

Zweites Buch.

Geschichte der Pflanzen-Anatomie.

(1671—1860.)

Das Buch

der ...

Sch
der
nich
Beze
Pfla
zum
saffi
wäh
zum
Gen
gab
stell
die
lasse
dieje
thie
wur
Lehr
als
Ged
bem

Einleitung.

Daß die Körpersubstanz der vollkommeneren Pflanzen aus Schichten von verschiedener Beschaffenheit besteht, konnte auch der primitivsten Betrachtung der Pflanzen seit den ältesten Zeiten nicht entgehen; schon die alten Sprachen hatten ja Worte zur Bezeichnung der augenfälligsten anatomischen Bestandtheile der Pflanzen, wie Rinde, Holz und Mark. Auch war leicht wahrzunehmen, daß das Mark aus einer anscheinend homogenen saftigen Masse besteht, das Holz dagegen aus faseriger Substanz, während die Rinde der Holzpflanzen zum Theil häutige Schichten, zum Theil safrige und markähnliche Beschaffenheit zeigt; die Gewinnung der Gespinnstfasern z. B. des Flachses aus der Rinde gab schon im grauesten Alterthum eine, wenn auch vage Vorstellung davon, wie durch Fäulniß und mechanische Behandlung die safrigen von den markigen Theilen der Rinde sich sondern lassen. Auch verfehlten Aristoteles und Theophrast nicht, diese Bestandtheile der Pflanzensubstanz mit entsprechenden des thierischen Körpers in Parallele zu stellen und im ersten Buch wurde bereits gezeigt, wie Caesalpin im Sinne dieser seiner Lehrer das Mark als den eigentlich lebendigen Theil der Pflanze, als den Sitz der Pflanzenseele in Anspruch nahm und diesen Gedanken morphologisch und physiologisch weiter verwerthete; er bemerkte, daß der Wurzel gewöhnlich das Mark fehlt, daß der

Theil der Wurzel, welcher dem Holz des Stammes entspricht, häufig weich und fleischig erscheint; die Zusammensetzung der Laubblätter aus grüner, saftiger Substanz und faserigen Strängen ließ sofort eine gewisse Aehnlichkeit mit der grünen Rinde des Stengels hervortreten, und diese war es offenbar, die ihn veranlaßte, nicht bloß die Laubblätter, sondern auch die Blattgebilde der Blüthenhülle als aus der Rinde des Stengels entsprungen zu betrachten, wogegen die weiche, saftige, pulpöse Beschaffenheit der unreifen Samen und Samengehäuse auf ihre Identität mit dem Mark hinzuweisen schien. Daß in den Pflanzen Säfte nicht nur enthalten sind, sondern in ihnen auch sich bewegen müssen, konnte auch der einfachsten Ueberlegung nicht entgehen und zudem zeigte das Bluten des Nebstockes, der Balsamausfluß der Harzbäume und das Hervorquellen des Milchsaftes bei der Verwundung derartiger Pflanzen eine so auffallende Aehnlichkeit mit dem Bluten eines verwundeten Thierkörpers, daß die Annahme von Canälen innerhalb der Pflanze, welche gleich den Blutadern der Thiere jene Säfte enthalten und in Bewegung setzen, ganz natürlich erschien, wie uns Caesalpin's Reflexionen über diese Strukturverhältnisse zur Genüge zeigen. Nehmen wir noch hinzu daß man wußte, wie die Samen in den Früchten liegen, wie der Embryo nebst einer pulpösen Masse (Cotyledonen und Endosperm) in der Samenschale eingeschlossen ist, so haben wir ungefähr das gesammte Inventar der phytotomischen Kenntnisse bis um die Mitte des 17. Jahrhunderts.

Bei sorgfältiger Präparation, durch geschicktes Zerschneiden geeigneter Pflanzentheile und aufmerksame Betrachtung der Veränderungen, welche durch Verwesung und Fäulniß entstehen, hätte man aber schon früher die anatomischen Kenntnisse beträchtlich weiter fördern können; allein das Sehen ist eine Kunst, die gelernt und ausgebildet sein will, ein bestimmter Zweck muß den Willen des Beobachters anregen, genau sehen zu wollen und das Gesehene richtig zu unterscheiden und zu verbinden. Diese Kunst des Sehens aber war bis zur Mitte des 17. Jahrhunderts noch nicht weit gediehen; was man in dieser Richtung leisten konnte, erschöpfte sich in der Unter-

scheidung der äußeren Organe der Blatt- und Stengelformen und wie mißlich es trotzdem noch um die Unterscheidung der kleineren Blüthen- und Fruchttheile aussah, wurde bereits im ersten Buch hervorgehoben.

Durch die Erfindung des Mikroskops wurde das Auge nicht bloß befähigt, kleine Dinge groß, das unsichtbar Kleine überhaupt zu sehen; vielmehr war mit dem Gebrauch der Vergrößerungsgläser noch ein ganz anderer Vortheil verbunden; man lernte überhaupt erst wissenschaftlich und genau sehen; indem man das Auge mit einem Vergrößerungsglas bewaffnete, concentrirte sich die Aufmerksamkeit auf bestimmte Punkte des Objectes; das Gesehene war zum Theil undeutlich und immer nur ein kleiner Theil des ganzen Objectes; der Wahrnehmung des Sehnerven mußte sich ein absichtliches und intensives Nachdenken beigesellen, um das mit dem Vergrößerungsglas stückweise beobachtete Object auch dem geistigen Auge in seinem innern Zusammenhange klar zu machen; so wurde erst durch die Bewaffnung mit dem Mikroskop das Auge selbst zu einem wissenschaftlichen Instrument, welches nicht mehr mit leichtsinniger Bewegung über die Objecte hineilt, sondern von dem Verstand des Beobachters in strenge Zucht genommen und zu methodischer Arbeit angehalten wurde. Schon der Philosoph Christian Wolff machte (1721) die sehr richtige Bemerkung, daß man das, was man einmal mit dem Mikroskop gesehen hat, dann auch häufig mit dem unbewaffneten Auge unterscheiden könne und diese von jedem Mikroskopiker gemachte Erfahrung beweist hinlänglich die gewissermaßen erziehende und dressirende Wirkung, welche das Mikroskop auf das Auge ausübt. Diese merkwürdige Thatsache tritt auch in anderer Weise noch hervor; wir sahen in der Geschichte der Systematik und Morphologie, daß die Botaniker über hundert Jahre lang die ganz offen daliegenden äußeren Formverhältnisse der Pflanzen kaum wissenschaftlich zu beherrschen, von allgemeineren Gesichtspuncten aus zu betrachten suchten; erst Jungius wandte ein geregeltes Nachdenken auf die dem Auge ganz offen daliegenden morphologischen Verhältnisse der Pflanzen und erst spät in unserem

Jahrhundert wurde dieser Theil der Botanik wieder wissenschaftlich methodisch behandelt. Dieser äußerst langsame Fortschritt in der geistigen Beherrschung der äußeren Pflanzenform bei fortwährender Beschäftigung mit derselben scheint vorwiegend dadurch erklärlich, daß das unbewaffnete Auge allzu unruhig über die Form der Objecte hingeleitet, die Aufmerksamkeit des Beobachters durch seine flüchtigen Bewegungen stört. Ganz im Gegensatz zu der so gewöhnlichen Gedankenlosigkeit bei der Betrachtung der äußeren Form der Pflanzen finden wir schon bei den ersten Beobachtern mit dem Mikroskop, bei Robert Hooke, Malpighi, Grew und Leeuwenhoek im letzten Drittel des 17. Jahrhunderts das Streben, durch angestregtes Nachdenken die mit bewaffnetem Auge gesehenen Bilder mit dem Verstand zu bearbeiten, sich über die wahre Natur der mikroskopischen Objecte klar zu werden, theoretisch in das innere Wesen einzudringen. Vergleicht man die Werke der genannten Männer mit dem, was die systematischen Botaniker desselben Zeitraums über die äußeren Gestaltverhältnisse der Pflanzen zu sagen wußten, so kann Niemandem entgehen, wie sehr der geistige Gehalt der ersteren dem der letzteren überlegen ist; am auffallendsten aber tritt dieß hervor, wenn wir das, was Malpighi und Grew über den Bau der Blüthe und Frucht sagten, vergleichen mit dem, was Tournefort, Rivinus und Linné davon wußten.

Diese Steigerung auch der geistigen Fähigkeiten des Beobachters durch das Mikroskop wird jedoch nur durch lange Übung gewonnen; auch das beste Mikroskop bleibt in den Händen eines Ungeübten ein sehr bald langweilig werdendes Spielzeug. Ein großer Irrthum wäre auch zu glauben, daß der Fortschritt der Pflanzenanatomie einfach von der fortschreitenden Bervollkommnung der Mikroskope abhängig gewesen sei; unzweifelhaft ist es allerdings, daß mit zunehmender Stärke der Vergrößerung, Helligkeit und Schönheit des Gesichtsfeldes auch die Wahrnehmung der anatomischen Objecte sich klären mußte; damit allein wäre indessen wenig gewonnen. Wie bei jeder Wissenschaft kommt es auch bei der Untersuchung der Struktur der Pflanzen zunächst darauf

an, die sinnliche Wahrnehmung mit dem Verstand zu bearbeiten, das Wichtige vom Unwichtigen zu unterscheiden, in die einzelnen Wahrnehmungen logischen Zusammenhang zu bringen, bei der Untersuchung ein Ziel zu verfolgen; dieses Ziel aber kann in letzter Instanz für den Phytotomen kein anderes sein als das, die ganze innere Struktur der Pflanze in ihrem gesammten Zusammenhang so klar zu erfassen, daß dieselbe mit allen Einzelheiten von der Phantasie mit völliger sinnlicher Deutlichkeit jederzeit reproducirt werden kann. Dieß zu erreichen, ist nicht leicht, weil das Mikroskop, je stärker es vergrößert, nur desto kleinere Theile des Ganzen zeigt; geschickte und überlegte Präparation, sorgfältige Combination der verschiedenen Bilder und lange Übung sind nöthig, um jenes Ziel zu erreichen. Die Geschichte der Phytotomie zeigt, wie schwer es den Beobachtern gefallen ist, das zerstückelt Gesehene nach und nach zu klarer zusammenhängender Vorstellung zu gestalten.

Die fortschreitende Verbesserung der Mikroskope also genügte keineswegs allein, um die Phytotomie fortschreiten zu lassen; ja man geht sogar nicht zu weit, wenn man behauptet, daß die Fortschritte, welche die mikroskopische Anatomie mit Hilfe unvollkommener Mikroskope nach und nach machte, wiederholt den Impuls zu energischen Anstrengungen für die Verbesserung der Mikroskope gegeben haben; die praktischen Mikroskopiker allein konnten beurtheilen, wo die wahren Mängel der vorhandenen Mikroskope lagen, ihre Bestrebungen, sie handlicher zu machen, ihre beständigen Klagen über die geringe Leistungsfähigkeit des optischen Theils, Klagen, die zumal am Ende des vorigen und am Anfang dieses Jahrhunderts laut wurden, waren es, welche die Optiker drängten, dem Mikroskop ihre Aufmerksamkeit zuzuwenden und ihm eine immer größere Vollkommenheit zu geben. Aber nicht nur das, die praktischen Mikroskopiker selbst waren es, welche wiederholt wesentliche Verbesserungen an dem Instrument ausführten; so gab zuerst Robert Hooke 1760 dem zusammengesetzten Mikroskop eine für wissenschaftliche Beobachtung brauchbare Form, so war es L^ee u e n h o e f, der das einfache Mikroskop

bis auf das Maximum seiner Leistungsfähigkeit brachte, so vor Allem war es Amici, dem das heutige Mikroskop seine Vollkommenheit ganz wesentlich mitverdankt, und nicht unerwähnt darf hier wohl bleiben, der die mikroskopische Messung durch zweckmäßige Einrichtung förderte und durch ein Buch über die praktische Einrichtung des Mikroskops den Optikern vielfach Winke gab, auf welche Punkte sie ihre Aufmerksamkeit zu lenken hätten, (Mikrographie 1846), während Nägeli und Schwendener später um die Theorie des mikroskopischen Sehens sich Verdienste erwarben.

Nach dem Gesagten werden also die wichtigsten Momente in der Geschichte der Pflanzenanatomie nicht ohne Weiteres und ganz passiv von der Geschichte des Mikroskops abhängen; vielmehr werden dieselben auch hier durch eine innere logische Nothwendigkeit bestimmt: es sind auch hier die Ziele ins Auge zu fassen, welche sich die fortschreitende Forschung stellte. Ueberblicken wir in diesem Sinne die Geschichte unserer Disciplin, so zeigt sich, daß die Begründer derselben im letzten Drittel des 17. Jahrhunderts, Malpighi und Grew, vorwiegend darüber in's Reine zu kommen suchten, in welcher Weise die zelligen und faserigen Strukturelemente sich verbinden; es wurden zwei Grundformen des Gewebes von vornherein angenommen: das aus Kammern oder Schläuchen bestehende fastige Zellengewebe im Gegensatz zu den langgezogenen, im Allgemeinen faserförmigen oder röhrenförmigen Elementarorganen, deren Unterscheidung in unbegrenzte offene Röhren oder Gefäße und in blind endigende Fasern vielfach zweifelhaft blieb. Das Charakteristische dieser Periode liegt auch darin, daß die Untersuchung der feineren Struktur sich überall mit Reflexionen über die Funktion der Elementarorgane innig verwebt, daß also Anatomie und Physiologie einander stützen, aber auch bei der Unvollkommenheit beider einander Schaden zufügen. Im Grunde überwog bei den ersten Phytotomen bei Weitem das physiologische Interesse, dem die anatomische Untersuchung dienstbar gemacht wurde.

Allein die Unvollkommenheit der Mikroskope während des

ganzen 18. Jahrhunderts brachte eine Art Abneigung gegen die anatomische Beschäftigung hervor, die man ohnehin nur als Hilfsmittel der Physiologie gelten ließ; diese letztere aber hatte auch ohne diese Hilfe durch Hales, später gegen den Schluß des 18. Jahrhunderts, durch Ingen-Houß und Senebier die wichtigsten Fortschritte gemacht und so erlosch das Interesse für die Phytotomie fast ganz. Das ganze 18. Jahrhundert hat dem, was Malpighi und Grew geleistet, nicht nur Nichts beigefügt, sondern sogar das Verständniß für das bereits Geleistete theilweise abhanden kommen lassen.

Gegen Ende des 18. Jahrhunderts kam das Mikroskop indessen wieder mehr zu Ehren; das zusammengesetzte wurde etwas bequemer und handlicher; Hedwig zeigte, wie sich mit seiner Hilfe die Organisation der kleinsten Pflanzen, besonders aber der Moose enthüllt, auch versuchte er es, den Bau des Zellgewebes und der Gefäßbündel höherer Pflanzen zu erkennen. Mit dem Beginn des 19. Jahrhunderts aber steigerte sich ganz plötzlich wieder das Interesse an der Phytotomie; in Frankreich war es Mirbel, in Deutschland Kurt Sprengel, der die mikroskopische Struktur der Pflanzen wieder zum Gegenstand ernster Beobachtungen machte. Die Leistungen beider waren anfangs äußerst schwach und sie widersprachen einander; es entwickelte sich in den nächsten Jahren eine lebhaftere Polemik über die Natur der Zellen, Fasern und Gefäße, an welcher sich bald zahlreichere deutsche Botaniker beteiligten; es kam wieder Leben in die Sache, besonders als die Göttinger Akademie eine Preisfrage über die streitigen Punkte aufstellte (1804), an deren Lösung sich Link, Rudolphi und Ludolph Treviranus beteiligten, während Bernhardi auf eigene Hand sich mit der Natur der Pflanzengefäße beschäftigte. Es war nicht viel, was durch diese Arbeiten erreicht wurde: man hatte gewissermaßen ganz von vorn angefangen und noch galten jetzt nach 130 Jahren Malpighi und Grew als die wichtigsten Autoritäten, auf welche man immer wieder zurückging. Die Fragen aber, um die es sich jetzt handelte, waren doch in der Hauptsache andere als damals:

hatten es Malpighi, Grew und Leeuwenhoek sich vorwiegend zur Aufgabe gemacht, die verschiedenen Gewebeformen in ihrer Zusammenlagerung zu studiren, so kam es den genannten Männern nun vorwiegend darauf an, den feineren Bau der verschiedenen Gewebe selbst deutlicher zu erkennen, darüber in's Reine zu kommen, wie man sich den Zellenbau des parenchymatischen Gewebes zu denken habe, welches die wahre Struktur der Gefäße und der Fasern sei. Daß man in dieser Richtung anfangs sehr langsam vorwärts kam, lag nicht nur an der Unvollkommenheit der Mikroskope, sondern in weit höherem Grade an der sehr ungeschickten Präparation und dem Einfluß verschiedener Vorurtheile, vor Allem aber an einer zu geringen geistigen Anstrengung. Ein großer Fortschritt aber wurde erzielt durch ein umfangreiches Werk, welches der jüngere Moldenhawer 1812 herausgab. Sehr sorgfältige und zweckmäßige Präparation der Objekte, kritische Behandlung des Selbstgesehenen und der Literatur zeichnen dieses Werk aus und im Grunde beginnt erst mit ihm wieder eine streng wissenschaftliche Behandlung der Phytotomie. An Moldenhawer knüpfte später (seit 1828) Hugo Mohl an, während gleichzeitig auch Meyen sich eifrig der Phytotomie widmete. Ganz vorwiegend aber waren es Mohl's Leistungen, welche bis 1840 diese Periode der Pflanzenanatomie zu einem gewissen Abschluß brachten. So schwach auch die Anfänge in diesem Zeitraum von 1800 — 1840 waren, und so bedeutend auch der durch Hugo Mohl bewirkte Fortschritt der Phytotomie am Ende desselben sich darstellt, so dürfen wir doch Alles, was während dieser Zeit geleistet wurde, insoferne zusammenfassen, als die zu bearbeitenden Fragen im Wesentlichen dieselben blieben; wie bei Mirbel und Treviranus, wie bei Moldenhawer und Meyen, handelte es sich auch bei Mohl bis 1840 ganz vorwiegend um die Entscheidung der Fragen, wie das feste Zellstoffgerüst der Pflanze im fertigen Zustand beschaffen ist, ob zwischen je zwei Zellräumen eine einfache oder eine doppelte Wandlamelle liegt, was unter Tüpfeln und Poren zu verstehen ist, wie die verschiedenen Formen der

Fasern und Gefäße aufzufassen sind; als ein Hauptresultat dieser Bestrebungen ist aber auch schon die Feststellung der Thatsache zu bezeichnen, daß sich alle Elementarorgane der Pflanze auf Eine Grundform, auf die der allseitig geschlossenen Zelle zurückführen lassen; daß die Fasern nur langgestreckte Zellen sind, die ächten Gefäße jedoch aus reihenweise geordneten, mit einander in offene Verbindung getretenen Zellen entstehen.

