

Einleitung.

Was man im 16. und im Anfange des 17. Jahrhunderts von den Lebenserscheinungen der Pflanzen wußte, war nicht viel mehr als das, was ohnehin schon seit den ältesten Zeiten menschlicher Cultur durch Landwirthschaft, Gärtnerei und andere praktische Beschäftigung mit Pflanzen bekannt geworden war. Man wußte, daß die Wurzeln nicht nur zur Befestigung im Boden, sondern auch zur Nahrungsaufnahme dienen, daß gewisse Düngestoffe z. B. Asche, unter Umständen auch Salz, die Vegetation kräftigen; daß ferner die Knospen auswachsen und Sprosse bilden, der Erzeugung von Samen und Früchten die Blüthen vorausgehen müssen und mancherlei unbedeutendere physiologische Erscheinungen, welche die Gartenkunst zu Tage förderte, waren bekannt. Dagegen hatte man von der physiologischen Bedeutung der Blätter für die Ernährung gar keine, von der der Staubgefäße für die Erzeugung fruchtbarer Samen nur eine ganz dunkle Ahnung; daß die aus der Erde aufgenommenen Nahrungstoffe innerhalb der Pflanze sich bewegen müssen, um auch die höher liegenden Theile zu ernähren, war eine nahe liegende Folgerung, die man auch zog und durch Vergleichung mit der Blutbewegung der Thiere zu verstehen suchte. Von der Bedeutung des Lichts und der Wärme für die Ernährung und das Wachsthum der Pflanzen berichten die Schriftsteller bis in die

legten Jahrzehnte des 17. Jahrhunderts so gut wie Nichts, wenn auch unzweifelhaft schon seit den ältesten Zeiten die Wirkungen dieser Agentien bei der Pflanzenkultur und verschiedenen sonstigen Gelegenheiten bekannt geworden sein müssen.

So dürftig war der Vorrath von Kenntnissen, den die Begründer der Pflanzenphysiologie in der letzten Hälfte des 17. Jahrhunderts vorfanden. Während die physiologische Bedeutung der verschiedenen Organe des menschlichen Körpers und der meisten Thiere wenigstens in ihren gröberer Zügen Jedermann bekannt war, mußte das Studium des vegetativen Lebens damit beginnen, mühsam zu entdecken, ob denn überhaupt die verschiedenen Theile der Pflanzen für die Erhaltung und Fortpflanzung des vegetativen Lebens nöthig sind, und welche Verrichtungen zum Vortheil des Ganzen man den einzelnen Theilen zuschreiben solle. Auch war es durchaus nicht leicht in dieser Beziehung nur einen ersten Schritt vorwärts zu thun; denn unmittelbar zu sehen, wie bei den Thieren, ist von den Verrichtungen der Pflanzentheile so gut wie Nichts und man braucht nur Cäsalpini und die Kräuterbücher des 16. Jahrhunderts zu lesen, um zu bemerken, wie rathlos man jedesmal der Frage nach der etwaigen physiologischen Bedeutung eines Pflanzenorgans gegenüberstand, wo es sich nicht gerade um die Wurzel als Ernährungsorgan und die Frucht und den Samen als den vermeintlich letzten Zweck des Pflanzenlebens handelte. Die physiologischen Verrichtungen der Pflanzenorgane fallen nicht in die Augen, sie müssen vielmehr aus gewissen Vorkommnissen erschlossen, oder aus dem Erfolg von Experimenten logisch abgeleitet werden. Dem Experiment aber muß die Aufstellung einer bestimmten Frage, gestützt auf eine Hypothese, vorausgehen; Fragen und Hypothesen aber können selbst wieder nur aus schon vorhandenen Kenntnissen entspringen. Einen ersten Anknüpfungspunct bot in dieser Beziehung die Vergleichung des pflanzlichen Lebens mit dem thierischen, welche schon Aristoteles, wenn auch mit geringem Glück, versucht hatte. Mit besseren botanischen und zoologischen Kenntnissen ausgerüstet hatte jedoch Cäsalpini bestimmtere Vorstellungen von der Be-

wegung der Nahrungssäfte in den Pflanzen zu gewinnen gesucht und nachdem im Anfang des 17. Jahrhunderts Harvey den Kreislauf des Blutes entdeckt hatte, tauchte auch bald der Gedanke auf, in den Pflanzen könne eine ähnliche Circulation des Saftes stattfinden. So war also eine erste Hypothese, eine bestimmte Frage gewonnen, welche man nun durch genauere Erwägung der gewöhnlichen Vegetationserscheinungen, besser aber durch Experimente zu entscheiden suchte. Führte nun auch eine fast hundert Jahre andauernde Polemik schließlich zu der Einsicht, daß ein der Blutcirculation entsprechender Kreislauf des Saftes in den Pflanzen nicht stattfindet, so war dieses Resultat doch eben durch jene Hypothese gewonnen, welche aus der Vergleichung der Thiere und Pflanzen entsprang. Gewissermaßen als Nebenprodukt der in diesem Sinne geführten Untersuchungen ergab sich aber auch die wichtige Entdeckung, daß die Blätter eine entscheidende Rolle bei der Ernährung der Pflanzen spielen, eine Entdeckung, welche derjenigen der Kohlensäurezersehung durch grüne Pflanzentheile um mehr als hundert Jahre vorausging. Um noch ein Beispiel hervorzuheben, konnte auch die Entdeckung der Sexualität bei den Pflanzen nur dadurch angebahnt werden, daß man gewisse Erscheinungen des vegetativen Lebens mit der Fortpflanzung der Thiere verglich; lange bevor Rudolph Jacob Camerarius seine entscheidenden Experimente (1691—1694) über die nothwendige Mitwirkung des Blüthenstaubes zur Erzeugung keimfähiger Samen anstellte, hegte man die, wenn auch höchst unbestimmte und durch allerlei Vorurtheile entstellte Vermuthung, daß bei den Pflanzen eine dem thierischen Geschlechtsverhältniß entsprechende Einrichtung bestehen möge. Das Interesse, welches die schon im 17. Jahrhundert bekannt gewordene Reizbarkeit der Mimosen und später ähnliche Bewegungsercheinungen an Pflanzen hervorriefen, entsprang ebenfalls wesentlich aus der hier so auffallend hervortretenden Ähnlichkeit zwischen Thier und Pflanze; und die ersten Untersuchungen darüber wurden selbstverständlich durch die Frage hervorgerufen, ob die Pflanzenbewegungen durch ähnliche Organisationsverhältnisse,

