsthums von der Temperatur auf einen mathematischen Ausdruck zu bringen, der jedoch ungenügend genug ausfiel. Die Voraussetzung: daß sich zwischen dem Wachsthum und der Temperatur eine einfache arithmetische Beziehung finden müsse, war schon von Adanson im vorigen Jahrhundert angeregt worden und fand ganz besonders zwischen 1840 und 1860 vielen Beifall, wobei man jedoch dem Wort Wachsthum einen höchst allgemeinen Sinn unterlegte, indem man damit in mehr populärer Redeweise die Gesammtheit aller Vegetationsercheinungen bezeichnete. Adanson hatte angenommen, die Zeit des Ausschlagens der Knospen werde durch die Gesamtzahl der Grade mittlerer Tageswärme bestimmt, welche vom Jahresanfang an gerechnet, zusammenkommen; obgleich Senebier und später P. de Candolle sich gegen diese Beziehung ausgesprochen hatten, gewann ein ähnlicher Gedanke nach 1840 nicht nur vielen Anklang, sondern er wurde geradezu wie ein leicht begreifliches Naturgesetz behandelt. Boussingault hatte nämlich darauf hingewiesen, daß wenn man bei Culturpflanzen in Europa und Amerika die gesammte Vegetationszeit in Tagen ausgedrückt mit der mittleren Temperatur dieses Zeitraums multiplicirt, die erhaltenen Producte bei derselben Pflanzenspecies nicht allzuweit von einander abweichen. Darauf hin wurde nun angenommen, daß diese Abweichungen nur Folge ungenauer Beobachtung seien

und daß für jede Pflanzenspecies ein solches constantes Product von Vegetationszeit und Mitteltemperatur gelten müsse. Zudem bezeichnete man dieses Product mit dem unsinnigen Ausdruck Temperatursumme. Fände nun eine derartige Beziehung zwischen Vegetation und Temperatur statt, so würde ohne Weiteres daraus folgen, daß alle anderen Einwirkungen, die des Lichtes, der Feuchtigkeit, des Bodens u. s. w. auf die Vegetationszeit überhaupt gar keinen Einfluß ausüben, ganz abgesehen davon, daß schon die einfachsten Wachstumsvorgänge in höchst complicirter Weise nicht nur von inneren Ursachen, sondern auch von der Temperatur abhängen. Es ist hier um so weniger der Ort, auf die in dem Begriff der Temperatursumme liegende Ungereimtheit noch einmal hinzuweisen, als ich bereits 1860 (Jahrbücher für wiss. Bot. Bd. I. p. 370) das Nöthige gesagt habe. Es ist aber merkwürdig, daß ein solches Monstrum von Logik bis in die sechziger Jahre die Wissenschaft nach den verschiedensten Richtungen hin schädigen konnte. Es entstand sogar eine neue Wissenschaft, die sogenannte Phaenologie, welche Tausende und aber Tausende von Zahlen aufhäufte, um die für jede Pflanze charakteristische Temperatursumme aufzufinden, und als diese grobe Empirie zeigte, daß die einfache Multiplication von Vegetationszeit und Temperatur keine constante Zahl liefere, so versuchte man es mit dem Quadrat der Temperatur und anderen Zahlenspielerien. Obgleich Alphonse de Candolle schon 1850 sehr gegründete Einwürfe gegen diese ganze Behandlungsweise, in welcher die Mitteltemperaturen eine ganz ungerechtfertigte Rolle spielten, machte, konnte er sich doch selbst so wenig von der herrschenden Meinung befreien, daß er sogar die Wirkungen des Lichts durch eine Aequivalentzahl von Temperaturgraden glaubte ausdrücken und so das hypothetische Temperaturgesetz der Vegetation retten zu können. Von diesem Standpunct aus schrieb Alphonse de Candolle seine zweibändige Pflanzengeographie 1855, in welcher übrigens ein reicher Schatz von Erfahrung und Literaturkenntniß zusammengestellt ist.

So lag denn fast Alles, was in der Phytodynamik von principieller Bedeutung ist, noch ungeklärt zu der Zeit, wo unsere Geschichte schließt; erst nachher wurden die Fragen unter neuen Gesichtspuncten wieder aufgenommen und jetzt ist die Diskussion derselben in vollem Fluß.