Hatten die Phytotomen vor 1840, vor Allem wieder Mohl, auch gelegentlich entwicklungsgeschichtliche Verhältnisse mit beachtet, waren auch bereits in den dreißiger Jahren einzelne Fälle der Entstehung verschiedener Zellen von Mohl und Mirbel beschrieben worden, so überwog doch immer das Interesse an der richtigen Auffassung der fertigen Struktur des Gewebes; auch waren bei der anatomischen Untersuchung physiologische Gesichtspunkte, wenn auch nicht mehr in erster Linie, von Gewicht, insofern die Beziehung der anatomischen Struktur zur Funktion der Elementarorgane die Untersuchung beeinflusste. Mit dem Auftreten Schleiden's und Nägeli's trat auch hier die entwicklungsgeschichtliche Behandlung und die rein morphologische Betrachtung der inneren Struktur in den Vordergrund. Namentlich war es die erste Entstehung der Pflanzenzellen und ihr Wachsthum, welches jetzt erörtert wurde. Schleiden hatte schon vor 1840 eine Theorie der Zellenbildung aufgestellt, welche, auf zu wenige und ungenaue Beobachtungen gestützt, alle Zellbildungsvorgänge im Pflanzenreich auf eine einzige Form zurückführte, die sich mit dem schon damals Bekannten schwer vereinigen ließ. Aber schon 1846 wurde die mit großem Aufsehen in die Welt getretene Schleiden'sche Theorie von Nägeli vollständig widerlegt, an ihrer Stelle auf Grund sehr eingehender und umfangreicher Untersuchungen die wahre Entstehungsgeschichte der Pflanzenzellen in ihren Hauptzügen und in ihren verschiedenen Formen dargestellt. Es lag aber in der Natur der Sache, daß die Untersuchungen über die Entstehung der Pflanzenzellen die Aufmerksamkeit der Beobachter, die früher fast ausschließlich dem festen Gerüst des Zellengewebes goltten

hatte, nunmehr auf den saftigen Inhalt der Zellen hinlenkten. Der schon von Robert Brown entdeckte Zellkern war in seiner weiteren Verbreitung bereits von Schleiden erkannt, wenn auch in seiner Beziehung zur Zellbildung weit überschätzt worden; durch Nägeli und Mohl wurde jetzt der wichtigste Bestandtheil der Pflanzenzelle, das Protoplasma, in seiner Eigenartigkeit, besonders in seiner Bedeutung für die Entstehung der Zellen erkannt. Schon 1855 machte Unger auf die große Aehnlichkeit aufmerksam, welche zwischen dem Protoplasma der Pflanzenzellen und der Sarkode der einfachsten Thiere besteht: eine Wahrnehmung, welche später durch das Verhalten der Myxomyceten besonders in den Vordergrund trat und in den sechziger Jahren schließlich auch von Seiten der Zootomen zu der Erkenntniß führte, daß die Grundlage aller organischen Entwicklung, der pflanzlichen sowohl, wie der thierischen, zunächst in dem Protoplasma zu suchen sei. — Dies waren jedoch nur einige der bedeutenderen Errungenschaften der entwicklungsgeschichtlichen Phytotomie seit 1840; eine andere vielleicht noch wichtigere wurde durch Nägeli's Untersuchung der Molekularstruktur der organisirten Zelltheile gewonnen; er stellte (1858—1863) eine Theorie auf, welche nicht nur über die feinsten, mikroskopisch unsichtbaren Strukturverhältnisse organisirter Körper Aufschluß gibt, sondern auch die Grundlage einer tieferen Einsicht in die mechanischen und chemischen Vorgänge des Wachstums anbahnt. — Aber auch in ganz anderer Richtung führte die entwicklungsgeschichtliche Behandlung der Phytotomie zu neuen Gesichtspuncten und zu neuen Resultaten; auf die Art, wie Nägeli seit 1844 die Zelltheilungsfolgen bei dem Wachsthum der Organe zur Grundlage der morphologischen Betrachtung machte, wie dabei ganz besonders die Kryptogamen ihre innere Architektur enthüllten, auf die großartigigen Resultate, welche die entwicklungsgeschichtliche Phytotomie in ihrer Anwendung auf die Embryologie durch Hofmeister 1851 zu Tage förderte, wurde bereits am Schluß des ersten Buches hingewiesen; hier aber ist noch hervorheben, wie nun im Lauf der fünfziger und sechziger Jahre auch die

verschiedenen Gewebeformen, zumal die Gefäßbündel, entwick-
lungsgeschichtlich behandelt wurden, wie erst auf diesem Wege
es gelang, den inneren histologischen Zusammenhang der Blätter
und Aeren, der Sprosse und Muttersprosse, der Wurzeln und
Nebenwurzeln aufzuklären, und vor Allem auch eine richtige
Einsicht in das nachträgliche Dickenwachsthum zu gewinnen, die
wahre Entstehung eines Holzkörpers und der sekundären Rinde
zu verstehen.

Es ist nun Aufgabe der folgenden Capitel, die hier in ihrem
Hauptmomenten angedeutete Geschichte der Phytotomie ausführ-
licher darzustellen.

Erstes Capitel.

Begründung der Phytotomie durch Malpighi und Grew.
1671—1682.

Die Grundlage aller Pflanzenanatomie, aller Einsicht in die Struktur der Pflanzensubstanz ist die Kenntniß ihres zelligen Baues. Die erste Wahrnehmung eines solchen finden wir in einem 1667 erschienenen, umfangreichen Werke von Robert Hooke¹⁾: *Mikrographia or some physiological descriptions of minute bodies made by magnifying glasses* (London). Der Verfasser dieses merkwürdigen Buches war nicht Botaniker, sondern ein Naturforscher von der Art, wie sie besonders im 17. Jahrhundert vorkamen: er war Mathematiker, Chemiker und Physiker, vor Allem Mechaniker, der sich später auch als Architekt bewährte, dabei Philosoph in der damals neuen Richtung; neben zahlreichen Entdeckungen auf den verschiedensten Gebieten gelang es ihm auch 1660 das zusammengesetzte Mikroskop soweit zu verbessern, daß es bei namhafter Vergrößerung noch einigermaßen deutliche Bilder gab. Mit seinem Instrument entdeckte schon 1661 Henshaw, wie angegeben wird, die Gefäße im Holz des Nußbaums, eine für unsere Geschichte ziemlich gleichgültige Thatsache. Hooke selbst aber wollte vor Allem der Welt zeigen, was Alles

¹⁾ Robert Hooke, geb. 1635 zu Freshwater auf der Insel Wight, entfaltete trotz seines kranken Körpers eine Thätigkeit von unglaublicher Ausdehnung und Vielseitigkeit, über welche ein guter Artikel von de PAnlaye in der Biographie universelle Auskunft gibt. Hooke wurde 1662 Mitglied der Royal society, später auch Sekretär derselben und Professor der Geometrie am Grasham college. Er starb 1703.

man mit seinem verbesserten Instrument sehen könne; als Verehrer der inductiven Philosophie kam es ihm darauf an, die Sinneswahrnehmungen, die Grundlage aller menschlichen Erkenntniß, zu vervollkommen; in diesem Sinne unterwarf er seinem Mikroskop die verschiedensten Dinge, um zu zeigen, wie viel das unbewaffnete Auge nicht sieht. An das, was er sah, knüpfte er Erörterungen über die manigfaltigsten Fragen seiner Zeit. Das Buch war also nicht etwa der Phytotomie gewidmet; vielmehr ist darin von der Struktur der Pflanzensubstanz nur eben so gelegentlich die Rede, wie von der Entdeckung parasitischer Pilze auf Blättern und von anderen Dingen. Was Hooke aber von der Struktur der Pflanzen sah, war nicht viel, aber neu und im Ganzen vorurtheilsfrei aufgefaßt. Es scheint, daß er den zelligen Bau der Pflanzen zuerst durch die mikroskopische Besichtigung der Holzkohle aufgefunden habe. Dann aber untersuchte er auch den Kork und andere Gewebeformen. Ein dünner Schnitt des Flaschenkorkes auf schwarzem Grund (also bei auffallendem Licht) erscheine wie eine Bienenwabe, man unterscheide Hohlräume (Poren) und die sie trennenden Wände; jenen aber giebt er den Namen, den sie noch jetzt führen: er nennt sie Zellen. Die reihenweise Anordnung der Korkzellen verführt ihn aber, sie für Abtheilungen langer Hohlräume zu halten, welche durch Diaphragmen getrennt sind. Dies, sagt er, seien überhaupt die ersten mikroskopischen Poren, die er und irgend Jemand gesehen habe; er hielt also die Zellräume der Pflanzen für ein Beispiel der Porosität der Materie, wofür sie auch in den neuesten Lehrbüchern der Physik noch ausgegeben werden. Auch benutzte Hooke seine Entdeckung zunächst nur dazu, die physikalischen Eigenschaften des Korkes zu erklären: die Zahl der Poren in einem Kubikzoll berechnet er auf 1200 Millionen. Er zieht aber noch eine andere Folgerung botanischer Natur: er schließt nämlich aus dem Bau des Korkes, daß er der Rindenauswuchs eines Baumes sein müsse und beruft sich zur Bestätigung dieser Hypothese auf die Angaben eines gewissen Johnston. Die Thatsache, daß der Kork die Rinde eines Baumes sei, war also

damals noch nicht allen Gebildeten in England bekannt. — Weiter hin aber heißt es bei Hooke, diese Art der Textur sei nicht bloß dem Kork eigen; denn als er mit seinem Mikroskop das Mark des Hollunders und anderer Bäume, sowie auch die Pulpa hohler Stengel, wie derer des Fenchels, der Kardens, des Schilfes u. a. geprüft habe, so habe er eine ganz ähnliche Art der Struktur gefunden, nur mit dem Unterschied, daß hier die Poren (Zellen) in Längsreihen, bei dem Kork dagegen in Transversalreihen geordnet seien. — Verbindungskanäle der Zellen unter einander habe er zwar nicht gesehen, solche müssen aber existiren, da der Nahrungsfaß von einer zur andern geht; denn er habe gesehen wie bei frischen Pflanzen die Zellen mit Saft gefüllt sind und ebenso sei es bei den langen Poren des Holzes, die er dagegen bei dem verkohlten Holze saftleer, mit Luft gefüllt gefunden habe.

Man sieht, es war nicht viel, was Hooke mit seinem verbesserten Mikroskop sah; dünne Querscheiben des Stengels der Balsamine oder des Kürbis, zweier Pflanzen, die damals in jedem Garten wuchsen, hätten auch dem unbewaffneten Auge ebensoviel, ja mehr von der Pflanzenstruktur gezeigt. Hier bewährte sich aber sogleich, was ich oben über den Einfluß des Mikroskops auf den Gebrauch des Auges sagte; die Freude an der Leistung des neuen Instruments mußte erst die Aufmerksamkeit auf Dinge lenken, die man auch ohne jenes sehen konnte, aber eben doch nicht sah.

Um die Zeit des Erscheinens von Hooke's Mikrographie hatten aber bereits Malpighi und Grew die Struktur der Pflanzen zum Gegenstand ausführlicher und methodischer Untersuchungen gemacht, deren Resultate sie fast gleichzeitig 1671 der königlichen Gesellschaft in London vorlegten. Die Frage, welchem von beiden die Priorität gebühre, ist wiederholt besprochen worden, obwohl die hier zu beachtenden Thatsachen ganz klar vorliegen. Der erste Theil von Malpighi's später erschienenem großen Werk, die *Anatomes plantarum idea*, ist datirt Bologna den 1. November 1671 und Grew, später (seit 1677) Sekretär

der Royal society, berichtet in der Vorrede zu seinem anatomischen Werk (1682), am 7. Dezember 1671 habe Malpighi seine Schrift der Gesellschaft vorgelegt, an demselben Tage, wo Grew seine Abhandlung *The anatomy of plantes* begun schon gedruckt vorlegte, nachdem er sie bereits als Manuscript am 11. Mai desselben Jahres eingereicht hatte. Es ist aber zu beachten, daß diese Daten nicht etwa für die ausführlichen, später erschienenen Werke beider Männer gelten, sondern nur für ihre resumirenden vorläufigen Mittheilungen, in denen sie die Hauptergebnisse ihrer bis dahin angestellten Forschungen kurz zusammenfaßten; diese vorläufigen Mittheilungen bildeten in den spätern ausführlichen Werken beider den ersten Theil, gewissermaßen die Einleitung. Die ausführliche Darstellung Malpighi's wurde 1674 vorgelegt, während Grew zwischen 1672 und 1682 noch eine Reihe von Abhandlungen über die verschiedenen Theile der Pflanzenanatomie ausarbeitete, die dann mit jener vorläufigen Mittheilung zusammen 1682 unter dem Titel: *The anatomy of plantes* in einem starken Folioband erschienen. Grew hatte also Gelegenheit bei seinen späteren Ausarbeitungen Malpighi's Ideen zu benutzen; er hat dieß wirklich gethan und was die Hauptsache für den Prioritätsstreit ist: wo er es that, hat er Malpighi ausdrücklich citirt. Damit erlebigt sich ohne Weiteres die schwere Beschuldigung, welche Schleiden (Grundzüge 1845 I. p. 207) gegen Grew erhoben hat.

Wer die umfangreichen Werke von Malpighi und Grew nicht selbst gelesen hat, sie etwa nur aus den Citaten der späteren Phytotomen kennt, kann leicht auf die Meinung verfallen, die beiden Begründer der Phytotomie hätten sich schon eine Zellentheorie von der Art, wie wir sie jetzt besitzen, zu recht gelegt. Dem ist jedoch nicht so; die Werke von Malpighi und Grew haben nur geringe Aehnlichkeit mit den neuern Darstellungen der Pflanzenanatomie; der Unterschied liegt vorwiegend darin, daß die Neuern bei ihrer Darstellung der Struktur der Pflanzen sogleich von dem Begriff der Zelle ausgehen und erst später die Verbindung der Zellen zu Gewebemassen behandeln, während

dagegen die Begründer der Phytotomie, wie es in der Natur der Sache lag, zuerst und ganz vorwiegend die gröberen anatomischen Verhältnisse behandeln, Rinde, Bast, Holz, Mark vorwiegend der dikotylen Holzpflanzen in ihren makroskopischen Verhältnissen beschreiben, die histologischen Unterschiede von Wurzel, Stamm, Blatt, Frucht in ihren gröberen Verhältnissen darstellen, den Bau der Knospen, Blüthen, Früchte, Samen soweit er sich vorwiegend mit unbewaffnetem Auge erkennen läßt, ausführlich untersuchen. Die feineren Strukturverhältnisse werden erst im Anschluß an diese gröbere Anatomie und überall im innigsten Zusammenhang mit dieser behandelt. Der Hauptnachdruck fällt dabei auf die Betrachtung der Art und Weise, wie die faserigen Gewebemassen sich mit dem saftig parenchymatischen verbinden; die Fragen nach der Natur der Zelle, der Faser, des Gefäßes werden nur gelegentlich im Laufe der Darstellung wiederholt berührt oder ausführlicher besprochen. Untersuchung und Darstellung ist hier also eine vorwiegend analytische, während sie in den neueren Compendien der Phytotomie wesentlich synthetisch ist. Es bedarf kaum der Erwähnung, daß bei dieser Behandlungsweise diejenigen Fragen, welche in unserm Jahrhundert eine prinzipielle Wichtigkeit gewannen, entweder nur nebenher oder gar nicht behandelt wurden; man darf daher, um das Verdienst beider Männer beurtheilen zu können, nicht mit den Anforderungen, welche die fortgeschrittene Wissenschaft stellt, an die Lektüre ihrer Werke herantreten. Ganz verkehrt wäre es sogar, den Werth dieser Bücher danach bemessen zu wollen, ob und in wie weit ihr Inhalt mit der gegenwärtigen Zellentheorie übereinstimmt. Beide hatten vollauf damit zu thun, sich in der neuen Welt, die das Mikroskop eröffnete, überhaupt nur zu orientiren; viele Fragen, die für uns bedeutungslos geworden sind, mußten damals erst gelöst werden und gerade in diesem Streben, sich vor allen Dingen über die gröberen Verhältnisse des anatomischen Baues der Pflanzen zu orientiren, lag ganz vorwiegend das Verdienst Malpighi's und Grew's; in dieser Beziehung ist das Studium ihrer Werke selbst jetzt noch den Anfängern zu empfehlen,

da die neueren phytotomischen Werke in dieser Richtung meist sehr unvollkommen sind. Bei all dem ist jedoch nicht zu unterschätzen, was Malpighi und Grew über die feinere Anatomie, besonders über die Beschaffenheit des festen Zellhautgerüsts in der Pflanze sagen; so unvollkommen und unfertig auch ihre Ansichten darüber sind, so blieben sie doch über hundert Jahre lang die Grundlage alles dessen, was man über die zellige Struktur der Pflanzen wußte und als am Anfang unseres Jahrhunderts die Phytotomie einen neuen Aufschwung nahm, waren es gerade Malpighi's und Grew's zerstreute Bemerkungen über die Verbindung der Zellen unter einander, über die Struktur der Fasern und Gefäße, an welche die neueren Phytotomen anknüpfend ihre eigenen Untersuchungen aufnahmen.

Wenn in den hier berührten Punkten Malpighi und Grew der Hauptsache nach übereinstimmten, so war doch die Darstellung beider im Uebrigen sehr verschieden. Malpighi hielt sich mehr an das unmittelbar Sichtbare, Grew gefiel sich darin, an das Gesehene die mannigfaltigsten theoretischen Erörterungen zu knüpfen, besonders suchte er auf speculativem Wege über die Grenzen des mikroskopisch Sichtbaren hinauszugehen. Malpighi's Darstellung macht mehr den Eindruck eines genialen Entwurfs, Grew's den der sorgfältigsten, selbst etwas pedantischen Ausführung; in Malpighi verräth sich eine größere formale Bildung, welche die Fragen halb spielend, andeutend, fast im Conversationston behandelt. Grew dagegen ist bemüht, die neue Wissenschaft schulmäßig in ein wohl durchdachtes System, auch mit der Chemie, Physik und vor Allem mit der cartesianischen Korpuskularphilosophie in Zusammenhang zu bringen. Malpighi war einer der berühmtesten Mediciner und Zootomen seiner Zeit und behandelte die Phytotomie von den in der Zootomie bereits eröffneten Gesichtspunkten aus; Grew beschäftigte sich zwar auch gelegentlich mit Zootomie, er war aber in der That fachmäßig Pflanzenanatom, der sich zumal seit 1668 fast ausschließlich mit der Struktur der Pflanzen beschäftigte, so zwar, daß bis auf Wirbel

und Mohl kaum Einer in dem Grade sich der Phytotomie gewidmet hat.