wie die der Thiere zu Stande kommen. In allen derartigen Fällen war es ganz gleichgültig, ob die vorausgesetzten Analogieen durch die fortgesetzten Untersuchungen endlich, wie bei der Sexualität, bestätigt, oder, wie bei der Saftcirculation, verneint wurden. Es handelte sich nicht um das Resultat, sondern darum, überhaupt nur Ausgangspuncte für die Untersuchung zu gewinnen. Zu diesem Zwecke genügte es, wenn, gestützt auf wirkliche oder nur scheinbare Analogieen zwischen Pflanzen und Thieren, den anscheinend ganz unthätigen Organen der Pflanze gewisse Functionen fragweise zugemuthet, gewissermaßen angedichtet wurden. Damit kam die wissenschaftliche Arbeit in Fluß, gleichgültig wie später das Resultat ausfallen würde. Ueberall wo es sich um Lebenserscheinungen handelt, ist eben unser eigenes Leben nicht nur der erste Ausgangspunct, sondern auch das Maaß des Begreifens; was das Lebendige im Gegensatz zum Leblosen sei, erkennen wir zuerst durch Vergleichung unseres eignen Wesens mit dem der verschiedenen Objecte. Von unseren Lebensregungen schließen wir auf diejenigen der höheren Thiere, welche wir aus dem Gebahren derselben ganz unmittelbar und instinktmäßig verstehen; von diesen ausgehend werden uns auch die der niederen Thiere verständlich und schließlich leiten uns weitere Analogieschlüsse bis hinüber zu den Pflanzen, deren Belebtheit uns eben nur auf diese Weise bekannt wird. Zudem so die Pflanzen als Lebendige Wesen schon im Alterthum den Thieren genähert wurden, bot sich von selbst dem weiteren Nachdenken die Annahme dar, daß man nun auch im Einzelnen die Lebenserscheinungen der Thiere bei den Pflanzen wiederfinden werde. Aus den botanischen Fragmenten des Aristoteles erfahren wir, daß auf diese Weise in der That die ersten Fragen der Pflanzenphysiologie entstanden sind; und wie schon erwähnt, nahmen dieselben bei Cäsalpini bereits eine bestimmtere Form an und die späteren Pflanzenphysiologen bedienten sich immer wieder ähnlicher Analogieschlüsse. Einen anderen Anfang konnte die Geschichte unserer Wissenschaft nicht nehmen, weil es psychologisch und historisch genommen, keinen anderen giebt. Wenn sich nun auch die vor-

ausgesetzten Analogieen zwischen Thieren und Pflanzen später oft als trügerisch erwiesen und vielfach Unfug mit ihnen getrieben wurde, so hat die fortgesetzte Untersuchung nach und nach andere viel wichtigere und wesentlichere Uebereinstimmungen beider Reiche zu Tage gefördert; immer deutlicher tritt namentlich in unserer Zeit hervor, daß die materiellen Grundlagen des vegetabilischen und animalischen Lebens in der Hauptsache identisch sind, daß die Vorgänge der Ernährung, Saftbewegung, geschlechtlichen und ungeschlechtlichen Zeugung die überraschendsten Aehnlichkeiten in beiden Reichen darbieten.

Wenn die ersten Begründer der wissenschaftlichen Pflanzenphysiologie sich ganz und gar teleologischen Anschauungen hingaben, so war dieß nicht nur in den Zeitverhältnissen begründet, sondern auch für die ersten Fortschritte unserer Wissenschaft von großem Nutzen. Man brauchte im 17. und 18. Jahrhundert nicht Aristoteliker zu sein, um bei physiologischen Untersuchungen überall Zwecke und zweckmäßige Einrichtungen vorauszusetzen. Dieser Standpunct ist ohnehin überall und zu jeder Zeit der ursprüngliche und jeder Philosophie vorausgehende; vielmehr ist es Aufgabe der fortgeschrittenen Wissenschaft, diesen Standpunct zu verlassen, und schon im 17. Jahrhundert wurde von Seiten der Philosophen die Teleologie als ein unwissenschaftliches Verfahren erkannt. Allein die ersten Pflanzenphysiologen waren eben nicht Philosophen im engeren Sinne des Wortes und wenn sie an ihre Untersuchung gingen, war die teleologische Auffassung der organischen Natur schon deßhalb außer Frage, weil es sich gewissermassen von selbst verstand, daß jedes Organ, absichtlich und genau so geschaffen worden sein müsse, daß es die zum Bestand des Ganzen nöthigen Functionen auszuführen im Stande ist. Diese Auffassung entsprach nicht nur den herrschenden Anschauungen, sondern sie hatte noch den Vorzug großer Bequemlichkeit, und bei den ersten Anfängen unserer Wissenschaft war es sogar ganz gut, wenn man voraussetzte, daß jeder Theil der Pflanze, auch der unscheinbarste, für die Erhaltung ihres Lebens ausdrücklich erbacht und geschaffen worden sei, denn darin lag

ein Antrieb, die Einrichtungen der Pflanzenorgane sorgfältig zu betrachten, worauf es doch zunächst allein ankam. So finden wir es auch in der That bei Malpighi, Grew, Gales und weiter unten werden wir sehen, wie selbst noch am Ende des vorigen Jahrhunderts Konrad Sprengel in strenger Durchführung seines teleologischen Standpunctes die glänzendsten Entdeckungen über die Beziehungen des Blütenbaues zur Insektenwelt u. s. w. machte. Dem Fortschritt der Morphologie war die teleologische Auffassung von vornherein schädlich, obgleich die Geschichte der Systematik zeigt, wie schwer es den Botanikern wurde, sich von derartigen Ansichten zu trennen. Ganz anders verhielt es sich bei der Physiologie; hier erwies sich die Teleologie wenigstens als heuristisches Princip in hohem Grade nützlich, wenn es sich darum handelte die Funktionen der Organe zu entdecken, den Zusammenhang der Lebenserscheinungen zu verstehen. Etwas ganz anderes freilich war es, als es darauf ankam, die Ursachen derselben aufzuzuchen, die Vegetationserscheinungen in ihrem causalen Zusammenhang aufzufassen. Da genügte die teleologische Auffassung nicht mehr, ja sie mußte als ein Hinderniß beseitigt werden, wenn sich auch immerhin die Schwierigkeit ergab, wie denn nun ohne den teleologischen Standpunct die zweckmäßigen Einrichtungen der Organismen zu verstehen sind. Es bedarf hier nur des Hinweises, daß diese Schwierigkeit durch die Selectionstheorie in befriedigender Weise gehoben wurde. Sie ist für die Physiologie in dieser Beziehung ganz ebenso wichtig geworden, wie die Descendenztheorie überhaupt für die Systematik und Morphologie. Wenn die Descendenztheorie die morphologische Behandlung der Organismen endlich von dem Einfluß der Scholastik befreite, so hat nicht weniger die Physiologie speciell durch die Selectionstheorie erst die Möglichkeit gewonnen, sich von teleologischen Deutungen ganz frei zu machen. Nur ein völliges Mißverstehen der Darwin'schen Lehre kann dieser den Vorwurf zuziehen, sie falle in die Teleologie zurück, während ihr größtes Verdienst darin besteht, die Teleologie auch da als überflüssig erscheinen zu lassen, wo sie den Naturforschern

früher trotz aller Gegengründe der Philosophie ganz unentbehrlich schien.

Wenn die Vergleichung der Pflanzen mit den Thieren und ebenso die teleologische Auffassung der Organismen den ersten Anfang pflanzenphysiologischer Forschung überhaupt ermöglichten, so waren dagegen andere Momente von entscheidender Bedeutung, als es sich später darum handelte, die wenigstens in ihren gröberem Zügen erkannten Functionen der Pflanzenorgane ursächlich zu begreifen und zu erklären. Vor Allen kam hier die Phytotomie in Betracht. In dem Grade wie die innere Struktur der Pflanzen näher bekannt, die verschiedenen Gewebeformen unterschieden wurden, gelang es auch, die bereits durch Experimente entdeckten Functionen der Organe mit ihrer mikroskopischen Struktur in Zusammenhang zu bringen; die Phytotomie zerlegte die lebende Maschine in ihre einzelnen Bestandtheile und konnte es nun der Physiologie überlassen, aus der Struktur und dem Inhalt der Gewebeformen zu erkennen, in wie weit dieselben geeignet sind, bestimmten Functionen zu dienen. Dieß war selbstverständlich erst dann möglich, wenn die Vegetationserrscheinungen vorher an der lebenden Pflanze selbst studirt worden waren. So konnte z. B. die mikroskopische Untersuchung der bei der Befruchtung stattfindenden Vorgänge erst dann zu weiteren Aufschlüssen führen, wenn vorher durch Experimente die Sexualität selbst, die Nothwendigkeit des Pollens zur Erzeugung keimfähiger Samen constatirt war; ebenso die anatomische Untersuchung des Holzes erst dann zur Erklärung der Art und Weise, wie das Wasser in ihm emporsteigt, Anhaltspuncte darbieten, wenn vorher experimentell festgestellt war, daß dieses überhaupt nur im Holzkörper geschieht u. s. w.