Wie auch auf dem Gebiet der Medicin im 17. Jahrhundert die menschliche Anatomie auf das Innigste mit der Physiologie verknüpft war, die letztere noch gar nicht als besondere Disciplin behandelt wurde, so verband sich nothwendig auch bei den Begründern der Phytotomie die physiologische Betrachtung der Funktionen der Organe überall mit dem Studium ihrer Struktur. Bei jeder anatomischen Frage standen Erwägungen über die Saftbewegung und Ernährung im Vordergrund; Strukturverhältnisse, welche sich dem bewaffneten Auge entzogen, wurden aus physiologischen Gründen hypothetisch angenommen; obgleich man damals von den Funktionen der Pflanzenorgane überhaupt nur wenig Positives wußte; man stützte sich daher auf Analogieen zwischen Vegetation und thierischem Leben, wodurch die Pflanzenphysiologie zwar ihre ersten kräftigen Impulse erhielt, anfangs aber doch vielfach Irrthümer hervorgerufen wurden, welche auch die anatomische Behandlung oft verwirrten. Gegenwärtig, wo die Pflanzenanatomie sich mehr als wünschenswerth von der Physiologie, d. h. von der Untersuchung der Funktionen der Organe, abgetrennt hat, ist es nach dem Gesagten sehr schwer, ja unmöglich, dem Leser in Kürze den Inhalt der beiden epochemachenden Werke vorzuführen. Ich muß mich darauf beschränken, einige Hauptpunkte hervorzuheben, an welche die weitere Entwicklung der Phytotomie historisch angeknüpft hat; das sind aber zum Theil gerade solche Fragen, denen Malpighi und Grew nur nebenbei ihre Aufmerksamkeit schenkten, deren Betonung also eine gewisse Ungerechtigkeit gegen sie enthält. Auf den physiologischen Inhalt ihrer Werke komme ich im dritten Buch unserer Geschichte zurück, indem ich es hier versuche, nur das die Strukturverhältnisse der Pflanzen Betreffende auszufondern.

Das phytotomische Werk des **Marcello Malpighi** ¹⁾ erschien

¹⁾ M. Malpighi geb. zu Crevalcuore bei Bologna 1628 wurde 1653 Doctor der Medicin, seit 1656 Professor in Bologna, Pisa, Messina und

unter dem Titel: *Anatome plantarum* in Verbindung mit einer Abhandlung über das bebrütete Hühnerei (1675). Der phytotomische Theil des Buches zerfällt in zwei Hauptabschnitte, deren erster *Anatomes plantarum idea*, wie bereits erwähnt, schon 1671 vollendet wurde und eine allgemeine resumirende übersichtliche Darstellung von Malpighi's Ansichten über den Bau und die Funktionen der Pflanzenorgane auf 14½ Folioseiten enthält; während der zweite viel umfangreichere Theil vom Jahre 1674 die im ersten ausgesprochenen Ansichten an zahlreichen Beispielen und mit Hilfe vieler Kupfertafeln eingehend erläutert; unserem Zweck entspricht es, uns vorwiegend an die im ersten Theil zusammenhängend dargestellten Ansichten Malpighi's zu wenden.

Er beginnt seine Betrachtungen mit der Anatomie der Baumstämme und da deren Rinde zuerst in's Auge fällt, so wird zuerst von ihr gehandelt. Der äußere Theil derselben, die *Cuticula*, bestehe aus Schläuchen (*utriculis*) oder Säckchen, welche in horizontale Reihen geordnet sind; mit dem Alter sterben diese ab, fallen zusammen und bilden zuweilen eine trockene Epidermis. Nach Wegnahme der letzteren kommen mehr und mehr Schichten holziger Fasern zur Vorschein, welche gewöhnlich netzartig mit einander verwebt und schichtenweise über einander gelagert der Längsrichtung des Stammes folgen. Diese fibrösen Bündel bestehen aus zahlreichen Fasern und jede einzelne derselben aus Röhren, welche in einander münden (*quaelibet fibra insignis fistulis invicem hiantibus constat*) u. s. w. Die Zwischenräume jenes Netzes werden von runden Schläuchen erfüllt, die gewöhnlich gegen das Holz hin horizontale Richtung haben. Hat man die Rinde weggenommen, so erscheint das Holz, dessen größerer Theil aus Fasern und Röhren besteht, welche in die Länge gestreckt sind und aus Ringen oder gegen

wieder in Bologna. Innocenz XII. ernannte ihn 1691 zu seinem Leibarzt. Er starb 1694. Ueber seine vergleichend anatomischen Arbeiten und seine Verdienste um die menschliche Anatomie vergl. *Biographie universelle* und B. Carus *Gesch. der Zoologie* p. 395.

einander geöffneten Blasen bestehen, die in Längsreihen geordnet sind. Auch die Fasern des Holzes laufen nicht parallel, sondern lassen nebartig anastomosirend winklige Räume zwischen sich entstehen, deren größere wieder von Schlauchbündeln erfüllt sind, die von der Rinde durch diese Zwischenräume hindurch bis zum Mark verlaufen u. s. w. — Zwischen den genannten fibrösen und fistulösen Bündeln des Holzes liegen die Spiralaröhren (*spirales fistulae*), an Zahl zwar geringer, an Größe aber beträchtlicher, so daß sie am querdurchschnittenen Stamm mit offener Mündung erscheinen. Sie liegen in verschiedener Weise, der Mehrzahl nach aber in concentrischen Kreisen. Diese Spiralaröhren habe er durch zehnjährige Untersuchung (also schon seit 1661) bei allen Pflanzen gefunden und es mag gleich hier hinzugesetzt werden, daß Grew in der Einleitung zu seinem Werk ausdrücklich die Priorität dieser Entdeckung dem Malpighi zugestehet; andererseits aber muß auch hinzugesetzt werden, daß Malpighi's Vorstellungen von diesen Spiralaröhren höchst unklar waren ¹⁾, was bei den späteren Schriftstellern vielfach Anlaß zu Mißdeutungen und groben Irrthümern gab. Er glaubte in diesen Gefäßen sogar eine peristaltische Bewegung wahrzunehmen, eine Täuschung der sich am Anfang unseres Jahrhunderts manche Naturphilosophen mit besonderer Vorliebe hingaben.

Bei dem Ficus, der Cypresse u. a. beobachtete er außerhalb der fibrösen Fascikeln und Tracheen verschiedene Reihen von Röhren, welche eine Milch ausstießen lassen, woraus er schließt, daß auch im Holz der Stämme derartige eigenthümliche

¹⁾ *Componuntur* (heißt es p. 3) *expositae fistulae (spirales) zona tenui et pellucida, velut argentei coloris, lamina, parum lata, quae spiraliter locata, et extremis lateribus unita, tubum interius et exterius aliquantulum asperum efficit; quin et avulsa zona capites seu extremo trachearum tum plantarum, tum insectorum, non in tot disparatos annulos resolvitur, ut in perfectorum trachea accidit; sed unica zona in longum soluta et extensa extrahitur.*

Röhren vorhanden sein möchten, aus denen Milch, Terpentin, Gummi und Aehnliches ausfließe.

Hiermit haben wir die Elementarorgane der Pflanze, soweit sie Malpighi bekannt waren: im Folgenden finden wir sie zu einer Histologie des Stammes verwendet, in welche sich jedoch sofort ein Irrthum einschleicht, der sich, auf die Autorität Malpighi's gestützt, bei den Phytotomen des 18. Jahrhunderts und selbst bei denen in den ersten Dezennien des 19. erhalten hat, die Theorie nämlich, daß die jungen Holzlagen des Stammes durch periodische Umänderung der innersten Rindenschichten (sekundären Bastschichten) entstehen, zu welcher Annahme er, wie es scheint, zum Theil durch die Weichheit und helle Farbe des Splintes, zum Theil durch die faserige Beschaffenheit desselben verleitet wurde. In dieser Substanz entstehen nun nach und nach die Spiralaröhren und indem die Masse solider und kompakter wird, bildet sie später das wahre Holz.

Im Innersten des Stammes liegt das Mark, welches nach Malpighi aus zahlreichen Ordnungen von Kugeln (*globulorum multiplici ordine*) besteht, die der Länge nach aneinander gereiht sind und aus membranösen Schläuchen bestehen, wie man deutlich am Nußbaum, dem Hollunder u. a. wahrnehme. Bei dieser Gelegenheit werden auch gleich die Milchgefäße im Mark des Hollunders erwähnt. Indem wir verschiedenes Andere übergehen, mag noch hervorgehoben werden, daß er an den jungen Zweigen den Zusammenhang ihrer Gewebeschichten mit denen des Mutter sproßes erkennt; daß er ebenso mit besonderem Nachdruck dieselbe Continuität der Gewebeschichten zwischen Blatt und Sprossaxe hervorhebt. Dann berührt er kurz die anatomischen Verhältnisse der Früchte und Samen, das Vorhandensein und den Bau des Embryo's in Letzteren, um dann auf die Wurzeln überzugehen. „Die Wurzeln sind bei den Bäumen ein Theil des Stammes, welcher in Zweige getheilt endlich in Haarfäden (*capillamenta*) sich auflöst; so zwar, daß die Bäume nichts Anderes sind, als feine Röhren, welche innerhalb des Bodens getrennt verlaufen, sich nach und nach in Bündel sammeln,

welche selbst weiterhin mit anderen noch größeren sich vereinigen und endlich sämmtlich gewöhnlich in einen einzigen Cylinder zusammentreten, um so den Stamm zu bilden, welcher dann an der entgegengesetzten Extremität durch wieder eintretende Separation der Röhren seine Nests austreckt und nach und nach durch weitere Theilung aus größeren in kleine, endlich in den Blättern sich ausbreitet und so seine letzte Begrenzung findet.“ Der Schluß der ganzen Darstellung betrifft vorwiegend die Bedeutung der verschiedenen Gewebeformen für die Ernährung der Pflanze.

Im zweiten, 1674 vorgelegten Theil werden nun die verschiedenen Gewebeformen des Stammes ausführlicher besprochen, wobei sich neben vielem in der That Guten doch auch vieles höchst Unvollkommene vorfindet, was nicht ausschließlich der Inferiorität seiner Mikroskope zuzuschreiben sein möchte. Ganz vortrefflich ist jedoch die Art und Weise, wie Malpighi über die größeren anatomischen Verhältnisse der Rinde des Holzes des Markes sich zu orientiren sucht, wie er zumal in der Textur der Rinde und des Holzes den longitudinalen Verlauf der Gefäße und Holzfasern mit dem horizontalen Verlauf der Markstrahlen und Spiegelfasern zusammenhält. Seinen Abbildungen nach zu schließen, müssen die von ihm angewandten Vergrößerungen schon recht beträchtliche gewesen sein; wieviel von dem Fehlerhaften aber der Unklarheit des Gesichtsfeldes, wieviel der ungenauen Beobachtung zuzuschreiben sei, läßt sich nicht sagen. So sieht er z. B. die gehöften Tüpfel des Coniferenholzes ohne deren centrale Pore zu erkennen und bildet sie als grobe Körner ab, welche auf der Außenseite der Holzzellen liegen; für Malpighi sowohl, wie für seine Nachfolger war es ein Mißgeschick, daß die großen Gefäße des Dikotylen-Holzes, denen sie ihre Aufmerksamkeit besonders zuwandten, oft von sekundärem Zellgewebe erfüllt sind (den Tüllen), die Malpighi bereits Taf. VI. Fig. 21. abbildet, deren wahre Natur aber erst fast 150 Jahre später erkannt wurde. Ganz besonderen Nachdruck legt Malpighi, wie es nachher auch von den späteren Phytotomen bis in die zwanziger Jahre unseres Jahrhunderts herein geschehen

ist, auf die Struktur der Spiralgefäße oder Tracheen, von denen er ganz besonders hervorhebt, daß sie immer von einer Scheide von Holzfasern umgeben sind. Indessen verfiel Malpighi noch nicht auf die sonderbaren Vorstellungen über die Natur der Spiralgefäße, denen sich später Grew und die anderen Phytotomen hingaben.

Wir können hier die zahlreichen Exkurse auf die Assimilation und Saftbewegung übergehen; hervorzuheben sind dagegen Malpighi's Beschreibungen und Abbildungen der Knospentheile, des Gefäßbündelverlaufs in verschiedenen Pflanzentheilen, ganz besonders auch seine Blüthen- und Fruchtanalysen und die für ihre Zeit sehr sorgfältige Untersuchung der Samen und Embryonen, deren Betrachtung uns jedoch vom Hauptthema zu weit abführen würden.

Wenn Malpighi's Werk mehr den Eindruck einer genial hingeworfenen Skizze macht, bei der es dem Autor wesentlich nur auf Feststellung der Grundzüge der Architektur der Pflanze ankommt, so erscheint dagegen das bei Weitem umfangreichere Werk von Nehemiah Grew ¹⁾, *The anatomy of plantes* (1682) als ein in allen Einzelheiten sorgfältig durchgearbeitetes Lehrbuch; die geschmackvolle Eleganz Malpighi's ist hier durch eine oft weitschweifige, gründliche Ausführlichkeit ersetzt; während bei Malpighi nur gelegentlich die philosophischen Vorurtheile seiner Zeit anklingen und ihn dann gewöhnlich zu Mißgriffen veranlassen, ist dagegen Grew's Darstellung zwar überall von den philosophisch-theologischen Vorstellungen des damaligen Englands durchwebt; dafür aber entschädigt uns auf der anderen Seite eine bessere systematische Durchführung des Gedankengangs und besonders das Streben, das sinnlich Wahrgenommene in möglichst klare Vorstellungen um-

¹⁾ Nehemia Grew wurde als Sohn eines Geistlichen in Coventry wahrscheinlich 1628 geboren. Nachdem er auf einer ausländischen Universität das Doktorat erworben, widmete er sich in seiner Vaterstadt der ärztlichen Praxis und phytotomischen Untersuchungen; 1677 wurde er Sekretär der Royal Society. Nachdem er noch 1701 eine *Cosmographia sacra* herausgegeben, starb er 1711 (Biogr. univers.)

zusehen. Obgleich auch er physiologische Erwägungen überall mit in die anatomische Forschung hineinzieht, hält er sich doch frei von manchen Vorurtheilen, welche Spätere auf diesem Wege in die Phytotomie hineintrugen. Um nur vorläufig einen Punkt hervorzuheben, vermied er den später so verbreiteten Irrthum, als ob die Zellwände zum Zweck der Saftbewegung sichtbare Oeffnungen haben müßten, ein Irrthum, der erst 1828 von Mohl definitiv beseitigt wurde.

Auch Grew's Werk zerfällt, wie schon erwähnt, in zwei Hauptabtheilungen, von denen die erste *The anatomy of plants begun with a general account of vegetation founded thereupon* 1671 gedruckt wurde und in rascher cursorischer Darstellung auf 49 Folioseiten die gesammte Anatomie und Physiologie der Pflanzen umfaßt. In den späteren Jahren bis 1682 erschienen dann als besondere Abhandlungen die Anatomie der Wurzeln, Stämme, Blätter, Blüten, Früchte und Samen. Die dem Werk einverleibten chemischen Untersuchungen, ferner die über Farben, Geschmack und Geruch der Pflanzen können wir ebenso gut übergehen, wie die vorausgeschickte Abhandlung *An idea of a philosophical history of plants*, von der wir wohl, da sie erst im Januar 1672 der Royal society vorgelegt wurde, annehmen dürfen, daß sie vielleicht als ein Gegenstück zu Malpighi's *Anatomes plantarum* idea geschrieben worden sei, obgleich sie in der Darstellung weit von jener abweicht und Vieles aufnimmt, was der Anatomie und Physiologie der Pflanzen fremd ist.

Auch bei Grew fällt der Schwerpunkt der Untersuchung nicht in die Betrachtung der einzelnen Zelle, sondern in die Histologie; nachdem er ebenso wie Malpighi den Hauptunterschied des parenchymatischen Gewebes und der longitudinal gestreckten Faserformen, der ächten Gefäße und der saftführenden Canäle erkannt hat, kommt es ihm vorwiegend darauf an, die Zusammenlagerung dieser Gewebeformen in den verschiedenen Organen der Pflanze nachzuweisen und in diesem Punkte leistet er weit mehr als Malpighi, sowohl in sorgfältiger Beschreibung,

wie Schönheit der Abbildungen. Die zahlreichen Figuren Grew's, sorgfältiger als die von Malpighi in Kupfer gestochen, geben in der That zumal von dem Bau der Wurzeln und Stämme eine so klare Anschauung, daß noch jetzt ein Anfänger sie zur ersten Orientirung mit Nutzen gebrauchen kann; Figuren, wie die auf Tafel 36, 40 u. a. zeigen, daß Grew mit vielem Nachdenken seine Beobachtungen zu einem klaren Bild des Gesehenen zu gestalten wußte. Im Einzelnen finden sich freilich und selbstverständlich viele Irrthümer, wo es sich um den feineren Bau der verschiedenen Gefäß- und Zellenformen handelt.