Zu ganz ähnlichen Erwägungen veranlaßt uns das Verhältniß der Physiologie zur Physik und Chemie, worüber hier schon deßhalb einige orientirende Bemerkungen vorausgeschickt werden sollen, weil man nicht selten, und gerade in neuester Zeit der Ansicht begegnet, die Pflanzenphysiologie sei wesentlich nichts Anderes als angewandte Physik und Chemie, als ob man

die Vegetationserrscheinungen einfach aus physikalischen und chemischen Lehren ableiten könnte. Das wäre ja vielleicht möglich, wenn Physik und Chemie auf ihren Gebieten keine Frage mehr zu lösen hätten; thatsächlich aber sind beide von diesem Ziel noch ebensoweit entfernt, wie die Pflanzenphysiologie von dem ihrigen. Es ist ja gewiß, daß die heutige Pflanzenphysiologie ohne die heutige Physik und Chemie undenkbar wäre, daß ebenso die erstere auch früher auf den jeweiligen Stand der Physik und Chemie sich stützen mußte, wenn es darauf ankam, schon constatirte Vegetationsercheinungen als Wirkungen bekannter Ursachen aufzufassen. Ebenso gewiß aber ist, daß alle Fortschritte, welche Physik und Chemie bisher gemacht haben, für sich allein keine Pflanzenphysiologie hervorgebracht haben würden, auch nicht in Verbindung mit der Phytotomie; die Geschichte zeigt, daß man im 17. und 18. Jahrhundert schon eine Reihe von Lebenserscheinungen der Pflanzen kennen gelernt hatte, zu einer Zeit, wo die Physik und Chemie selbst noch wenig zu bieten hatten und gänzlich außer Stande waren, den Physiologen irgend welche Erklärungsgründe darzubieten. Die wahre Grundlage aller Physiologie ist eben die unmittelbare Beobachtung der Lebenserscheinungen selbst, welche durch Experimente hervorgerufen oder verändert, erst in ihrem Zusammenhang studirt werden müssen, bevor man daran denken kann, sie auf physikalische und chemische Ursachen zurückzuführen. Es ist daher wohl möglich, daß die Pflanzenphysiologie einen gewissen Grad von Ausbildung erreicht, auch ohne physikalische und chemische Erklärung der Vegetationsercheinungen, ja sogar trotz irrthümlicher Theorieen auf diesen Gebieten. Was Malpighi, Gales, zum Theil Du Hamel leisteten, war doch gewiß Pflanzenphysiologie und zwar bessere, als manche Neuere glauben; was sie aber wußten, hatten sie aus Beobachtungen an der lebenden Pflanze, und keineswegs aus den chemischen und physikalischen Theorieen ihrer Zeit abgeleitet. Selbst die Feststellung der wichtigen Thatsache, daß die grünen Blätter allein im Stande sind, solche Nahrungsstoffe zu bilden, welche geeignet sind, das Wachsthum und die Bildung

neuer Organe zu bewirken, wurde mehr als hundert Jahre früher entdeckt, als die Kohlensäurezersehung durch grüne Pflanzentheile, zu einer Zeit, wo die Chemie von Kohlensäure und Sauerstoff noch Nichts wußte. Es läßt sich sogar eine Reihe von physiologischen Entdeckungen anführen, welche in scharfen Gegensatz zu chemischen und physikalischen Theorien traten und selbst zur Berichtigung derselben beitrugen. So z. B. die Feststellung der Thatsache, daß die Wurzeln Wasser und Nahrungstoffe aufnehmen, ohne dafür Etwas an die Umgebung abzutreten, was nach der früheren physikalischen Theorie vom endosmotischen Aequivalent durchaus unbegreiflich schien; daß ferner die sogenannten chemischen Strahlen der Physiker gerade bei der Assimilation der Pflanzen von ganz untergeordneter Bedeutung sind, während die gelben und benachbarten Theile des Spectrum's im strengsten Gegensatz zu den herrschenden Ansichten der Physiker und Chemiker die Zersehung der Kohlensäure lebhaft bewirken. Und aus welchen Lehrsätzen der Physik hätte irgend Jemand folgern können, daß das Wachsthum der Wurzeln abwärts, der Stämme aufwärts, von der Schwerkraft bewirkt werde, was Knight 1806 durch Experimente mit lebenden Pflanzen bewies; oder konnte die Optik voraussehen, daß das Wachsthum der Pflanzen durch das Licht verlangsamt wird und daß wachsende Theile unter feinen Einfluß sich krümmen. Ueberhaupt das Beste, was wir vom Leben der Pflanze wissen, ist durch directe Beobachtung derselben gewonnen, aber nicht aus chemischen und physikalischen Theorien deducirt worden. Nach diesen Bemerkungen mögen nun die wichtigeren Fortschritte der Pflanzenphysiologie in raschem Ueberblick vorgeführt werden.

1) Daß die ersten Anfänge der Pflanzenphysiologie ungefähr in denselben Zeitraum fallen, wo auch die Chemie und Physik anfangen, sich als ächte Naturwissenschaften zu etabliren, beweist keineswegs, daß diese es waren, welche die Pflanzenphysiologie hervorgerufen haben. Sie verdankte vielmehr ihre Entstehung ebenso wie die Physiologie, die Mineralogie, die Astronomie, Geographie u. s. w. dem Auftreten des neuen Forschungstriebes