Malpighi hatte Nichts darüber gesagt, ob er sich die Schläuche des Parenchyms (der Name Parenchym stammt von Grew) völlig geschlossen oder porös denke und in welcher Weise sie unter einander zusammenhängen; Grew läßt über diesen Punct keinen Zweifel; er sagt ausdrücklich p. 61, die Zellen oder Blasen des Parenchyms seien in sich geschlossen, ihre Wände nicht von sichtbaren Poren durchbohrt, so daß das Parenchym mit Bierschaum verglichen werden könne. Betreffs der Gefäße im Holz führt er ausdrücklich Malpighi's Ansicht an, ergänzt dieselbe aber dadurch, daß das Spiralband nicht immer bloß ein einzelnes sei, sondern daß auch zwei oder mehr von einander ganz isolirte Bänder die Wand des Gefäßes bilden, auch sei der Spiralfaden nicht flach, sondern rundlich wie ein Draht, die Windung desselben je nach dem Pflanzentheile einander mehr oder weniger genähert. Auch hebt er hervor, daß die Spiralaröhren niemals verzweigt sind und daß, wenn sie gerade verlaufen, wie im spanischen Rohr, man auf weite Strecken durch sie hindurchsehen kann. Die von Malpighi ausgegangene und dann durch das ganze 18. Jahrhundert festgehaltene Vorstellung vom Bau der Spiralgefäße hat Grew p. 117 klarer, als jener ausgesprochen; wobei man jedoch beachten muß, daß er sowohl, wie Malpighi die eigentlichen Spiralgefäße mit abrollbarer Spiralfaser von den im secundären Holz vorkommenden Gefäßformen, die nur bei der Zerreißung eine spiralige Structur zeigen, nicht scharf unterscheidet. Durch die Art, sagt er, wie die Fasern ge-

webt sind, geschieht es, daß die Gefäße oft in Form einer Platte sich aufrollen, sowie, wenn wir uns denken, ein schmales Band sei spirallig um einen runden Stab so gewunden, daß Kante an Kante liegt; so wird, wenn der Stab herausgezogen ist, das gewundene Band in Form eines Tubus zurückbleiben und dieser entspräche einem Luftgefäß der Pflanze; es ist nämlich hier hervorzuheben, daß Grew, besser unterrichtet als die Phytotomen des 18. Jahrhunderts, die Holzgefäße als Luftbehälter betrachtet, wenn gleich sie zuweilen Wasser führen. Er fährt aber in der Beschreibung der Gefäßwand fort: die Platte, welche bei der Aufrollung eines Gefäßes zum Vorschein komme, sei selbst wieder aus zahlreichen untereinander parallellaufenden Fäden zusammengesetzt, wie bei einem künstlichen Band: und wie in einem solchen entsprechen auch hier die Fasern, welche spirallig gewunden sind, dem Wurf oder der Kette eines künstlichen Gewebes, sie werden durch querlaufende Fasern, welche bei einem künstlichen Band dem Einschlag entsprechen, zusammengehalten. Um diese sehr sonderbare Vorstellung vom Bau eines Spiralgefäßes im Sinne Grew's zu begreifen, muß man aber wissen, daß er alle Zellwände, auch die des Parenchyms, aus einem äußerst feinem Fadengewebe sich zusammengesetzt denkt; der von ihm vorher gemachte Vergleich des Zellengewebes mit Schaum, soll dem Leser offenbar nur die gröberen Verhältnisse klar machen; seine wahre Meinung ist vielmehr die, daß die Substanz der Gefäß- und Zellwände aus einem künstlichen Gewebe feinsten Fäden besteht. Nachdem er schon p. 76 und 77 darauf hingewiesen, kommt er p. 120 noch einmal sehr ausführlich auf diese Vorstellungsweise zurück. Die genaueste Vergleichung sagt er, welche wir von dem ganzen Körper einer Pflanze machen können, ist die mit einem Stück feinem Spitzengewebe, wie die Frauen dasselbe auf einem Kissen herstellen. Denn das Mark, die Markstrahlen und das Parenchym der Rinde sind ein äußerst feines und vollendetes Fadengewebe. Die Fäden des Markes laufen horizontal, wie die Fäden in einem Stück Gewebe und begrenzen die zahlreichen Blasen des Markes und der Rinde,

sowie die Fäden eines Gewebes die Hohlräume desselben umgrenzen. Die Holzfasern und Luftgefäße aber stehen auf diesem Gewebe senkrecht, also rechtwinklich zu den horizontalen Fasern der parenchymatischen Theile, etwa so, wie in einem auf dem Rissen liegenden Gewebestück die Nadeln senkrecht zu den Fäden stehen. Um dieses Bild zu vervollständigen, müsse man sich diese Nadeln hohl denken und das fädige Spitzengewebe in tausendfachen Lagen übereinander geschichtet. Grew gibt selbst gelegentlich an, daß er auf diese Vorstellung durch die Betrachtung eingetrockneter Gewebemassen gekommen sei, wobei er natürlich Runzeln und Falten sehen mußte, die er für feine Fäden nahm. Außerdem scheint er aber auch mit stumpfen Messern geschnitten zu haben, wobei Zellwände faserig zerreißen konnten, wie man fast aus der Abbildung Tafel 40 schließen möchte, wo das von ihm angenommene Fadengewebe der Zellwände deutlich genug abgebildet ist. Endlich mag auch die Beobachtung von neßförmig verdickten Gefäßen und vom kreuzweiß gestreiften Parenchymzellen zur Begründung seiner Ansicht beigetragen haben.

Es wird kaum überflüssig sein, hier die Bemerkung einzuschalten, daß aus Grew's Vorstellung von dem feinsten Bau der Zellwände offenbar der Sprachgebrauch entstanden ist, der hier, wie bei der Structur der Thiere, von Zellgewebe (*contextus cellulosus*) redet, ein Sprachgebrauch, der sich in die Mikroskopie einbürgerte und noch beibehalten wird, obgleich Niemand mehr an die von Grew gemachte Vergleichung des Zellenbaues mit einem künstlichen Spitzengewebe denkt. Das Wort Gewebe selbst aber, hat offenbar, wie es zu geschehen pflegt, die späteren Schriftsteller vielfach beirrt und sie veranlaßt, der Vorstellung von der Pflanzenstructur das Bild eines künstlichen Gewebes aus Häuten und Fasern zu Grunde zu legen.

Wie Malpighi, läßt auch Grew die jungen Holzlagen des Stammes aus den innersten Rindenschichten entstehen. Das eigentliche Holz, sagt er p. 114, ist nichts weiter, als eine Masse von alt gewordenen Lymphgefäßen, d. h. von Fasern, welche ursprünglich am inneren Umfang der Rinde lagen. Unter

eigentlicher Holzsubstanz versteht er aber den faserigen Bestandtheil des Holzes mit Ausschluß der Luftgefäße; seine Lymphgefäße sind die Bastfasern und ähnliche Gebilde; denn, heißt es weiter, die Luftgefäße mit den Markstrahlen und das wahre Holz bilden das, was gewöhnlich das Holz eines Baumes genannt wird; die Luftgefäße nenne er so, nicht, weil sie niemals Saft enthalten, sondern weil sie während der eigentlichen Vegetationszeit, wenn die Gefäße der Rinde mit Saft erfüllt sind, nur eine vegetabilische Luft enthalten.

Das hier Mitgetheilte giebt allerdings nur eine sehr unvollständige Vorstellung von den phytotomischen Verdiensten Grew's; denn, was hier als Hauptsache hervorgehoben wurde, kam für ihn, der sich vorwiegend mit den gröberen histologischen Verhältnissen befaßte, doch nur nebenbei in Betracht.

Auf diese beiden, nicht nur für die Botanik, sondern für die gesammte Naturwissenschaft bedeutungsvollen Werke Malpighi's und Grew's ist im Laufe der nächsten 120 Jahre kein einziges gefolgt, welches sich irgend wie ebenbürtig an ihre Seite stellen könnte, es erfolgte während dieser langen Zeit nicht nur kein Fortschritt, sondern sogar ein stetiger Rückgang, wie wir im folgenden Abschnitt noch sehen werden. Zunächst wurde freilich noch bis zum Anfang des 18. Jahrhunderts die Pflanzenanatomie im Einzelnen, wenn auch nicht gerade sehr wichtigen Puncten gefördert durch Anton van Leeuwenhoek¹⁾,

¹⁾ Leeuwenhoek's zootomische Beobachtungen scheinen bedeutender, als seine botanischen. V. Carus sagt von ihm (Gesch. der Zoolg. p. 399): „Benutzte Malpighi das Mikroskop planmäßig und den Bedürfnissen einer Untersuchungsreihe entsprechend, so war das Instrument in den Händen des andern berühmten Mikroskopikers des 17. J.-h. mehr oder weniger das Mittel, die Neugierde, welche die Wunder einer bis dahin unsichtbaren Welt in empfänglichen Geistern erregte, zu befriedigen. Und doch sind die Entdeckungen, welche die Frucht eines emsigen, durch fünfzig Jahre fortgesetzten Gebrauchs des Mikroskops waren, extensiv, sowie ihrer Tragweite nach die wichtigsten und einflussreichsten. Anton von Leeuwenhoek war 1632 in Delft geboren, genoss keine gelehrte Erziehung, da er zum Kaufmannsstande bestimmt war (er soll nicht einmal Latein verstanden haben) wandte

der seine Beobachtungen über thierische und pflanzliche Anatomie in sehr zahlreichen Briefen der Royal society in London mittheilte, von denen eine erste Sammlung unter dem Namen *Arcana naturae* 1695 in Delft erschien. Es ist nicht leicht, aus den zerstreuten Angaben Leeuwenhoek's ein klares Bild seines phytotomischen Wissens zu gewinnen. Auch er behandelte die gröbere Anatomie, zumal der Früchte, Samen und Embryonen, machte gelegentliche Beobachtungen über die Keimung, wiederholt auch solche über den Bau verschiedener Hölzer u. s. w. Dieß alles jedoch trägt den Charakter nur gelegentlicher Beschäftigung mit den Pflanzen; meist waren es Fragen der damals herrschenden Naturphilosophie, besonders auch solche, welche mit der Evolutionstheorie zusammenhängen, nicht selten sogar bloße Neugierde und das Gefallen an verborgenen, anderen Leuten schwer zugänglichen Dingen, was ihn zu seinen Beobachtungen veranlaßte, aus denen ein Gesamtbild der Pflanzenstructur zu entwerfen, er unterließ. Dabei erwarb er sich aber unstreitig Verdienste um die Vervollkommnung der einfachen Vergrößerungsgläser, deren er eine große Zahl eigenhändig herstellte und welche Vergrößerungen lieferten, die Malpighi und Grew offenbar nicht zu Gebote standen. Diesem Umstand ist zu verdanken, daß Leeuwenhoek, die im secundären Holz verlaufenden Gefäße nicht spiralg verdickt, sondern mit Tüpfeln besetzt fand, deren wahren Bau er jedoch nicht erforschte. Außerdem ist er wohl der Erste gewesen, der die Krystalle im Pflanzengewebe (und zwar im Wurzelstock von *Iris florentina* und *Smilaxarten*) auffand, was ebenfalls nur mit starken Vergrößerungen möglich war. Im Uebrigen kehren bei ihm die von Malpighi und Grew gehegten histologischen Vorstellungen

sich aber aus Liebhaberei dem Verfertigen vorzüglicher Linsen zu, mittels deren er unablässig immer neue und neue Gegenstände durchsuchte, ohne bei diesen Untersuchungen von irgend einem durchgehenden wissenschaftlichen Plan geleitet zu werden. Die künigl. Gesellschaft zu London, welcher er seine Beobachtungen übersandte, machte ihn zum Mitglied. Er starb, 90 Jahre alt, 1723 in seiner Geburtsstadt."

wieder, und im Ganzen machen alle seine zahlreichen Mittheilungen gegenüber der geschmackvollen Klarheit Malpighi's und der systematischen Gründlichkeit Grew's einen peinlichen Eindruck von Zerfahrenheit und Dilettantenthum. Auch halten seine Abbildungen, die er nicht selbst machte, den Vergleich mit denen seiner großen Zeitgenossen, einzelne Ausnahmen abgerechnet, nicht aus.

folgt
eben
Tag
Nach
des
klägl
Fors
über
beric
hoe
nicht
und
sond
Anfi
stellu
die
stan
Mit
gut,
besch
Aug
kann
und
sucht

Zweites Capitel.

Die Phytotomie im 18. Jahrhundert.

In Italien hatte Malpighi keinen nennenswerthen Nachfolger, in England war mit Hooke und Grew das neue Licht ebenfalls erloschen, man möchte fast sagen, bis auf den heutigen Tag; auch in Holland fand Leeuwenhoek keinen ebenbürtigen Nachfolger und was bis zum Beginn des siebenten Decenniums des vorigen Jahrhunderts in Deutschland geleistet wurde, ist kläglicher, als man sich irgend vorstellen kann. Phytotomische Forschung gab es in den ersten 50—60 Jahren des Jahrhunderts überhaupt nicht; was man über die Struktur der Pflanzen zu berichten hatte, wurde aus Grew, Malpighi und Leeuwenhoek entnommen, und da es von Personen geschah, die selbst nicht beobachten konnten, so verstanden sie ihre Autoren nicht, und berichteten Dinge, die jenen ganz fremd waren. Mit besonderer Vorliebe conservirte man die schwächeren und unklaren Ansichten derselben und besonders war es die complicirte Vorstellung Grew's vom gewebeartigen Bau der Zellwandungen, die großen Eindruck auf die Berichterstatter machte. Dieser Zustand der Verkommenheit darf nicht allein den mangelhaften Mikroskopen zugeschrieben werden; sie waren allerdings nicht gut, noch viel weniger bequem eingerichtet; aber man sah und beschrieb nicht einmal das deutlich, was mit unbewaffnetem Auge oder mit sehr schwachen Vergrößerungen beobachtet werden kann; das Uebelste war, daß man sich das wenige Selbstgesehene und das in den älteren Werken Gesagte, nicht klar zu machen suchte, sondern sich gedankenlos mit ganz verschwommenen Vor-

stellungen vom inneren Bau der Pflanzen begnügte. Es ist nicht leicht, die Ursachen dieses Verfalls der Phytotomie in den ersten sechs bis sieben Jahrzehnten des vorigen Jahrhunderts aufzufinden; eine der wichtigsten scheint mir jedoch darin zu liegen, daß man, wie schon Malpighi und Grew gethan hatten, bei der anatomischen Untersuchung nicht die Kenntniß des inneren Baues allein als Ziel verfolgte, sondern vorwiegend die Erklärung physiologischer Vorgänge dadurch zu erreichen suchte. Die Ernährung und Saftbewegung der Pflanzen trat immer mehr in den Vordergrund und Hales zeigte, wie viel sich in dieser Richtung auch ohne mikroskopische Untersuchung leisten läßt; das Interesse concentrirte sich daher bei den Wenigen, die überhaupt mit Pflanzenphysiologie sich beschäftigten, wie Bonnet und DuRoi auf die experimentelle Behandlung derselben. Zudem wurden andere, die mit dem Mikroskop umzugehen wußten, wie der Freiherr von Gleichen-Rußworm und Koelreuter durch ihr Interesse an den Befruchtungsvorgängen, überhaupt an den Fortpflanzungsverhältnissen von der Untersuchung der Structur der Vegetationsorgane abgezogen. Die eigentlichen Botaniker im Sinne jener Zeit, zumal diejenigen, welche sich der Linné'schen Schule angeschlossen, betrachteten physiologische und anatomische Untersuchungen überhaupt als Nebensache, wenn nicht gar als bloße Spielerei, mit welcher ein ernsthafter Pflanzensammler sich nicht zu befassen brauche. Daß Linné selbst von mikroskopischer Pflanzenanatomie Nichts hielt, geht aus dem im ersten Buch über ihn Gesagten zur Genüge hervor.

Es würde die Mühe nicht lohnen, die nicht einmal zahlreichen, kleinen Abhandlungen, welche bis gegen 1760 erschienen, im Einzelnen vorzuführen, da sie absolut nichts Neues bieten; doch soll an einigen Beispielen das im Allgemeinen über den damaligen Zustand der Phytotomie Gesagte erläutert werden.

Zunächst begegnen wir hier einem Schriftsteller, den nur Wenige unter den Phytotomen erwarten werden; es ist der bekannte Philosoph Christian Freiherr v. Wolff, der in seinen beiden Werken: „Bernünftige Gedanken von den Wirkungen der

Natur
(Halle
skopen
dem
krosfo
dem
Beob
Objec
jekte,
setzen
gewö
Wol
irgen
suchen
Er er
besteh
müsse
er sic
also
Schni
matt
konnt
(Mel
zeigt
durch
gesch
zweck
miga
Stru
dageg
gema
äußer
„Pla
daß
durch

Natur“ (Magdeburg 1723) und „Allerhand nützliche Versuche“ (Halle 1721) sich wiederholt mit der Beschreibung von Mikroskopen und mit phytotomischen Dingen beschäftigte; vorwiegend in dem zuletzt genannten Werk, wo er ein zusammengesetztes Mikroskop mit Sammellinse zwischen Objectiv und Ocular beschreibt, dem jedoch der Beleuchtungsspiegel fehlte; es diente also zur Beobachtung bei Oberlicht auf undurchsichtiger Unterlage; das Objectiv war eine einfache Linse. Für stärker vergrößernde Objekte, sagt Wolff indessen, benutze er statt dieses zusammengesetzten Mikroskopes lieber ein einfaches, was damals überhaupt gewöhnlicher im Gebrauch war. Als ächter Dilettant unterwarf Wolff seinem Mikroskope allerlei kleine und feine Dinge, ohne irgend eines derselben consequent und mit Ausdauer zu untersuchen. Auch ist seine phytotomische Ausbeute sehr gering. Er erkannte z. B., daß das Stärkemehl (Puder) aus Kügelchen besteht, glaubte aber aus der Lichtbrechung derselben schließen zu müssen, es seien mit Flüssigkeit erfüllte Bläschen; doch überzeugte er sich, daß diese Körnchen schon im Roggenkorn enthalten sind, also nicht erst bei dem Mahlen desselben entstehen. Dünne Schnitte von Pflanzentheilen legte er auf Glas, und zwar auf matt geschliffenes Glas, wobei er natürlich Nichts deutlich sehen konnte. Noch viel ungeschickter griff sein Schüler Thümmig (Melethemata 1736) die Sache an. Gerade bei diesen beiden zeigt sich recht deutlich, daß der geringe Erfolg weit weniger durch die Unvollkommenheit ihrer Mikroskope, als durch die Ungeschicklichkeit in der Handhabung derselben und durch die unzweckmäßige Präparation bedingt wurde. Wolff und Thümmig aber bemühten sich doch wenigstens, selbst Etwas von der Structur der Pflanzen zu sehen; ein damals berühmter Botaniker dagegen, Ludwig, hatte einen derartigen Versuch offenbar nicht gemacht, denn in seinen *Institutiones regni vegetabilis* 1742 äußert er sich über den inneren Bau der Pflanze folgendermaßen: „Platten oder membranöse Häutchen, so unter sich verbunden, daß sie kleine Höhlungen oder Zellen bilden, und nicht selten durch Zwischenkunft von feinen Fäden nebartig disponirt werden,

bilden das Zellengewebe, welches wir durch alle Theile der Pflanze verbreitet wahrnehmen. Dieses ist es, was Malpighi u. a. Schläuche nennen, insofern es in verschiedenen Theilen in Form von Bläschenreihen, die mit einander verbunden sind, erscheint! Noch schlimmer sieht es in Boehmer's dissertatio de celluloso contextu 1785 aus: „Weiße, elastische, bald dickere bald dünnere Fibern und Fäden unter sich verwebt, von verschiedener Figur und Größe bilden Höhlungen oder Zellen oder Cavernen und pflegen mit dem Namen Zellgewebe bezeichnet zu werden.“ Man sieht, welches Unglück Grew mit seiner Theorie vom faserigen Bau der Zellwände angerichtet hatte und wie der Ausdruck „Zellgewebe“ wörtlich genommen, die hier genannten Botaniker u. a. zu ganz unrichtigen Vorstellungen verführte. Daß es aber nicht nur in Deutschland bis zu solchen Mißverständnissen kam, zeigen Du Hamel's, Comparetti's, Senebier's Werke und sogar Hill, ein Landsmann Grew's, dachte sich die Zellen, wie Mohl berichtet, unter der Gestalt von über einander stehenden, unten geschlossenen, oben offenen Bechern.

Freiherr v. Gleichen-Rußworm (markgräfl. anspach'scher geheimer Rath geb. 1717, gest. 1783) beschäftigte sich viel mit der Bervollkommnung der äußeren mechanischen Einrichtung der Mikroskope, von deren außerordentlichen Unzweckmäßigkeit schon seine Kupfertafeln die überraschendste Einsicht gewähren. Er machte mit diesen Instrumenten sehr zahlreiche Beobachtungen, die er in zwei umfangreichen Werken („das Neueste aus dem Reich der Pflanzen“ 1764 und „Auserlesene mikroskopische Entdeckungen“ 1777—81) niederlegte. In beiden ist aber von der mikroskopischen Anatomie, vom Zellenbau der Pflanze wenig oder gar nicht die Rede. Seine mikroskopischen Beobachtungen sind vorwiegend den Befruchtungsvorgängen gewidmet und dem Beweis, daß im Pollen Spermatozoen enthalten sind.¹⁾ Dabei findet er aber Veranlassung, sehr zahlreiche kleinere Blüthen vergrößert und zum Theil recht schön abzubilden, in welcher Be-

¹⁾ Wir kommen in der Geschichte der Sexualtheorie darauf zurück.

ziehung seine Werke zu ihrer Zeit Vielen gewiß sehr lehrreich gewesen sein müssen. Die Spaltöffnungen, welche übrigens Grew bereits entdeckt hatte, sah er an den Blättern der Farnkräuter, hielt sie aber für die männlichen Befruchtungsorgane derselben, was zugleich zeigte, daß ihm die Existenz dieser Organe bei den Phanerogamen unbekannt blieb.

Ganz vereinsamt unter seinen Zeitgenossen steht Caspar Friedrich Wolff¹⁾ mit seinen phytotomischen Bestrebungen da, nicht nur insofern er seit Malpighi und Grew wieder der Erste und Einzige war, welcher der Anatomie der Pflanzen Arbeit und consequente Ausdauer zuwandte, sondern noch mehr deshalb, weil er zu einer Zeit, wo selbst die Struktur der fertigen Pflanzenorgane beinahe in Vergessenheit gerathen war, die Entwicklungsgeschichte dieser Struktur, die Entstehung des Zellgewebes zu ergründen suchte. Leider war es nicht ausschließlich ein phytotomisches Interesse, welches ihn dabei leitete, sondern eine allgemeinere Frage, welche er auf diesem Wege zu erledigen suchte; er wollte durch den Nachweis der Entwicklung der Pflanzenorgane die damals herrschende Evolutionstheorie widerlegen und für seine Lehre von der Epigenesis induktive Fundamente gewinnen. Obgleich auf diese Weise von der

¹⁾ C. F. Wolff wurde 1733 zu Berlin geboren; seine Studien, die theilweise in die Zeit des siebenjährigen Kriegs fielen, begann er 1753 am dortigen Collegium medico-chirurgicum; bei Meckel trieb er Anatomie, bei Gleditsch Botanik; später bezog er die Universität Halle, wo er Leibniz-Wolffsche Philosophie studirte, die in seiner Dissertation, der theoria generationis (1759) allzusehr überwiegt. Haller, Vertreter der Evolutionstheorie, gegen welche diese Schrift austrat, würdigte dieselbe einer wohlwollenden Kritik und trat mit ihrem jugendlichen Verfasser in Briefwechsel. — In Breslau hielt Wolff medicinische Lehrvorträge im Lazareth; 1762 erhielt er die Erlaubniß am Collegium medico chirurgicum zu Berlin Physiologie u. a. zu lesen; bei der Besetzung zweier Professuren an dieser Anstalt wurde er jedoch übergangen; die Kaiserin Katharina II. berief ihn 1766 an die Petersburger-Akademie; er starb daselbst 1794. (vergl. Alf. Kirchhoffs: „Idee der Pflanzenmetamorphose“ Berlin 1867.)

Verfolgung der rein phytotomischen Fragen vielfach abgelenkt, ist seine berühmte Schrift, *Theoria generationis* 1759, doch von großer Bedeutung für die Geschichte der Phytotomie¹⁾; denn, wenn dieselbe auch in den nächsten vierzig Jahren bei den Botanikern unbeachtet blieb oder doch keinen nennenswerthen Einfluß ausübte, so war es doch Wolff's Lehre von der Entstehung der Zellenstruktur der Pflanzen, welche am Anfang unseres Jahrhunderts von Mirbel in der Hauptsache wieder aufgenommen wurde, und der Widerspruch, den dieß hervorrief, hat wesentlich zum Fortschritt der Phytotomie beigetragen. Was der Schrift Caspar Friedrich Wolff's eine so späte, aber nachhaltige Wirkung sicherte, war übrigens nicht die thatsächliche Richtigkeit seiner Beobachtungen, sondern der Gedankenreichthum derselben und das Streben, das wahre Wesen der zelligen Pflanzenstruktur zu ergründen, es auf physikalischem und philosophischem Wege zu erklären. Wolff's Beobachtungen selbst, soweit sie den Zellenbau der Pflanzen betreffen, sind höchst ungenau, von vorgefaßten Meinungen beeinflusst, seine Darstellung getrübt, oft unleidlich gemacht durch die Sucht, das ungenau Gesehene sofort philosophisch deuten und erklären zu wollen. Seine entwicklungs-geschichtlichen Bestrebungen, soweit sie die Entstehung des Zellgewebes betreffen, leiden an dem großen Mangel, daß Wolff die Struktur der ausgebildeten Organe offenbar nicht hinreichend kannte und es scheint, nach seinen Abbildungen und theoretischen Erwägungen zu schließen, daß sein Mikroskop nicht hinreichend vergrößerte und wohl auch keine scharfen Bilder gab. Trotz all dieser Mängel ist die genannte Schrift in dem ganzen Zeitraum zwischen Grew und Mirbel ohne Zweifel des Bedeutendsten auf dem Gebiet der Phytotomie und zwar, wie schon angedeutet wurde, nicht wegen der besonderen Güte der Beobachtung, sondern weil Wolff aus seinen Beobachtungen Etwas zu machen wußte, die bloß sinnlichen Wahrnehmungen zur Grundlage einer Theorie benutzte.

¹⁾ Ich benutze die lateinische Ausgabe von 1774.

Nach Wolff's Theorie bestehen alle jüngsten Pflanzentheile, der von ihm aufgefundenen Vegetationspunct des Stengels, die jüngsten Blätter und Blüthentheile ursprünglich aus einer durchsichtigen gallertartigen Substanz; diese ist von Nahrungsjaft durchtränkt, der sich in Form von Anfangs sehr kleinen Tröpfchen (wir könnten sagen Vacuolen) ausscheidet, welche indem sie nach und nach an Umfang gewinnen, die Zwischensubstanz ausdehnen und so die erweiterten Zellräume darstellen. Die Zwischensubstanz entspricht also dem, was wir jetzt die Zellwände nennen, nur sind diese anfangs viel dicker und werden durch das Wachsthum der Zellräume immer dünner. Man könnte sich also ein junges Pflanzengewebe im Sinne Wolff's etwa so entstanden denken, wie die Porosität eines gährenden Brodteiges, nur daß die Poren nicht mit Gas, sondern mit Flüssigkeit erfüllt sind. Es geht aus dem Gesagten zugleich hervor, daß die Bläschen oder Poren, wie Wolff die Zellen nennt, von vorneherein unter sich durch die Zwischensubstanz verbunden sind, daß zwischen je zwei benachbarten Zellhöhlen nur eine Lamelle oder Zellhaut liegt, ein Punct, über den die späteren Phytotomen sehr langsam in's Reine gekommen sind. Wie die Zellen durch Auscheidung von Safttropfen in der Anfangs homogenen Grundsubstanz entstehen, so werden nach Wolff die Gefäße dadurch erzeugt, daß ein Tropfen in jener Gallerte sich der Länge nach fortbewegt und so einen Canal bildet; dem entsprechend müssen natürlich auch die benachbarten Gefäße durch einfache Lamellen der Grundsubstanz von einander getrennt sein. Obgleich Wolff die Bewegung des Nahrungsjaftes innerhalb der soliden galertartigen Grundsubstanz zwischen den Zellhöhlen und Gefäßkanälen ausdrücklich betont, also eine Bewegung annimmt, die wir als eine Diffusionsströmung bezeichnen können, hält er es doch mit auffallender Inconsequenz für nöthig, zum Zweck der Saftbewegung von Zelle zu Zelle, von Gefäß zu Gefäß, in den Zwischenwandungen derselben Löcher anzunehmen, obgleich er in dem einzigen Fall, wo ihm die Isolirung von Zellen gelang, in reifen Früchten nämlich, die Wandungen als geschlossen gelten lassen mußte.

Das Wachsthum der Pflanzentheile wird nach Wolff durch Ausdehnung der schon vorhandenen Zellen und Gefäße sowie durch Entstehung neuer zwischen den schon vorhandenen bewirkt; die Einschlebung neuer Elemente geschieht in derselben Weise, wie die Bildung jener Vacuolen in der galertartigen Grundsubstanz der jüngsten Organe. In der soliden Zwischensubstanz zwischen den Gängen und Höhlen des Gewebes scheidet sich nämlich der sie durchtränkende Nahrungsaft in Form von heranwachsenden Tröpfchen aus, die nun ihrerseits als zwischen die vorigen eingeschaltete Zellen und Gefäße sich darstellen. Die Anfangs weiche und dehnsame Substanz zwischen den Gängen und Höhlen wird mit zunehmendem Alter fester und härter und zugleich kann sich aus dem in den Zellhöhlen stagnirenden, in den Gefäßgängen fließenden Saft eine erhärtende Substanz ablagern, welche nun in manchen Fällen als eigene Haut derselben erscheint.

Das ist im Wesentlichen die Theorie Wolff's. Mit Uebergang seiner Angaben über die erste Entstehung der Blätter am Vegetationspunct und über die Entwicklung der Blüthentheile, sowie seiner physiologischen Ansichten über die Ernährung und Sexualität, welche zunächst auf die geschichtliche Entwicklung der darauf bezüglichen Lehren noch lange ohne Einfluß blieben, will ich hier nur noch seine Meinung über das Dickenwachsthum des Stammes anführen. Dieser sei ursprünglich die Fortsetzung aller unter sich verbundenen Blattstiele. Soviele Blätter aus der Oberfläche der Vegetationsaxe hervorbrechen, ebenso viele Bündel von Gefäßen finde man im herangewachsenen Stamm; jedes Blatt habe in diesem einen einzelnen ihm gehörigen Gefäßstrang (also das, was wir jetzt eine innere Blutspur nennen). Alle diese den verschiedenen Blättern angehörigen Stränge zusammen, bilden die Rinde des Stammes; sind die Blätter aber sehr zahlreich, so bilden ihre hinablaufenden Bündel einen geschlossenen Cylinder und wenn der Stamm perennirt, so werden in Folge der jährlichen Neuproduction von Blättern auch jährlich neue derartige Holzonen, also die Jahresringe gebildet. Es ist nicht zu übersehen, daß diese Ansicht Wolff's vom Dickenwachsthum der

Stämme eine unverkennbare Aehnlichkeit mit der später von Du Petit-Thouars aufgestellten Theorie darbietet, nach welcher die von den Knospen abwärts steigenden Wurzeln die Dickenzunahme des Stammes bewirken sollten.

Wir kommen später bei den Streitigkeiten zwischen Mirbel und seinen deutschen Gegnern am Anfang unseres Jahrhunderts auf die wichtigeren Punkte von Wolff's Zellentheorie zurück. Mehr Beachtung als Wolff's theoria generationis fanden bei den zeitgenössischen Botanikern Hedwigs ¹⁾ phytotomische Ansichten, die sich nicht mit der Entstehung, sondern mit der Struktur des fertig ausgebildeten Zellenbaues befassen. Hedwig hatte schon in seinem *Fundamentum historiae muscorum* 1782, dann in der *Theoria generationis* 1784 verschiedene Abbildungen und Beschreibungen phytotomischer Dinge gegeben; Ausführlicheres darüber enthält aber seine 1789 herausgegebene Schrift *de fibrae vegetabilis et animalis ortu*, welche mir unzugänglich geblieben und nur durch Citate späterer Schriftsteller einigermaßen bekannt geworden ist. Die mir bekannten Abbildungen Hedwig's sind, soweit sie histologische Objekte betreffen, besser als die aller seiner Vorgänger; sie zeigen, daß er nicht nur starke Vergrößerungen, sondern auch ein Mikroskop mit klarem Gesichtsfeld benutzte. Bei ihm lag der Fehler in vorgefaßten Meinungen, in übereilter Deutung des Gesehenen. Er hatte, um Gleichen's Ansicht betreffs der Spaltöffnungen der Farnkräuter zu widerlegen, die-

¹⁾ Johannes Hedwig, der Begründer der wissenschaftlichen Mooskunde, wurde 1730 zu Kronstadt in Siebenbürgen geboren. Nach Beendigung seiner Studien in Leipzig kehrte er in seine Vaterstadt zurück, wo er jedoch, weil nicht in Oesterreich promovirt, zur ärztlichen Praxis nicht zugelassen wurde. Er kehrte daher nach Sachsen zurück und ließ sich als Arzt in Chemnitz nieder, von wo er 1781 nach Leipzig übersiedelte; hier wurde er 1784 am Militärspital angestellt, 1786 wurde er außerordentlicher Professor der Medizin, 1789 aber Ordinarius der Botanik. Er starb 1799. — Seine botanischen Studien, die er bereits als Student angefangen, setzte er auch unter schwierigen Verhältnissen in Chemnitz fort, bis er sich ihnen als Professor frei widmen konnte.

selben Organe auch bei zahlreichen phanerogamischen Pflanzen nachgewiesen, dabei die Oeffnung der Spalte erkannt und sie spiracula genannt. Auf der zum Zweck dieser Beobachtungen abgezogenen Epidermis sah er deutlich die doppelt contourirten Abgränzungen der Epidermiszellen, also diejenigen Zellwände, welche auf der Oberfläche senkrecht stehen. Diese hielt nun Hedwig für eine besondere Form von Gefäßen, die er als vasa reducentia oder lymphatica, später sogar vasa exhalantia bezeichnete und zugleich im Inneren des parenchymatischen Gewebes wieder zu finden glaubte, indem er offenbar die Stellen, wo je drei Wandflächen zusammenstoßen, für Gefäße hielt, mit denen er noch dazu die von dem älteren Moldenhawer (1779) beschriebenen Milchzellen von *Asclepias* verwechselte; jener scheint aber selbst schon die Interzellularräume im Mark der Rose für gleichbedeutend mit diesen Milchzellen gehalten zu haben. Mit dem Ausdruck Gefäß verband man eben im 18. Jahrhundert eine ganz in's Unbestimmte verschwimmende Vorstellung, welche ebensowohl die weiten Luströhren des Holzes, wie die feinsten Fäserchen für Gefäße gelten ließ. Hedwig's Vorstellung vom Bau der Spiralgefäße war sonderbar genug. Für ihn war das Spiralband selbst als solches das Spiralgefäß; dabei hielt er jenes für hohl, weil es sich durch Aufnahme farbiger Flüssigkeiten färbt; bei den Spiralgefäßen mit entfernten Windungen des Schraubenbandes sah er zwar die zwischen den Windungen liegende, feine ursprüngliche Haut, er nahm jedoch an, daß diese innerhalb des Spiralbands liege, von demselben also äußerlich umwunden werde. Auf Tafel II des ersten Theils der *Historia muscorum* bildet er sogar das Leistennetz ab, welches die benachbarten Zellen an der Wand des Spiralgefäßes zurückgelassen haben, erklärt dasselbe jedoch für durch Austrocknung entstandene Falten.

Hedwig war ohne Zweifel ein sehr geübter Mikroskopiker und er empfahl überall die äußerste Behutsamkeit bei der Deutung der mikroskopischen Bilder. Wenn aber ein Beobachter von solcher Sorgfalt und Übung, wie er, der noch dazu mit einem

ziemlich stark vergrößernden Mikroskop versehen war, in so grobe Irrthümer verfiel, so kann es nicht überraschen, wenn Andere wie P. Schrank, Medicus, Brunn, Senebier noch weniger zu Tage förderten.

Mit diesen höchst unbedeutenden Leistungen schließt das 18. Jahrhundert.

Drittes Capitel.

Untersuchung des fertigen Zellhautgerüsts der Pflanzen.

1800 — 1840.

Eine scharfe Grenze zwischen dem vorigen und diesem Zeitraum findet sich nicht; die Beobachtungen der jetzt auftretenden Phytotomen sind anfangs kaum besser als die Hedwig's und Wolff's; sorgfältige Kritik des Selbstgesehenen und der Literatur sind in den ersten Jahren noch vielfach zu vermissen und vorgefaßte Meinungen verdarben den Beobachtern oft das Urtheil über das Gesehene.

In Einer Beziehung aber tritt mit dem Beginn des neuen Jahrhunderts plötzlich eine auffallende Besserung ein; die Zahl der gleichzeitig arbeitenden, einander kontrolirenden und kritisirenden Phytotomen ist plötzlich eine größere geworden. Im vorigen Jahrhundert lag zwischen je zwei phytotomischen Arbeiten ein Decennium oder gar eine Reihe von solchen: mit dem Beginn des 19. Jahrhunderts dagegen treten verschiedene Phytotomen gleichzeitig auf. Im Lauf der ersten zwölf Jahre sehen wir fast ein Duzend phytotomischer Werke auf einander folgen, ein wissenschaftlicher Wettstreit belebt die Forschung. Zum ersten Mal ist es ein Franzose, dem wir auf dem Felde der Phytotomie begegnen, Brisseau Mirbel, der 1802 mit seinem *Traité d'anatomie et de physiologie végétale* hervortritt und eine Reihe von phytotomischen Fragen eröffnet, an deren Bearbeitung und Widerlegung sich unmittelbar darauf mehrere deutsche Botaniker betheiligen: Kurt Sprengel 1802, Bernhardi 1805, Treviranus 1806, Link und Rudolphi 1807. Auch

darin lag ein Fortschritt, der die ganze Pflanzenkunde betraf, daß abgesehen von Rudolphi, alle diese Männer, ebenso wie vorher Hedwig, Botaniker von Fach waren; die Ueberzeugung brach sich endlich Bahn, daß neben der Pflanzenbeschreibung nach dem Linné'schen Schematismus doch auch die Untersuchung der innern Struktur mit in das Bereich der botanischen Forschung gehöre; und nicht zu verkennen ist andererseits, daß die botanischen Kenntnisse dieser Männer ihren phytotomischen Forschungen vielfach Vorschub leisteten, ihrer Arbeit sofort eine bestimmtere Richtung auf das wirklich Wissenswerthe und auf das zunächst anzustrebende Ziel gaben. In noch höheren Grade, als von den eben Genannten, gilt dies von dem jüngeren Moldenhawer, der durch seine 1812 herausgegebenen Beiträge den ersten Abschnitt dieses Zeitraums gewissermaßen zu einem vorläufigen Abschluß brachte, indem er die Beobachtungsmethoden vervollkommnete, eine kritisch vergleichende Behandlung des Selbstgesehenen und der Literatur mit großer Schärfe durchführte, überhaupt mit den Mikroskopen jener Zeit Alles leistete, was irgend erwartet werden darf.