im 16. und 17. Jahrhundert, welcher, indem er die Leerheit der Scholastik empfand, nach allen Richtungen hin darauf ausging, durch Beobachtung werthvolle Kenntnisse zu sammeln. Bekanntlich war es die zweite Hälfte des 17. Jahrhunderts, wo in diesem Sinne und im Gegensatz zur Scholastik in Italien, England, Deutschland, Frankreich naturwissenschaftliche Gesellschaften oder Akademien gegründet wurden; in ihren Verhandlungen spielen die ersten pflanzenphysiologischen Schriften eine ganz hervorragende Rolle: von Unbedeutenderem abgesehen, war es die londoner Royal society, welche die epochemachenden Werke von Malpighi und Grew in den siebziger und achtziger Jahren des 17. Jahrhunderts herausgab; ebenso erschienen die für die Sexualitätslehre epochemachenden ersten Mittheilungen des Camerarius in den Ephemeriden der deutschen Academia naturae curiosorum und auch die französische Akademie ließ es sich um diese Zeit angelegen sein, unter Dodart's Leitung pflanzenphysiologische Untersuchungen förmlich zu organisiren, wenn auch freilich das Resultat dem Streben nicht entsprach. In diesen Zeitraum, wo es auf allen Gebieten der Wissenschaft sich regte, wo die großen Entdeckungen mit wunderbarer Eile einander folgten, fallen auch die ersten bedeutenden Anfänge unserer Wissenschaft: die ersten Untersuchungen über den sogenannten auf- und absteigenden Saft, zumal in England, Malpighi's Theorie, welche die Blätter als Ernährungsorgane in Anspruch nimmt, Ray's erste Mittheilungen über die Einwirkung des Lichtes auf die Färbung der Pflanzen, vor Allem aber des Camerarius' Experimente, durch welche die befruchtende Kraft des Pollens erwiesen wurde. Es war die Zeit der ersten Entdeckungen: die Erklärungsversuche waren allerdings noch schwach; die eben erst begründete Phytotomie wurde jedoch sofort auch für die Physiologie fruchtbar, während Physik und Chemie noch wenig zu bieten hatten. Dagegen trug die im Zeitalter Newton's herrschende Vorliebe für Mechanik und mechanische Erklärung organischer Vorgänge auch auf dem Gebiet der Pflanzenphysiologie eine schöne Frucht in Hales'

Untersuchungen über die Saftbewegung der Pflanzen; seine *Statical essays* 1727 schließen sich den vorhin genannten grundlegenden Werken an und zugleich erreicht mit dieser bedeutenden Leistung die erste Periode unserer Wissenschaft einen scharf markirten Abschluß.

Auf diese Zeit schwunghaften Fortschrittes folgten jedoch einige Decennien, in welchen nichts Erhebliches geleistet, entdeckt und gedacht wurde, wo vielmehr unfruchtbare Zweifel an dem bereits Bewiesenen sich regten, ohne daß dieselben jedoch zu einer tieferen Fassung der Fragen oder zu neuen experimentellen Entscheidungen führten.

2) Um 1760 jedoch beginnt es auf den verschiedensten Gebieten der Pflanzenphysiologie wieder sich zu regen. Nachdem durch Du Hamel's *Physique des arbres* 1758 nicht nur alles Frühere übersichtlich zusammengefaßt und durch zahlreiche neue Beobachtungen bereichert worden war, begann nunmehr abermals eine Reihe der wichtigsten Entdeckungen bis zum Anfang unseres Jahrhunderts. Die Lehre von der fernellen Fortpflanzung, seit Camerarius kaum gefördert und durch die Evolutionstheorie verunstaltet, fand in Koelreuter einen Beobachter ersten Ranges, der im Anfang der sechziger Jahre einen tieferen Blick in das Wesen der Sexualität eröffnete, indem er die ersten Bastarde künstlich erzeugte, auch die Bestäubungseinrichtungen der Blüthe zuerst sorgfältig studirte und die merkwürdigen Beziehungen derselben zur Biologie der Insecten hervorhob. Viel ausführlicher wurden diese Beziehungen später von Conrad Sprengel untersucht (1793), der dabei zu so überraschenden und weit aussehenden Resultaten gelangte, daß dieselben von seinen Zeitgenossen und lange nachher nicht einmal verstanden wurden, bis sie erst in neuester Zeit wieder im Interesse der Descendenztheorie ihre verdiente Würdigung fanden.

Nicht minder groß waren die Fortschritte auf dem Gebiet der Ernährungslehre: in den achtziger Jahren bewies Ingen Hous, daß die grünen Pflanzentheile unter dem Einfluß des Lichts Kohlensäure aufnehmen, den Sauerstoff abscheiden und so

den Kohlenstoff gewinnen, den die Pflanzen in Form organischer Verbindung in sich anhäufen; daß aber auch alle Pflanzentheile zu jeder Zeit kleinere Quantitäten von Sauerstoff aufnehmen, Kohlenäure aushauchen und so einen Athmungsproceß vollbringen, der dem thierischen durchaus entspricht. Ihm folgte bald Theodore de Saussure mit viel gründlicheren Untersuchungen derselben Vorgänge und mit dem Nachweis, daß die Aschenbestandtheile des Pflanzenkörpers nicht zufällige oder bedeutungslose Beimengungen ihrer Nahrung sind, wie man bis dahin vielfach geglaubt hatte (1804). Auch die Einwirkung der allgemeinen physischen Kräfte auf die Vegetation wurde in einigen Hauptpunkten constatirt, wenn auch noch nicht eingehend untersucht. So zeigte Senebier in den achtziger Jahren, welch' großen Einfluß das Licht auf das Wachsthum und die grüne Färbung der Pflanzen ausübt, und später erkannte De Candolle die Einwirkung desselben auf die periodisch beweglichen Blätter und Blüthen. Noch viel bedeutungsvoller war Knight's 1806 gemachte Entdeckung, daß der aufrechte Wuchs der Stämme ebenso wie der abwärts gerichtete der Hauptwurzeln durch die Schwerkraft bestimmt wird.