Auf Moldenhawer folgt nun aber ein für uns leerer Zeitraum von ungefähr 16 Jahren (1812—1828), in welchem Nichts von erheblicher Bedeutung auf dem anatomischen Gebiet geleistet wurde. Dagegen fällt in diesen Zeitraum eine Reihe der wichtigsten Verbesserungen, welche das zusammengesetzte Mikroskop seit seiner Erfindung erfahren hat.

Schon 1784 hatte Lepinus Objektivlinsen aus Flint- und Kronglas hergestellt, schon 1807 van Deyl¹⁾ solche mit zwei achromatischen Linsen konstruirt, was jedoch nicht ausschloß, daß die Phytotomen auch später noch über den Zustand des Instruments Klage führten; ihre Abbildungen zeigen, wie wenig klar sie mit ihren Instrumenten zu sehen vermochten und doch waren die Vergrößerungen unbedeutend; Link sagt ausdrücklich in der Vorrede zu seiner Preisschrift 1807, daß er gewöhnlich

¹⁾ Vergl. P. Harting „das Mikroskop“ S 433 und 434.

mit einer 180maligen Vergrößerung beobachte und Moldenhawer schreibt 1812 unter allen von ihm benutzten Mikroskopen einem von Bright, welches sogar bei 400maliger Vergrößerung noch brauchbar sei, den Vorzug vor allen übrigen zu, während die deutschen Instrumente, zumal die Weickert'schen schon bei 170—300maliger Vergrößerung unbrauchbar seien.

Es verging jedes Mal einige Zeit zwischen der Verbesserung des Mikroskops und dem Hervortreten der Vortheile, welche die Phytotomie davon zog; so zeigte schon 1824 Selligue der Pariser Akademie ein vortreffliches Mikroskop mit Doppellinsen; deren mehrere über einander geschraubt werden konnten und welches mit gewöhnlichem Tageslicht noch bei 500 maliger Vergrößerung brauchbar war; so konstruirte schon 1827 Amici die ersten achromatischen und aplanatischen Objektive mit drei übereinander geschraubten Doppellinsen, deren flache Seite dem Objekt zugekehrt war. Und doch äußerte sich noch 1836 ein so geübter Phytotom wie Meyen abfällig über die Instrumente seiner Zeit und auch er gab einem alten englischen Mikroskop von James Man den Vorzug; doch räumte er ein, daß die neuesten Ploessl'schen Instrumente noch etwas besser seien. In seiner 1830 erschienenen Phytotomie sagt Meyen, alle Bilder derselben seien nach 220maliger Vergrößerung gemacht, dasselbe gilt noch von den sehr schönen Bildern in seiner 1836 erschienenen Teyler'schen Preisschrift; im „Neuen System“ von 1837 dagegen benutzte Meyen bereits Vergrößerungen bis über 500. Wie rasch der Fortschritt in den Jahren vor und nach 1830 war, zeigt die Vergleichung von Mohl's Werk über die Schlingpflanzen 1827, wo die Bilder noch ganz alterthümlich aussehen, mit seinen 1831 und 1833 erschienenen Arbeiten, deren Bilder einen ganz modernen Eindruck machen.

Mit der Bervollkommnung der Mikroskope nahm auch die Kunst des Präparirens der anatomischen Objekte nach und nach einen höheren Aufschwung. Im Anfang des Jahrhunderts war diese Kunst, wie man aus den Aeußerungen der Schriftsteller und ihren Abbildungen schließen darf, noch sehr wenig ausgebildet. Es konnte

schon als ein großer Fortschritt gelten, daß der jüngere Moldenhawer 1812 die Zellen durch Maceration in Wasser (durch Fäulniß) isolirte und so das Mittel gewann, Zellen und Gefäße allseitig und in unverletztem Zustand zu betrachten, sie in ihrer wahren Gestalt zu sehen, und aus dieser zugleich die Art ihrer Zusammenlagerung genauer als bisher zu übersehen. Doch selbst Moldenhawer machte sich noch nicht ganz frei von dem Fehler, zarte, mikroskopische Objekte in trockenem Zustand zur Beobachtung zu verwenden, obgleich schon Rudolphi und Linné 1807 darauf gedrungen hatten, daß man die Präparate allseitig feucht erhalte, zumal auch auf ihrer dem Objektiv zugekehrten Oberfläche, woraus zugleich ersichtlich ist, daß man sich damals des Deckglases noch nicht bediente. Die Benutzung sehr scharfer Messer von geeigneter Form, als welche man gegenwärtig fast ausschließlich das Rasirmesser betrachtet, und die Herstellung möglichst feiner, glatter Quer- und Längsschnitte, wurde jedenfalls noch nicht mit der Aufmerksamkeit und Übung behandelt, welche später Meyen und Mohl als unentbehrliche Hülfsmittel der Phytotomie zur Geltung brachten; selbst zu ihrer Zeit half man sich gerne noch mit dem Zerfasern und Zerquetschen der Präparate.

Mit der zunehmenden Übung in der Präparation und der Bervollkommnung der Mikroskope hielt im Ganzen auch die Herstellung mikroskopischer Zeichnungen gleichen Schritt. Vergleicht man die Bilder vom Anfange des Jahrhunderts bei Mirbel und Kurt Sprengel, bei Linné und Treviranus (1807), ferner bei Moldenhawer (1812), Meyen, Mohl (1827 bis 1840), so gewinnt man einen ebenso lehrreichen als raschen Ueberblick über die Geschichte der Phytotomie in diesem Zeitraum von vierzig Jahren. Die Bilder zeigen uns nicht nur die fortschreitende Zunahme der Vergrößerung und Deutlichkeit der Gesichtsfelder, sondern noch mehr die fortschreitende Sorgfalt in der Präparation und in der Betrachtung der Objekte. Doch schlich sich vielfach in jener Zeit eine sonderbare Verirrung bei den Phytotomen ein: man glaubte

richtigere und zuverlässigere Abbildungen zu gewinnen, wenn nicht der Beobachter und Schriftsteller selbst sie herstellte, sondern wenn er dazu fremde Augen und Hände benutzte, indem man sich dabei dem ganz unbegründeten Vorurtheil hingab, daß auf diese Weise jede Art von Vorurtheil und vorgefaßter Meinung bei der Herstellung der Bilder ausgeschlossen werde. So ließ nicht nur *Mirbel*, sondern auch *Moldenhawer* seine phytotomischen Bilder von einer Frau zeichnen, und auch später noch überließen manche Phytotomen die Herstellung ihrer Zeichnungen wie es früher *Leeuwenhoek* gethan hatte, angestellten Zeichnern. Eine mikroskopische Zeichnung, wie überhaupt jede naturwissenschaftliche Abbildung, kann aber gar nicht den Anspruch erheben, das Objekt selbst zu ersetzen, vielmehr soll sie mit aller Deutlichkeit genau das wiedergeben, was der Beobachter wahrgenommen hat und insoferne die Beschreibung in Worten unterstützen. Die Zeichnung wird um so vollkommener sein, je geübter das beobachtende Auge und der die Formen zurecht legendende Verstand ist. Die Abbildung soll dem Leser Nichts anderes zeigen, als was durch den Geist des Beobachters hindurchgegangen ist, denn nur so dient sie zur gegenseitigen Verständigung; die Sache aber hat auch noch eine andere Bedeutung; gerade während des Zeichnens eines mikroskopischen Objektes ist das Auge genöthigt, auf den einzelnen Linien und Punkten zu verweilen, ihren wahren Zusammenhang nach allen Dimensionen des Raumes aufzufassen; es werden dabei sehr häufig erst Verhältnisse wahrgenommen, welche vorher selbst bei sorgfältiger Beobachtung unbeachtet blieben, für die zu untersuchende Frage jedoch entscheidend sein oder sogar neue Fragen eröffnen können. So wie das Auge erst durch das Mikroskop zu wissenschaftlichem Sehen dressirt wird, so wird erst durch sorgfältiges Zeichnen der Objekte das geschulte Auge zu einem wachsamem Rathgeber des forschenden Verstandes; dieser letzte Vortheil aber geht dem, der seine Zeichnungen von fremder Hand herstellen läßt, durchaus verloren. Es gehört nicht zu den kleinsten Verdiensten *Mohl's*, daß er zuerst das mikroskopische Zeichnen ganz in dem hier angedeuteten Sinne betrieb, in seinen

Zeichnungen nicht unverdaute Copieen der Objecte, sondern vielmehr seine eigenen Ansichten von den Objecten ausdrücken wollte.

Nach dem bisher Gesagten leuchtet bereits ein, daß zwischen dem Anfang und dem Ende des hier betrachteten Zeitraums ein wichtiges Stück der Geschichte der Phytotomie liegt. Der Abstand zwischen dem, was am Anfang des Jahrhunderts über die Struktur des vegetabilischen Zellenbaues bekannt war und dem, was Meyen und Mohl um 1840 wußten, ist außerordentlich groß; dort ganz unsicheres Heruntappen in unklaren Vorstellungen, hier bereits eine vollständige Orientirung in der inneren Architektur der fertigen Pflanze. Trotz dieses großen Abstandes zwischen Anfang und Ende empfiehlt es sich doch, die Bestrebungen dieses Zeitraums von vierzig Jahren als einen in sich zusammenhängenden historischen Entwicklungsprozeß zu betrachten und trotz der Unterbrechung, welche zwischen dem Erscheinen von Moldenhawer's Beiträgen um 1812 und den Arbeiten Meyen's und Mohl's um 1840 liegt, die Arbeiten dieser letzteren als den Abschluß der am Anfang des Jahrhunderts aufgenommenen Fragen zu betrachten. Und zwar um so mehr, als mit dem Beginn der vierziger Jahre, mit dem Auftreten Schleiden's und Naegeli's, plötzlich ganz neue Gesichtspuncte zur Geltung kamen, ganz andere Ziele der phytotomischen Forschung hingestellt wurden; an dieser Auffassung hindert es nicht, daß der reichhaltigste Theil von Mohl's Thätigkeit erst in die nächsten zwanzig Jahre fällt, denn in dieser späteren Zeit geht Mohl's Bedeutung nur noch als gleichberechtigt und theilnehmend an der neuen Richtung her; bis zur Mitte der vierziger Jahre dagegen gipfelte die ganze frühere Phytotomie in Mohl's Leistungen; was Mirbel, Link, Treviranus, Moldenhawer früher angeregt hatten, fand seinen Abschluß in Mohl's Arbeiten bis 1840. Vor Allem handelte es sich während dieses ganzen Zeitraums fast ausschließlich darum, ein möglichst naturgetreues Schema von der inneren Struktur der fertigen Pflanzenorgane zu gewinnen; es kam darauf an, die verschiedenen Zellen und

Gewebeformen in ihrer Verschiedenheit richtig aufzufassen und zu klassificiren, sie mit Namen zu belegen, für diese Namen wohldefinierte Begriffe zu gewinnen. Dabei kam fast ausschließlich nur die Configuration des festen Zellhautgerüsts, und zwar vorwiegend im fertigen Zustand desselben in Betracht: die Form der einzelnen Elementarorgane, ihre Zusammenlagerung, die Skulptur der Wandflächen, die Verbindung der Zellräume durch Poren oder ihre Trennung durch geschlossene Wände. Soviel man auch, zumal Anfangs, über den Inhalt der Gefäße und Zellen sprach, wie sehr man sich auch zum Zweck der anatomischen Erörterung mit hypothetischen Bewegungen des Nahrungsaftes befaßte, kam es doch in diesem Zeitraum noch nicht zu einer sorgfältigen, zusammenhängenden Untersuchung des Zellinhaltes; es wurde noch nicht erkannt, daß der wahre lebendige Leib der Pflanzenzelle nur ein bestimmter Theil des von der Zellwand umschlossenen Inhaltes ist; als das Primäre und Wichtige im Zellenbau der Pflanze galten damals die festen Wandungen, das Gerüste des ganzen Aufbaues; erst in dem folgenden Zeitraum trat mit der entwicklungsgeschichtlichen Auffassung auch die Ansicht in den Vordergrund, daß das feste Zellhautgerüst des Pflanzengewebes bei aller Wichtigkeit, die demselben zukommt, doch im genetischen Sinne nur ein sekundäres Produkt der vegetativen Lebenserscheinungen ist, daß der eigentliche Zellenleib der Protoplasmakörper der Zelle, eine ursprünglichere, zeitlich und begrifflich hervorragendere Bedeutung, dem festen Zellhautgerüst gegenüber, in Anspruch nehmen dürfe.

Mirbel, auf den wir noch zurückkommen, hatte 1801 eine auf Caspar Friedrich Wolff gestützte Theorie des Zellenbaues der Pflanzen aufgestellt, dem entsprechend die Einfachheit der Scheidewände zwischen je zwei benachbarten Zellräumen angenommen und auf neue Beobachtungen gestützt, die Existenz sichtbarer Poren in den Scheidewänden des Parenchym's und der Gefäße behauptet, auch neue Ansichten über die Natur und

Entstehung der Gefäße vertheidigt. In Deutschland war es nun Kurt Sprengel, der bekannte Geschichtsschreiber der Botanik und einer der vielseitigsten und gelehrtesten Botaniker seiner Zeit, der schon in seiner 1802 herausgegebenen „Anleitung zur Kenntniß der Gewächse“, die in einem sehr weitschweifigen Briefstyl geschrieben ist, den wesentlichsten Punkten entgegentrat. Er stützte sich dabei auf eigene Beobachtungen, die aber offenbar bei geringer Vergrößerung mit unklarem Gesichtsfeld an schlechten Präparaten gemacht waren. Das Zellgewebe, sagte Sprengel, bestehe aus Höhlen von sehr verschiedener Gestalt, die aber unter einander communiciren, indem einige Scheidewände durchbrochen sind, andere gänzlich fehlen. In den Samenlappen der Bohne und sonst, sah er die Stärkekörner, die er jedoch für Bläschen hielt, welche durch Wasseraufnahme heranwachsen und so neues Zellgewebe bilden, wobei er jedoch die Antwort auf die Frage schuldig blieb, wie nun das Wachsthum der Organe bei einer derartigen Zellbildung zu denken sei. Höchst unklar war seine Vorstellung von den Gefäßen, unklarer sogar als bei Hedwig, obgleich er sich das Verdienst erwarb, dessen wunderliche Theorie von den rückführenden Gefäßen in der Epidermis zu widerlegen; auch hatte er den guten Gedanken, freilich nur nebenbei, geäußert, daß die Schraubengänge und wohl die Gefäße überhaupt aus Zellgewebe entstehen könnten, da anfangs die jüngsten Pflanzentheile überhaupt nur aus solchem bestehen. Ueber das Wie und Wo des Vorganges sprach er sich jedoch nicht aus. Wie bei Malpighi und Grew hatten auch bei ihm die Spiralgefäße keine eigene Wand, welche er vielmehr aus der dicht zusammengerollten Spiralfaser bestehen ließ; die Einschnürungen der weiten kurzgliederigen Gefäße hielt er für Contractionen derselben, welche durch „lebhaftes Zusammenziehung“ der Spiralfaser, durch eine Art peristaltischer Bewegung entstehen; ein in den ersten Jahrzehnten des Jahrhunderts vielfach gehegter Irrthum, der sich gern mit der damaligen Vorstellung von der Lebenskraft verband, unter andern auch von Goethe getheilt wurde. — Wie Grew, Gleichen, Hedwig sah auch Sprengel an den Spaltöffnungen,

die er mit dem jetzt noch gangbaren Namen belegte, statt der beiden Schließzellen einen ringförmigen Wulst; wir finden aber hier schon die wohl von Comparetti zuerst gemachte Beobachtung mitgetheilt, daß sich die Spalte abwechselnd schließt und öffnet, am Morgen soll sie weit geöffnet, am Abend geschlossen sein. Sprengel schrieb diesen Organen aber eine einsaugende Thätigkeit zu.

Gegen Mirbel erhob Sprengel bei Gelegenheit seiner Zellbildungstheorie den Vorwurf, er habe die in den Zellen liegenden Stärkekörnchen für die Poren der Zellwände gehalten. In diesem für die Zellenlehre und Physiologie so wichtigen Punkte folgten ihm später die drei Bewerber um den Göttinger Preis, obgleich schon 1805 Bernhardi Mirbel's Lehre von den Poren in Schutz genommen und darauf hingewiesen hatte, wie wenig man glauben könne, daß ein so gewandter Beobachter wie Mirbel einen so groben Irrthum begangen haben sollte. Ueberhaupt zeichnete sich die kleine Schrift Bernhardi's „Beobachtungen über Pflanzengefäße“ (Erfurt 1805)¹⁾ nicht nur durch verschiedene neue und richtige Wahrnehmungen aus, sondern noch mehr durch einen einfachen geraden Verstand, der die Dinge nimmt, wie sie sich dem Auge darbieten, ohne sich durch vorgefaßte Meinungen beirren zu lassen. Bernhardi's Beobachtungen sind unzweifelhaft die besten in dem ganzen Zeitraum von Malpighi und Grew bis auf den jüngeren Moldenhawer; seine Art, die phytotomischen Fragen zu behandeln viel zweckmäßiger, als bei den drei Bewerbern um den Göttinger Preis.

Die genannte Schrift handelt übrigens nicht bloß von den Gefäßen, sondern auch von den übrigen Gewebeformen, welche Bernhardi genauer als bisher zu unterscheiden und zu classificiren sucht. Dabei zeichnet er sich sehr vortheilhaft vor seinen Zeitgenossen dadurch aus, daß er die gebrauchten histologischen Ausdrücke auf möglichst scharf definirte Begriffe anzuwenden

¹⁾ Johann Jakob Bernhardi geb. 1774, gest. 1850 zu Erfurt, war Professor der Botanik daselbst.

sucht, was bei der Verschwommenheit der damaligen phytologischen Begriffe schon ein großer Fortschritt war. Bernhardt unterscheidet drei Hauptformen des Pflanzengewebes: das Mark, den Bast und die Gefäße.

Als Mark bezeichnet er das, was Grew Parenchym genannt hatte und was auch jetzt noch so genannt wird; ob die Markzellen von sichtbaren Poren durchbohrt seien, blieb ihm fraglich. Unter dem Worte Bast begriff er nicht bloß die faserigen Elemente der Rinde, sondern vor Allem auch diejenigen des Holzes, überhaupt das, was wir gegenwärtig prosenchymatische Gewerbsformen nennen; es stimmte das sehr gut mit der auch von ihm, wie von allen seinen Zeitgenossen, getheilten Ansicht Malpighi's, daß bei dem Dickenwachsthum der holzigen Stämme die inneren Lagen des Rindenbastes sich in äußere Holzlagen verwandeln; diesen Ursprung ließ er jedoch nicht gelten für den innersten Theil des Holzkörpers, der sich schon in den jungen Sprossen ausbildet, in welchen allein ächte Spiralgefäße mit abrollbarer Faser zu finden sind.

Die Gefäße unterscheidet Bernhardt in zwei Hauptgruppen, in Luftgefäße und in eigene Gefäße. Die Luftgefäße bezeichnet er aus demselben Grunde wie Grew mit diesem Namen, weil sie wenigstens während eines Theils der Vegetationszeit mit Luft gefüllt sind; sie finden sich im Holz und wo ein geschlossener Holzkörper nicht vorhanden ist, da werden die holzigen Bündel auch nicht allein von Gefäßen gebildet, sondern es sind Baststränge, welche Gefäßröhren einschließen; diese letzteren unterscheidet er nun in drei Hauptformen: die Ringgefäße, welche er selbst erst entdeckt hatte, die eigentlichen Spiralgefäße mit abrollbarem Band und die Treppengefäße, worunter er jedoch nicht bloß solche mit breiten Spalten, wie bei den Farnen, sondern auch die getüpfelten Gefäße des secundären Holzes verstand. Von den Ring- und Spiralgefäßen hatte er eine ganz richtige Vorstellung, zumal wies er auch Hedwig's erwähnte Meinung ab und zeigte, daß das Gegentheil derselben richtig sei, daß nämlich das Spiralband äußerlich von einer Haut umgeben ist,

was übrigens später wieder von Link, Sprengel und Moldenhamer geleugnet wurde. Die Skulpturverhältnisse der Treppengefäße dagegen wurden ihm nicht klar, er hielt die Tüpfel der punctirten Gefäße für Verdickungen der Wand, also für dasselbe, was bei den ächten Treppengefäßen die Querleisten zwischen den Spalten sind, welche letztere er übrigens für geschlossen hielt. War in diesen Ansichten auch noch viel Irrthümliches, so trug doch wesentlich zur Klärung der Ansichten bei, daß Bernhardi überhaupt die verschiedenen Formen der Luftgefäße zu unterscheiden suchte, zumal darauf hinwies, daß sich im secundären Holz weder Spiral- noch Ringgefäße finden. Die Ähnlichkeit der verschiedenen Gefäßformen verführte die Zeitgenossen Bernhardi's vielfach zu der irrigen Ansicht, daß dieselben durch Metamorphose der eigentlichen Spiralgefäße entstehen; er zeigte, daß man wohl innerhalb Einer Gefäßröhre verschiedene Wandformen finde, daß dies jedoch nicht auf einer zeitlichen Verwandlung beruhe; vielmehr lehre die Beobachtung, daß jede Art von Gefäßen schon in der Jugend ihren Charakter besitzt, daß zumal auch die jüngsten Treppengefäße nicht die Form von Spiralgefäßen darbieten.

Unter den Begriff der eigenen Gefäße rechnete er alle röhrenförmigen mit eigenthümlichen Saft erfüllten Gebilde, nicht bloß die Milchzellen und ächten Milchgefäße, sondern auch die Harzgänge und dergl., über deren Vertheilung und Saftgehalt zu verschiedenen Zeiten er vielfach gute, auch jetzt noch werthvolle Beobachtungen machte. Die Unterschiede im Bau dieser verschiedenen saftführenden Röhren konnte er mit den schwachen Vergrößerungen seines Mikroskops noch nicht wahrnehmen, er hielt sich daher vorwiegend an die Struktur der großen Harzgänge, die er im Ganzen richtig erkannte.

Die Frage: ob es außer den genannten Gefäßformen noch andere in der Pflanze gebe, gab ihm Gelegenheit, den Begriff eines Gefäßes als eines ununterbrochenen Rohres oder Canales besser als es bis dahin geschehen war zu definiren, und zugleich sieht er sich genöthigt in diesem Sinn die Frage aufzunehmen,

ob seine Bastfasern auch als Gefäße zu deuten sind, eine Frage, die er jedoch nicht bestimmt beantworten konnte. Dagegen erklärte er sich entschieden gegen Hedwig's rückführende Gefäße in der Epidermis, was auch Sprengel schon gethan hatte, und sehr anerkennenswerth ist, daß Bernhardi die Kanten, wo je drei Längswände des Parenchyms zusammenstoßen, für das erkannte, was sie wirklich sind, während selbst noch spätere Beobachter hier Schwierigkeiten fanden.

Schon vor dem Erscheinen von Bernhardi's Schrift, im Jahre 1804 stellte die k. Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen eine Preisfrage, welche sehr deutlich zeigt, wie unsicher man sich damals noch in allen Punkten der Pflanzenanatomie fühlte; zur Charakteristik des damaligen Zustands der Phytotomie wird es beitragen, wenn hier die Preisfrage in ihrer ganzen Länge angeführt wird; sie findet sich in der Vorrede von Rudolphi's Anatomie der Pflanzen (1807): „Da der eigentliche Gefäßbau der Gewächse von einigen neuen Physiologen geleugnet, von anderen, zumal älteren, angenommen wird: so wären neue mikroskopische Untersuchungen anzustellen, welche entweder die Beobachtungen Mahlpighi's, Grew's, DuRoi's, Hamel's, Mustel's, Hedwig's oder die besondere von dem Thierreich abweichende, einfachere Organisation der Gewächse, die man entweder aus einfachen, eigenthümlichen Fibern und Fasern (Medicus) oder aus zelligen und röhrigen Gewebe (*tissu tubulaire* Mirbel) hat entstehen lassen, bestätigen müßten. — Dabei wären nachfolgende untergeordnete Fragen zu berücksichtigen: a) Wievielerlei Gefäßarten lassen sich von der ersten Entwicklungsperiode derselben mit Gewißheit annehmen? und wenn diese wirklich existiren. b) Sind jene gewundenen Fasern, welche man Spiralgefäße (*vasa spiralia*) nennt, selbst hohl, und bilden sie also Gefäße, oder dienen sie durch ihre Windungen zur Bildung eigener Kapseln? und wie c) bewegen sich in diesen Kapseln die tropfbaren Flüssigkeiten sowohl als Luftarten? d) Entstehen durch Verwachsung dieser gewundenen Fasern die Treppengänge (Sprengel) oder umgekehrt diese

aus jenen (Mirbel)? Entstehen von den Treppengängen Splint (Alburnum, Aubier) und Holzfasern, oder diese aus ursprünglich eigenthümlichen Gefäßen oder dem röhrigen Gewebe.“

Man sieht es dieser Preisfrage, wie mancher anderen, deutlich genug an, daß sie von Personen aufgestellt wurde, welche von der Sache wenig verstanden und nicht einmal die bereits vorliegende Literatur kritisch zu würdigen wußten, wie hätte man sonst die Aeußerungen eines *Mustel* und *Medicus* denen eines *Malpighi* und *Grew* entgegenstellen können. Hätte *Bernhardi* oder *Mirbel* die Preisfrage gestellt, sie wäre sicherlich besser gefaßt. Dem entsprach es denn auch, daß die drei eingelaufenen Preisschriften, in der Behandlung weniger gut als die erwähnte Arbeit *Bernhardi's*, obgleich sie einander in den wesentlichsten Punkten widersprachen, doch sämmtlich acceptirt wurden; noch mehr, daß die von *Treviranus* nur das *Accessit* erhielt, obgleich sie entschieden besser war, als die beiden anderen, besonders aber besser als die von *Rudolphi*. Das Beste an der ganzen Preisfrage war, daß sie Leben in die damalige Phytotomie brachte, und zumal *Mirbel* veranlaßte, die drei Preisschriften, besonders die von *Treviranus*, welche *Mirbel* mit dem Scharfblick des Fachmanns sofort als die beste erkannte, einer scharfen Kritik zu unterziehen. Die Preisschrift von *Link* erschien 1807 unter dem Titel: „Grundlehren der Anatomie und Physiologie der Pflanzen“, die von *Rudolphi* als „Anatomie der Pflanzen“, ebenfalls 1807, jede derselben bildet einen stattlichen Oktavband. Die Schrift von *L. C. Treviranus* kam schon 1806 mit dem Titel „Vom inwendigen Bau der Gewächse“ heraus.

Vergleichen wir zunächst die beiden gekrönten Schriften von *Link* und von *Rudolphi*¹⁾, die sich geradezu wie Lehrbücher der gesammten Phytotomie und Physiologie der Pflanzen ausnahmen, so vermiffen wir in beiden vor Allem eine klare Aus-

¹⁾ *Karl Asmus Rudolphi* geb. zu Stockholm 1771, Professor der Anatomie und Physiologie zu Berlin, starb daselbst 1832.

einandersetzung über die mit den gebrauchten Worten verbundenen Begriffe; der Gedankengang bleibt daher vielfach unklar und schwankend. Trotzdem ist leicht zu erkennen, daß beide einander in allen wesentlichen Punkten widersprechen, wobei jedoch gewöhnlich Linn¹⁾ das Richtige oder wenigstens das Richtigere trifft. So leugnet z. B. Rudolphi überhaupt die vegetabilische Natur der Pilze und Flechten, indem er zwischen ihren Hyphen und dem pflanzlichen Zellgewebe durchaus keine Ähnlichkeit findet (jene Pflanzen läßt er durch Urzeugung entstehen); sogar betreffs der Conserven sagt er, das Mikroskop habe ihm Nichts gezeigt, was mit dem Pflanzenbau übereinstimme; offenbar ein Zeichen schlechter Beobachtung oder aber der Unfähigkeit, das Gesehene zu begreifen. Linn dagegen nimmt alle Thallophyten für Pflanzen, erkennt, daß die Flechten- und Pilzfäden aus Zellen bestehen und daß wenigstens bei manchen Algen Zellen vorkommen. — Rudolphi lobt gleichzeitig Wolff's und Sprengel's Ansicht vom Zellgewebe, obgleich beide einander

¹⁾ Heinrich Friedrich Linn, 1767 zu Hilbesheim geboren, studierte in Göttingen, wo er 1788 Doctor der Medicin wurde; 1792 ward er als Professor der Zoologie, Botanik und Chemie nach Rostock, 1811 auf den Lehrstuhl der Botanik nach Breslau, 1815 nach Berlin berufen, wo er 1851 starb. — Linn war ein sehr vielseitig gebildeter, geistreicher Mann, der es jedoch bei der Untersuchung im Einzelnen nicht allzu genau nahm und sich mehr als anregender Lehrer und Verfasser populärer, philosophisch-naturwissenschaftlicher Werke u. dgl. in weiteren Kreisen Geltung erwarb. Er war einer der wenigen Botaniker Deutschlands, die in den ersten Jahrzehnten unseres Jahrhunderts eine allseitige Pflanzenkenntnis anstrebten, mit soliden systematischen Forschungen auch phytotomische und physiologische zu verbinden wußten. Unter der sehr großen Zahl seiner Schriften, welche alle Disciplinen der Botanik, aber auch Zoologie, Physik, Chemie und Anderes behandeln, dürfte seine Göttinger Preisschrift doch die für den Fortschritt der Wissenschaft wichtigste gewesen sein; seine spätere schriftstellerische Thätigkeit war, wie Martius treffend sagt, weniger von universell treibender Bedeutung, als vielmehr nachforschend, berichtend, berichtigend, bezweifelnd, belehrend und anregend. Eine, wohl etwas übertreibende Schilderung seiner wissenschaftlichen Bedeutung giebt v. Martius: „Denkrede auf H. F. Linn“ (Gelehrte Anzeigen München 1851 Nr. 58 bis 69.)

direct widersprechen und obgleich er Sprengel's sonderbare Zellbildungstheorie unverändert aufnimmt. Linn dagegen erklärt sich aus guten Gründen gegen Sprengel's Theorie, indem er nachweist, daß dessen für junge Zellen gehaltene Bläschen Stärkekörner sind; freilich läßt er dagegen die neuen Zellen zwischen den älteren entstehen. — Rudolphi meint, die Zellen münden oft in einander, wie der Uebergang gefärbter Flüssigkeiten deutlich beweise; Linn behauptet, die Zellen seien geschlossen und beweist diese Behauptung treffend durch das Vorkommen von Zellen mit farbigem Saft mitten im farblosen Gewebe. — Rudolphi läßt die Spalte der Spaltöffnungen von einer runden Umfassung umgeben sein, die er ohne vieles Bedenken für einen Schließmuskel hält, da sich die Spalten erweitern und verengern. Viel besser hält Linn die Umgebung der Spalte für eine Zelle oder für eine Gruppe von Zellen. — Rudolphi kennt als Luftwege in den Pflanzen nur die großen Höhlen in hohlen Stengeln und im Gewebe der Wasserpflanzen; Linn erklärt dieselben für Lücken, welche durch verschiedenes Wachsthum der Gewebezellen entstehen. — Bei Rudolphi bezeichnet das Wort Gefäß nicht nur die Gefäßformen des Holzes, sondern auch die Milchgefäße und Harzgänge und auf die Milchgefäße trägt er sogar die Malpighische Ansicht vom Bau der Spiralgefäße über. Linn bezeichnet nur die im Holz liegenden Röhren als Gefäße, indem er die verschiedensten Formen derselben als Spiralgefäße auffaßt; die Milchgefäße, Harzgänge u. dgl. schließt er vom Begriff der Gefäße aus und zwar inconsequenter Weise, da er mit Rudolphi annimmt, der Begriff des Gefäßes liege darin, daß es wie bei den Thieren ein Nahrungsast führender Canal sei.

Bei so vielen Widersprüchen der beiden Preisschriften stimmen diese jedoch darin überein, daß sie die alte Malpighi'sche Ansicht vom Dickenwachsthum der Stämme annehmen, wonach die neuen Holzlagen aus den inneren Bastischen entstehen, indem gleichzeitig zwischen den Bastzellen, die auch hier mit den Holzfasern für identisch gehalten werden, neue Spiralgefäße ent-

stehen und zwar, wie Link ausdrücklich sagt, aus Säften, welche sich zwischen die Bastzellen ergießen.

Es ist schwer begreiflich, wie zwei Abhandlungen, welche einander in der angegebenen Weise widersprachen, gleichzeitig mit dem Preis gekrönt werden konnten, noch schwerer begreiflich aber wie man den großen Unterschied zwischen der verständigen und wohlgeordneten Darstellung Link's und der ganz kritiklosen, überall mehr auf alte Autoritäten als auf eigene Beobachtung sich stützenden Darstellung Rudolphi's übersehen konnte. Unzweifelhaft ist übrigens, daß auch die viel bessere Arbeit Link's der Schrift Bernhardi's nachsteht, wenn man nicht etwa die größere Ausführlichkeit der ersteren, die Häufung der Beobachtungen und die Belesenheit Link's für einen wesentlichen Vorzug halten will. Die Abbildungen, sowohl bei Link, wie bei Rudolphi, sind weniger gut als die Bernhardi's.

Die von den Göttinger Preisrichtern mit dem Accessit bedachte Schrift von L. C. Treviranus¹⁾ steht an Umfang hinter den beiden andern weit zurück, die Form der Darstellung

¹⁾ Ludolf Christian Treviranus geb. zu Bremen 1779 wurde 1801 Doctor der Medicin in Jena; nach Bremen zurückgekehrt, widmete er sich der ärztlichen Praxis; 1807 wurde er am Lyceum daselbst Lehrer; 1812 folgte er einem Rufe an die von Link in Rostock verlassene Professur, auch in Breslau wurde er dessen Nachfolger; als 1830 C. G. Nees von Esenbeck seine Stellung in Bonn aufgab, entschloß sich Treviranus ihm seine Stellung in Breslau abzutreten und die Professur in Bonn zu übernehmen, wo er 1864 starb. — Seine Thätigkeit war anfangs vorwiegend der Phytotomie und Physiologie der Pflanzen, später mehr der Bestimmung und Berichtigung der Spezies gewidmet. Für die Geschichte der Botanik sind vorwiegend seine ersten Schriften, die im Text erwähnten, so wie seine zwischen 1815 und 1828 erschienenen Abhandlungen über Sexualität und Embryologie der Phanerogamen von Bedeutung. Seine zweibändige Physiologie der Gewächse 1835—1838 ist ihrer genauen Literaturangaben wegen auch jetzt noch von Werth, zum Fortschritt der Physiologie selbst hat sie jedoch kaum beigetragen, da Treviranus darin noch ganz die älteren Anschauungen, zumal auch die von der Lebenskraft vertritt, während in diesen Jahren bereits neue Begriffe sich Bahn brachen. Einige Notizen über sein Leben vgl. botan. Zeitg. 1864 pag. 176.

ist viel weniger gewandt als bei Link, sogar recht unbeholfen. Aber schon die viel besseren Abbildungen zeigen, daß Treviranus genauer als beide Mitbewerber beobachtet hatte und was der kleinen Schrift trotz der unschönen Darstellungsform einen hervorragenden Werth gab, waren die entwicklungsgeschichtlichen Gesichtspuncte, auf welche Treviranus entschiedener als jene, Werth legte und welche ihn in Bezug auf einige der fundamentalsten Fragen der Phytotomie zur Aufstellung von Ansichten veranlaßten, in welchen man die ersten Keime der später von Mohl ausgebildeten Theorien findet. Treviranus' Ansicht von der Entstehung des Zellgewebes war im Wesentlichen die von Sprengel aufgestellte, also jedenfalls eine sehr mißglückte, das hinderte jedoch nicht, daß seine Beobachtungen über die Zusammensetzung des Holzes und die Natur der Gefäße so gut und richtig waren, als bei dem damaligen Zustand der Mikroskope erwartet werden durfte. Eine Entdeckung von beträchtlichem Werth war zunächst die Auffindung der Interzellularräume im parenchymatischen Gewebe, deren Werth allerdings dadurch geschmälert wurde, daß Treviranus diese Gänge mit Saft erfüllt sein ließ, dessen Bewegung er sogar beschrieb. Die Holzfasern entstehen seiner Meinung nach durch starke Ausdehnung von Bläschen in die Länge. Betreffs der Natur der Gefäße vertheidigte Treviranus zunächst die Ansicht Bernhardi's, daß die Spiralfaser der abrollbaren Spiralgefäße nicht um einen häutigen Schlauch herumgewunden sei, sondern von einem solchen umgeben werde. Gegen Bernhardi hebt er die Eigenartigkeit der punctirten Gefäße oder porösen Holzröhren im Gegensatz zu den falschen Tracheen oder Treppengefäßen, hervor, deren Bau er bei den Farnen richtiger beschrieb. Mirbel's Ansicht, wonach die Tüpfel der punctirten Gefäße Löcher seien, umgeben von einem aufgeworfenen drüsigen Rand, lehnte Treviranus ab, indem er sie für Körner oder Kügelchen erklärte. Diesem Irrthum gegenüber war es aber ein beträchtlicher Fortschritt, daß Treviranus die Entstehung der getüpfelten Holzgefäße aus vorher von einander abgegrenzten Zellen nicht bloß vermuthete,

sondern durch Beobachtung nachwies, indem er zeigte, daß die Glieder derartiger Gefäße anfangs wirklich durch schiefe Querwände getrennt sind, welche später nicht mehr aufgefunden werden. Doch wurde diese richtige Beobachtung dadurch getrübt, daß Treviranus gleich den bisher genannten Phytotomen das Holz durch Verwandlung des Bastes entstehen ließ und demzufolge annahm, die Holzgefäße entstünden aus Bastfasern, welche sich beträchtlich ausdehnen, nachdem sie sich in eine gerade fortlaufende Kette an einander gesetzt haben; die Ungleichheiten, welche aus dem schiefen prosenchymatischen Ansaß derselben entstehen, verschwinden allmählich, die Grenzen der einzelnen Glieder eines Gefäßes seien auch später noch an schiefen Querstrichen wahrzunehmen. Die Scheibewände, welche an diesen Stellen ursprünglich vorhanden seien, sollten durch Ausweitung der Höhlungen verschwinden, so, daß die einzelnen Glieder zusammen einen kontinuierlichen Canal bilden. Um das Verschwinden einer Querwand zwischen zwei benachbarten Zellen zu erläutern, verweist Treviranus sehr treffend, ja in überraschender Weise auf die Bildung des Copulations Schlauches der Spirogyren. Die von Sprengel, Link und Rudolphi vertretene Ansicht, wonach die verschiedenen Gefäßformen aus ächten Spiralgefäßen entstehen sollen, weist Treviranus in Uebereinstimmung mit Bernhardi zurück; er habe die Treppengänge bei Farnen schon im jüngsten Zustand als solche und nicht als Spiralgefäße gefunden; für ihn habe es große Wahrscheinlichkeit, daß die getrennten Querstreifen der falschen Spiralgefäße (Treppengänge) ebenso wie die Tüpfel der punctirten Gefäße an den Wänden membranöser Faserfäuche sich bilden und ebenso ließ er die wahren Spiralgefäße aus dünnhäutigen langen Zellen entstehen, auf deren Innenseite das Spiralband sich bildet, wobei er die Glieder der jungen Spiralgefäße sehr treffend mit den Schleuderzellen der Jungermannien vergleicht. Wir finden hier also die ersten bestimmteren Andeutungen einer Theorie vom Dickenwachsthum der Zellwände, welche später ebenso wie die Entstehung der Gefäße aus Zellreihen von Mohl weiter ausgeführt

und besser begründet wurde. Am Schluß der Schrift wird die Histologie der Kryptogamen, Monokotylen und Dikotylen vergleichend und ebenfalls besser und klarer behandelt als in den entsprechenden Capiteln, seiner Mitbewerber.