3) Auch auf diese zweite Periode wichtiger Entdeckungen folgte wieder ein Rückschlag; auch diesmal wieder regten sich Zweifel an der Richtigkeit gerade der am besten constatirten Thatsachen; es waren vorgefaßte Meinungen, denen zu Liebe man wohl constatirte Thatsachen zu entkräften oder zu ignoriren suchte, um an ihre Stelle scheinbar philosophische Theorien zu setzen; die sogenannte Naturphilosophie, die auch der Morphologie sich lange als großes Hinderniß entgegenstellte, verfehlte nicht, der Pflanzenphysiologie in gleicher Weise zu schaden; namentlich war es die Lehre von der Lebenskraft, welche jedem Versuch, die Lebenserscheinungen in ihre elementaren Vorgänge aufzulösen, sie als eine Kette von Ursachen und Wirkungen zu erkennen, hindernd in den Weg trat. Man ließ sogar die Aschenbestandtheile der Pflanzen, ja selbst den Kohlenstoff derselben durch die Lebenskraft in den Pflanzen selbst entstehen, verschwommene Vor-

stellungen, die man mit dem Worte Polarität verband, mußten die Richtung des Wachsthum's und vieles Andere erklären. Nicht minder richtete sich der jede gesunde Logik vernichtende Einfluß der Naturphilosophie gegen die bisher gewonnenen Resultate der Sexualtheorie; abermals wurde selbst nach den Untersuchungen Koelreuters die Sexualität der Pflanzen geradezu geleugnet. Das dauerte so bis in die zwanziger Jahre hinein, dann aber begann es sich abermals zu bessern. L. C. Treviranus wies die Verirrungen von Schelwer und Henschel durch sorgfältige Kritik 1822 zurück, in England lieferte Herbert 1837 neue sehr werthvolle Untersuchungen über die Hybridation und schon in dieser Periode machte Carl Friedrich Gärtner seine mehr als zwanzig Jahre fortgesetzten Studien und Experimente über die normale Befruchtung und Bastardbildung, welche allerdings erst 1844 und 1849 in umfangreichen Werken publicirt wurden und die wichtigeren Fragen auf dem Gebiet der Sexualtheorie gerade um die Zeit zu einem gewissen Abschluß auf dem Wege des Experiments führten, wo auch die mikroskopische Embryologie der Phanerogamen durch Hofmeister zuerst ein festes Fundament erhielt.

Auch andere Theile der Pflanzenphysiologie erfuhren manche bedeutende Förderung, schon lange vor 1840: Theodore de Saufure beobachtete 1822 die Selbsterwärmung der Blüthen und die Abhängigkeit derselben von der Athmung; zehn Jahre später constatirte Göppert die Selbsterwärmung keimender und vegetirender Pflanzen. In den verschiedensten Richtungen anregend wirkte in den zwanziger und dreißiger Jahren Dutrochet, namentlich aber war es die von ihm zuerst versuchte Anwendung der diosmotischen Erscheinungen zur Erklärung der Saftbewegung in den Pflanzen, welche nachhaltig auf die ferneren Fortschritte der Pflanzenphysiologie einwirkte. Weniger erfolgreich waren die chemischen Untersuchungen, durch welche jedoch ein namhaftes Material von Einzelkenntnissen sich anhäuften, die später theoretisch verwerthet werden konnten.

Den Schluß dieser mit unfruchtbaren Zweifeln beginnenden

Periode, in der aber Vieles sich vorbereitete, was nach 1840 weiter ausgebaut wurde, bildeten einige wichtige Sammelwerke, in denen alles bisher in der Pflanzenphysiologie Geleistete im Zusammenhang dargestellt wurde; außer Dutrochet's gesammelten Schriften (1837) erschienen drei umfassende Compendien der Pflanzenphysiologie, eines von De Candolle, welches von Röper in's Deutsche übersetzt, vielfach verbessert und bereichert 1833 und 1835 herauskam; ihm folgte zunächst die Physiologie der Gewächse von L. C. Treviranus 1835 — 1838, und Meyen's neues System der Pflanzenphysiologie schloß sich 1837 bis 1839 an. In diesen Werken tritt das Charakteristische dieser Periode zumal darin deutlich hervor, daß die Physiologie bis dahin noch keine kräftige Stütze an der Phytotomie findet, während gleichzeitig die alten Ansichten von der Lebenskraft genaueren physikalisch chemischen Erklärungen der Vegetationsvorgänge sich entgegenstellen.

4) Es wurde früher gezeigt, welche überraschenden Aufschwung die Morphologie und Phytotomie, die Embryologie und die Zellenlehre mit dem Beginn der vierziger Jahre nahm, und wie dies vorwiegend darin seine nächste Begründung fand, daß man nunmehr auch die letzten Nachwehen der Naturphilosophie und namentlich auch die Lebenskraft beseitigte, statt naturphilosophischer Speculationen, strenge Beobachtung und methodisch durchgeführte Induktion verlangte und wie in dieser Beziehung Schleiden's Grundzüge im Beginn der vierziger Jahre die Forderungen der neueren Zeit energisch vertraten, ohne jedoch in gleichem Maße durch positive Ergebnisse zu befriedigen. Für die Pflanzenphysiologie erwies sich vor Allem die rasche Förderung günstig, welche zunächst die Phytotomie und Zellenlehre durch Mohl und Nägeli erfuhr; durch sie wurde es nunmehr möglich, auch die Befruchtungsvorgänge im Inneren der Samenknospen zu verfolgen. Schon lange vor 1840 hatte man die Entstehung der Pollenschläuche aus den Pollenkörnern beobachtet und Schleiden hatte 1837 die Theorie aufgestellt, daß der Embryo der Phanerogamen im Ende des Pollenschlauches selbst

durch freie Zellbildung entstehe, nachdem dasselbe bis in den Embryosack hineingewachsen sei. Aber schon 1846 zeigte Amici und 1849 Hofmeister das Irthümliche dieser Auffassung, indem sie nachwiesen, daß die Keimanlage innerhalb des Embryosackes bereits vor der Ankunft des Pollenschlauches vorhanden ist, durch dessen Eintreffen aber erst zu weiterer Entwicklung, zur Bildung des Embryos angeregt wird. Ebenso ließen Hofmeisters weitere Beobachtungen über die Embryologie der Gefäßkryptogamen und Moose keinen Zweifel, daß die zum Theil bereits von Unger und Nägeli entdeckten Spermatozoiden dieser Pflanzengruppen dazu dienen, eine in dem weiblichen Organ vorgebildete Keimanlage, die Eizelle zu befruchten und zu weiterer Entwicklung anzuregen (1849, 1851). Bald darauf wurde auch der Sexualakt bei verschiedenen Algen aufgefunden und hier war es, wo die beste Gelegenheit sich bot, auf mikroskopischem Wege die von den experimentellen Ergebnissen noch offen gelassenen Fragen ihrer Lösung entgegenzuführen. Thuret zeigte 1854, wie die großen Eizellen der Fucusarten von Spermatozoiden umschwärmt und befruchtet werden, es gelang ihm sogar Bastardirungen durch Vermischung der Spermatozoiden einer Art mit den Eiern einer anderen herbeizuführen; doch blieb auch hier die Frage noch offen, ob eine bloße Berührung der männlichen und weiblichen Organe genüge, oder ob die Befruchtung durch die Verschmelzung der Substanz des Spermatozoids und der Eizelle stattfindet; diese Frage wurde 1855 von Pringsheim entschieden, indem er bei einer Süßwasseralge die männlichen Befruchtungskörper in die Substanz der Eizelle eindringen und in derselben sich auflösen sah, ein Vorgang, der später auch bei höheren Kryptogamen beobachtet wurde und in seiner einfachsten Form in dem Sexualakt der Conjugaten sich darstellt, den De Bary 1858 ausführlich beschrieb und, wie Vaucher bereits gethan hatte, als einen sexuellen Vorgang auffaßte.

Wenn man bedenkt, wie sehr durch die schwierigen und zeitraubenden Beobachtungen über die feinere Anatomie der Pflanzen, über die Zellbildung, die Embryologie und Entwicklungsgeschichte der Organe die Zeit und Arbeitskraft gerade der hervorragend-

sten Botaniker nach 1840 in Anspruch genommen wurde, so kann es nicht Wunder nehmen, daß die übrigen Theile der Pflanzenphysiologie, welche Experimente und Vegetationsversuche erfordern, nur wenig und nebenbei kultivirt wurden; doch gewann auch diese Richtung eine festere Grundlage durch die Fortschritte der Phytotomie, welche dem Physiologen nunmehr ein bestimmteres Bild des Apparates vorführten, an welchem sich die vegetativen Lebenserscheinungen vollziehen.

Von den eigentlich physiologischen Disziplinen war es neben der Sexualtheorie nur noch die Lehre von dem Chemismus der Pflanzenernährung, welche in dem Zeitraum von 1840—1860 continuirlich und mit namhaften Erfolg kultivirt wurde; dieß geschah aber nicht oder nur ganz nebenbei von den Botanikern, sondern vorwiegend von Chemikern, welche an die Resultate *Sau-
fure's* anknüpfend die Ernährungsvorgänge untersuchten. Namentlich waren es die Fragen nach der Unentbehrlichkeit aller oder gewisser Aschenbestandtheile für die Ernährung, die Herkunft derselben und die daran sich knüpfenden Erwägungen über die Erschöpfung des Ackerlandes durch die Pflanzenkultur und die entsprechende Abhilfe durch geeignete Düngung, welche die Agriculturnchemiker bis gegen 1860 hin bearbeiteten. In Frankreich hatte schon vor 1840 *Boussingault* experimentelle und analytische Untersuchungen in dieser Richtung unternommen und auch im Lauf der folgenden zwanzig Jahre war er es, der die physiologisch werthvollsten Thatsachen zu Tage förderte, unter denen als eine der wichtigsten die zu nennen ist, daß die Pflanzen den freien atmosphärischen Stickstoff zu ihrer Ernährung nicht benötigen, daß sie dazu vielmehr Stickstoffverbindungen aufnehmen müssen. In Deutschland gewann die Bearbeitung derartiger Fragen ein erhöhtes Interesse dadurch, daß *Justus Liebig* aus dem bis 1840 Bekannten das principiell Wichtige von dem Nebensächlichen und Unbedeutenden scharf absonderte und auf die große praktische Wichtigkeit der Theorie der Pflanzenernährung für die Land- und Forstwirthschaft hinwies; bald wurden daher auch beträchtliche öffentliche Mittel für derartige Untersuchungen

zur Verfügung gestellt, die jedoch ebendeshalb, weil sie in den Dienst praktischer Interessen traten und dabei den inneren Zusammenhang aller Vegetationserscheinungen vielfach außer Acht ließen, nicht selten auf Abwege geriethen. Indes wurde doch ein großes Material von Thatsachen angehäuft, welches bei sorgfältiger Sichtung späterhin auch rein wissenschaftlichen Interessen dienen konnte. Einzelne der hervorragendsten Agrikulturchemiker erwarben sich übrigens das Verdienst, neben den praktischen Gesichtspuncten auch die rein wissenschaftlichen zur Geltung zu bringen und in umfangreichen Werken die gesammte Ernährungslehre der Pflanzen, soweit es sich ohne tieferes Eingehen auf die Organisation derselben thun ließ, vorzutragen; so namentlich Boussingault und bei uns Emil Wolff und Franz Schulze. Aber auch jetzt noch blieben diejenigen Fragen der Ernährung unentschieden, welche die chemischen Vorgänge im Innern der Pflanze selbst betreffen, die Vorgänge der Assimilation und des Stoffwechsels, obwohl auch in dieser Beziehung manche werthvolle Vorarbeiten stattfanden.

Im Vergleich mit den bedeutenden Fortschritten der Sexualtheorie und der Ernährungslehre wurde in den übrigen Theilen der Pflanzenphysiologie nur wenig und dies Wenige nur unzusammenhängend und bruchstückweise zu Tage gefördert; verschiedene Beobachter constatirten den Zusammenhang der vegetabilischen Eigenwärme mit der Sauerstoffathmung; es wurden einzelne neue Thatsachen bezüglich der Abwärtskrümmung der Wurzeln bekannt, Brücke lieferte 1848 eine ausgezeichnete Untersuchung über die Reizbewegungen der Mimosenblätter und Hofmeister zeigte 1857, daß das sogenannte Bluten der Weinrebe und einiger Bäume, bei denen man diese Erscheinung bisher allein kannte, bei allen Holzpflanzen, und nicht bloß im Frühjahr, sondern zu jeder Zeit stattfindet, wenn die geeigneten Bedingungen hergestellt werden. Alle diese und zahlreiche andere vereinzelte Wahrnehmungen waren für die Zukunft sehr werthvoll, wurden aber einseitig noch nicht zur Ausbildung umfassender Theorien benutzt, da sich Niemand derartigen Fragen ausschließlich und mit der-

jenigen Ausdauer widmete, welche allein auf diesen schwierigen Gebieten zu sicheren Resultaten und zu einer tieferen Einsicht in den inneren Zusammenhang der Erscheinungen führen kann. Ueberraschend gering war der Zuwachs an Kenntnissen betreffs der Saftbewegung in den Pflanzen und noch geringer das, was man über die äußeren Bedingungen der Wachsthumsvorgänge und die damit verbundenen Bewegungen zu Tage förderte. Die für die Pflanzenphysiologie so höchst wichtige Abhängigkeit der Vegetationserscheinungen von der Temperatur, wurden zwar nicht ganz vernachlässigt; man gerieth aber auf einen Abweg, indem man sich die Sache leicht machte und die gesammte Vegetationszeit einer Pflanze mit der mittleren Tagestemperatur während derselben multiplicirte, um in diesem Produkt einen Ausdruck für das gesammte Wärmebedürfniß einer gegebenen Pflanze zu finden; ein Mißgriff, durch welchen namentlich die Pflanzengeographie irre geführt wurde.

Was sich von werthvolleren Kenntnissen bis 1851 angesammelt hatte, stellte Mohl in seiner oft erwähnten Schrift über die vegetabilische Zelle ebenso übersichtlich, wie kurz und präcis zusammen, nicht ohne die bestehenden Ansichten kritisch zu beleuchten; ausführlicher, doch weniger kritisch gesichtet, wurde die gesammte Pflanzenphysiologie in dem ebenfalls schon erwähnten Lehrbuch Ungers von 1855 dargestellt und diese beiden Bücher waren es vorwiegend, welche bis in die sechziger Jahre hinein zur Verbreitung der Pflanzenphysiologie beitrugen und diese Aufgabe ehrenvoll lösten; was dagegen in Schacht's Büchern seit 1852 unter dem Namen Pflanzenphysiologie behandelt wurde, beruhte auf so mangelhafter Einsicht, daß dadurch dem Ansehen unserer Wissenschaft eher geschadet, als genützt wurde.

Indem ich nun nach dieser vorläufigen Uebersicht zu einer ausführlicheren Darstellung übergehe, finde ich mich veranlaßt die Geschichte der Sexualtheorie von der der übrigen Pflanzen-

physiologie abgefordert vorzutragen. Zu diesem Verfahren fordert der Umstand heraus, daß in der That die Begründung und weitere Verfolgung der Sexualtheorie in ihren entscheidenden Momenten sich ganz unabhängig von den übrigen physiologischen Disziplinen entwickelt hat, so daß die geschichtliche Continuität unterbrochen, die Darstellung unklar werden müßte, wenn man die Entwicklung der Sexualtheorie an die der übrigen physiologischen Disciplinen chronologisch anschließen wollte. Ebenso hat sich auch die Lehre von der Ernährung und Saftbewegung der Pflanzen unabhängig von anderen physiologischen Disciplinen continuirlich weiter entwickelt und wird es sich deshalb empfehlen auch ihr ein besonderes Capitel zu widmen.

Was in früherer Zeit über die Bewegungen der Pflanzentheile und die Mechanik des Wachsthums gedacht worden ist, soll in einem dritten Capitel kurz zusammengestellt werden.