So schwach auch im Ganzen genommen die entwicklungs-geschichtlichen Momente in Treviranus' Darstellung der Gewebelehre waren, erkannte doch Mirbel¹⁾ in ihm den gefährlichsten Gegner seiner Theorie und an ihn, nicht an seine anderen deutschen Widersacher, Sprengel, Link, Rudolphi richtete er einen offenen Brief, in welchem er seine früher ausgesprochenen Ansichten vertheidigte. Dieser Brief ist der erste Theil eines umfangreicheren, 1808 erschienenen Werkes: *Exposition et defense de ma theorie de l'organisation végétale*, in welchem Mirbel mit großer stylistischer Gewandtheit und auf Grund mehr vielseitiger, als tiefer Beobachtung die Einwendungen seiner Gegner zu widerlegen und seine Theorie des Pflanzengewebes von Neuem zu begründen sucht, indem er zugibt, daß seine früheren Abhandlungen manches Fehlerhafte enthalten, aber auch verlangt, daß man seine Ansicht als ein Ganzes behandle und

¹⁾ Charles François Mirbel (Brisseau-Mirbel) geb. 1776 zu Paris, gest. 1854 (vergl. Prizel), widmete sich anfangs der Malerei; durch Desfontaines in die Botanik eingeführt, ward er 1808 Mitglied des Instituts, bald darauf Professor an der Universität zu Paris. Von 1816 — 1825 blieb er botanischen Studien ganz fern, da er sich während dieser Zeit der Administration widmete; später nahm er seine botanischen Arbeiten wieder auf und wurde 1829 Professor der Culturen am Muséum d'hist. nat. — Mirbel ist der Begründer der mikroskopischen Anatomie der Pflanzen in Frankreich; was dort vor ihm in dieser Richtung gethan wurde, war noch viel unbedeutender, als das in Deutschland. Nicht nur seine Schriften zogen ihm vielfache Polemik auch später zu, sondern noch mehr wurde er angefeindet, weil er der Systematik als Lehrer die große Bedeutung nicht zugestand, die man ihr damals beilegte, während er die Schüler auf die Struktur und Lebenserscheinungen der Pflanzen hinwies. Nach Milne-Edwards litt Mirbel sehr unter den scharfen Angriffen, die er deshalb erfuhr; er wurde apathisch, eine Krankheit hinderte ihn lange vor seinem Tode an der Fortsetzung seiner Arbeiten und amtlichen Funktionen (Botan. Ztg. 1855 p. 343).

nicht an einzelne Ausdrücke sich stoße. Im Wesentlichen ist Mirbel's Vorstellung von der inneren Struktur der Pflanzen die von Caspar Friedrich Wolff aufgestellte. Das Erste und die Fundamentalidee sei, daß die ganze vegetabilische Organisation von einem und demselben, in verschiedener Weise modificirten Gewebe gebildet sei. Die Zellhöhlen seien nur Hohlräume von verschiedener Form und Ausdehnung in einer homogenen Grundmasse, bedürfen also nicht, wie Grew angenommen, eines Fadensystems, um unter einander zusammengehalten zu werden. Eine Ausnahme machen nur die Tracheen, von denen Mirbel sehr im Gegensatz zu der viel richtigeren Anschauung Treviranus' sagt, es seien schmale, schraubig gewundene Lamellen, die in das Gewebe eingeschoben sind und mit diesem nur an ihren beiden Enden zusammenhängen. Frage man nun, wie in einem derartigen Zellengewebe ein Saftaus- tausch möglich sei, so könne man von vorneherein nicht leugnen, daß die häutige Substanz der Pflanzen von unzähligen, unsicht- baren Poren durchbohrt sei, durch welche die Flüssigkeiten dringen. Die Natur habe aber auch schneller wirkende und kraftvollere Mittel in den größeren Poren, welche mit Hülfe des Mikroskops sichtbar sind. Wie nun durch diese sichtbaren Poren die Flüssig- keiten in Bewegung gesetzt werden, ließ Mirbel unerörtert, wie man sich damals überhaupt über dergleichen mechanische Schwie- rigkeiten leicht hinwegsetzte, weil im Hintergrund die Lebenskraft als bewegendes Agens stand. Die von Sprengel ihm ge- machte Zumuthung, daß er Poren und Körner verwechselt habe, weist Mirbel mit dem Hinweis auf seine Abbildungen lebhaft zurück; er habe bei den punctirten Gefäßen auf der Außenseite der Wände Erhabenheiten gezeichnet, in jeder derselben aber eine Oeffnung, welche seine Gegner eben einfach nicht gesehen hätten; die Frage, ob diese Erhabenheiten auf der Innen- oder Außen- seite der Gefäßwand liegen, hat bei Mirbel's Auffassung von der Einfachheit der Scheidewände eigentlich keinen Sinn, es kann sich bei ihm nur darum handeln, ob die durchbohrten Hervor- ragungen auf der einen oder der anderen Seite der Wand

liegen. Treviranus, der die Poren geleugnet, verweist er auf seine Beschreibung der Treppengefäße, wo er die den Poren entsprechenden Spalten selbst gesehen habe.

Diesen Fundamentalfragen gegenüber haben die weiteren Ausführungen Mirbel's über verschiedene Einzelheiten für uns kein weiteres Interesse. Im Zusammenhang stellte Mirbel seine gesammte Gewebelehre in Form von Aphorismen dar, welche den zweiten Theil seines erwähnten Buches bilden. Von dem, was er über die von ihm angenommenen fünf Arten von Gefäßformen sagt, ist von hervorragenderem Interesse die Angabe, daß bei seinen rosenfranzförmigen Gefäßen siebartig durchbohrte Diaphragmen die einzelnen Glieder trennen. Den schwächsten Theil der Phytotomie finden wir bei Mirbel sowie bei seinen Gegnern in der Beschreibung der eigenen Gefäße (*vasa propria*) zu denen auch er ebenso die Milchzellen der Euphorbien, wie die Harzgänge der Coniferen rechnet; daß diese letzteren Canäle sind, welche von einer eigenthümlichen Gewebeschicht eingefasst werden, erkannte er übrigens deutlich genug. Diesen Gewebeformen ist der dritte Theil des Buches gewidmet, wo wir erfahren, daß Mirbel zu seinen bündelförmig geordneten eigenen Gefäßen nicht nur manche Formen von Siebröhrenbündeln, sondern auch ächte Baststränge, wie die der Nesseln und des Hanfes rechnet. — Wie seine Gegner läßt auch Mirbel das Dickenwachsthum holziger Stämme durch Verwandlung der inneren Bastschichten in Holzlagen stattfinden; doch giebt er dieser Ansicht eine andere Wendung, welche sich schon mehr der modernen Theorie des Dickenwachsthums nähert: während der Vegetationszeit entwickle sich bei den Dicotylen an der Grenze von Holz und Rinde ein feines Gewebe mit großen Gefäßen, welche die Masse des Holzkörpers vermehren, während andererseits ein lockeres Zellgewebe entstehe, welches dazu bestimmt ist, die beständigen Verluste der äußeren Rinde zu ersetzen. Für die späteren Phytotomen, welche mit dem Worte Cambium eine dünne, beständig Holz und Rinde erzeugende Gewebeschicht bezeichneten, mußte Mirbel's ohnehin sehr unklare Ansicht vom Dickenwachsthum um so unklarer wer-

den, als er damals mit dem Worte Cambium nicht etwa die später so genannte Gewebeschicht, sondern einen sehr „ausgearbeiteten und gereinigten Saft“ verstand, welcher zur Ernährung der Pflanze bestimmt, alle Membranen durchdringt; man sehe diesen Cambiumsaft da erscheinen, wo er neue Röhren und Zellen (im Sinne der Wolff'schen Theorie) hervorbringt. Die Zellen zeigen sich anfangs als sehr kleine Kügelchen, die Röhren als sehr dünne Linien; beide erweitern sich und zeigen nach und nach Poren, Spalten u. s. w. Also im Wesentlichen die Wolff'sche Lehre, welche Mirbel später bei der Keimung der Dattelpalme, mit Hilfe stärkerer Mikroskope gegen die deutschen Phytotomen weiter zu begründen suchte.

Mit mehr Nachdruck als die deutschen Phytotomen jener Zeit machte Mirbel den Gedanken geltend, daß alle Gewebeformen der Pflanze sich ursprünglich aus jungem Zellgewebe entwickeln, ein Gedanke, den übrigens schon Sprengel angeregt hatte und welcher für Mirbel aus der Wolff'schen Theorie von selbst folgte. Ganz wie bei C. F. Wolff findet man auch bei Mirbel neben zu rascher Beobachtung ein allzustarkes Vornwalten theoretischer Begründung des Gesehenen; wie Wolff ist auch Mirbel allzu rasch mit weitgehenden Erklärungen bei der Hand, wo zunächst nur fortgesetzte Beobachtung entscheiden konnte.

Treviranus unterließ es nicht, auf die Polemik Mirbel's wenn auch spät zu antworten, indem er seinen „Beiträgen zur Pflanzenphysiologie“ (Göttingen 1811) einen Aufsatz „Beobachtungen im Betreff einiger streitigen Punkte der Pflanzenphysiologie“ einverleibte, wo er die streitigen Fragepunkte nicht bloß Mirbel, sondern auch Link und anderen gegenüber, gestützt auf neue Beobachtungen, wieder aufnahm. Es ist nicht zu leugnen, daß Treviranus in dieser kleinen Schrift abermals einige wichtige Fragen ihrem Abschluß näher brachte; namentlich lieferte er hier einen guten Beitrag zur Kenntniß der getüpfelten Gefäße, über welche er nunmehr seine Ansicht der Mirbel's näherte; auch wies er auf die blasenartige Natur

der voneinander nicht selten trennbaren Pflanzenzellen hin, hob das Vorkommen echter Spiralgefäße in der Umgebung des Markes auch bei den Coniferen hervor, entdeckte die Spaltöffnungen auf der Fruchtkapsel der Laubmoose und dergl. mehr. Betreffs seiner, von Sprengel entlehnten Zellbildungstheorie suchte er sich jedoch durch eine Spitzfindigkeit, aus der Verlegenheit zu ziehen, indem er nachwies, daß die Stärkekörner aus den Cotyledonen der Bohnen zwar verschwinden, ohne daselbst neue Zellen zu erzeugen, sich aber auflösen, um dann an anderen Orten der Keimpflanze als flüssiges Material zur Zellbildung zu dienen, womit natürlich die Sprengel'sche Theorie aufgegeben war; als einen directen Beweis für dieselbe betrachtete er jedoch die Entstehung der Gonidien in den Zellen des Messernetzes und deren Ausbildung zu neuen Netzen.

Mirbel und seine deutschen Gegner bewegten sich im Ganzen noch in einem Gedankenkreise, der durch die Ideen Malpighi's, Grew's, Hedwig's und Wolff's geschaffen worden war, wenn auch zugegeben werden muß, daß besonders die Beobachtungen von Treviranus schon andere Gesichtspuncte eröffneten. Viel weiter jedoch trat aus diesen älteren Anschauungen schon 1812 Johann Jakob Paul Moldenhawer ¹⁾ in seinen inhaltreichen „Beiträgen zur Anatomie der Pflanzen“ heraus. Viel selbstständiger als einer der bisher Genannten stellte er sich den älteren Ansichten gegenüber; indem er auf sehr ausführliche, vielseitige und methodische Beobachtungen gestützt, auch offenbar mit einem viel besseren Mikroskop versehen, sich zunächst an das selbst Gesehene hielt, danach seinen Standpunct wählte, die Ansichten seiner Vorgänger ausführlich und mit einer unverkennbaren Ueberlegenheit kritisirte, wobei er eine ebenso eingehende Literaturkenntniß, wie vielseitige phytotomische Erfahrung an den Tag legte. Er faßte die Fragepuncte scharf in's Auge und widmete jedem derselben angestrengte Beobachtung

¹⁾ J. J. P. Moldenhawer war Professor der Botanik in Kiel; geb. zu Hamburg 1766, gest. 1827.

und eine ausführliche klare Besprechung. Die Sorgfalt der Untersuchung und die größere Vorzüglichkeit seines Instruments erkennt man sofort an den Abbildungen Moldenhawer's, unzweifelhaft den besten, welche bis zum Jahre 1812 angefertigt worden sind. Die Art, die Phytotomie zu behandeln, erinnert bei Moldenhawer vielfach an Mohl's Behandlungsweise, auch die Abbildungen, obgleich nicht von ihm selbst gemacht, thun dasselbe. Doch müßte man richtiger sagen, Mohl's Behandlungsweise erinnert an die von Moldenhawer, denn bei der großen Achtung, welche Mohl zumal in seinen früheren Schriften für ihn an den Tag legt, ist kaum daran zu zweifeln, daß er sich an dessen Beiträgen gebildet, aus ihnen zuerst den Ernst und die Sorgfalt, welche phytotomische Arbeiten erheischen, kennen gelernt hat.

Es wurde schon erwähnt, daß ein wesentlicher Fortschritt, den die Pflanzenphysiologie Moldenhawer verdankt, darin lag, daß er zuerst sowohl die Zellen als auch die Gefäße durch Fäulniß in Wasser und nachheriges Zerdrücken und Zerfasern isolirte, ein Verfahren, welches in neuerer Zeit wenig Anwendung findet, obgleich es auch jetzt noch selbst neben der sog. Schulze'schen Maceration mit Vortheil angewendet werden kann, besonders wenn man diese Präparationsmethode mit derselben Sorgfalt und Umsicht wie Moldenhawer anwendet. Die Isolirung der Elementarorgane der Pflanzen durch Maceration in Wasser mußte Moldenhawer sofort in den strengsten Gegensatz gegen Mirbel stellen, der mit Wolff die Einfachheit der Scheidewände zwischen je zwei Zellen annahm, während Moldenhawer durch sein Verfahren die Zellen und Gefäße nach der Isolirung als geschlossene Schläuche und Säcke vorfand, die also anscheinend nothwendig in der lebenden Pflanze selbst so aneinander liegen mußten, daß die Wand zwischen je zwei Zellräumen von einer doppelten Hautlamelle gebildet wurde und Moldenhawer hebt ausdrücklich hervor, daß dies auch in sehr dünnwandigem Parenchym der Fall sei. Dieses Ergebnis blieb unanfechtbar, so lange man nicht in der Lage war, aus der Ent-

widlungsgeschichte des Zellgewebes die ursprüngliche Einfachheit der Scheidewände abzuleiten, oder so lange man nicht aus sehr starken Vergrößerungen die wahre Struktur der Scheidewände und ihre spätere Spaltung sowie die Differenzirung der ursprünglich einfachen Wand in zwei trennbare Lamellen darthun konnte. War die auf das Macerationsergebnis basirte Ansicht auch noch nicht die richtige, so trat sie doch betreffs der fertigen Zustände der Wahrheit näher, als die Wolff-Mirbel'sche Annahme und was noch mehr galt, man war in der Lage, die Form der einzelnen Elementarorgane und die Skulptur ihrer Wände viel genauer als bisher zu studiren. Zwar hatte schon Link 1809 (Nachträge p. 1) die Zellen gelegentlich durch Knochen isolirt, auch hatte 1811, wie erwähnt, Treviranus auf die Isolirbarkeit mancher Parenchymzellen im natürlichen Zustand aufmerksam gemacht; aber keiner von beiden führte diese Wahrnehmungen methodisch weiter aus und vor Allem behält Moldenhawer das Verdienst, die Gefäße und Holzzellen zuerst isolirt zu haben. Wie es aber zu gehen pflegt, hat freilich auch er nicht alle Consequenzen, zu denen seine Präparationsmethode berechnete, wirklich gezogen. Moldenhawer's Darstellung, welche im Grunde die ganze Phytotomie umfaßt, kehrt immer wieder zu einer bestimmten Pflanzenart, dem Mais zurück, dieser liefert bei jeder zu behandelnden Frage den Ausgangspunct; die dort gewonnenen Ergebnisse sind die festen Stützpunkte, an welche er sich bei der Betrachtung der verschiedensten anderen Pflanzen lehnt, um sich sodann in sehr ausführliche vergleichende Betrachtungen einzulassen. Diese Behandlungsweise war bei dem damaligen Zustand der Wissenschaft sowohl für die Forschung, wie für die belehrende Darstellung sehr glücklich gewählt; ein besonders glücklicher Griff aber war es, daß Moldenhawer zu diesem Zweck gerade die Maispflanze wählte: die früheren Phytotomen hatten sich gewöhnlich an die dikotylen Stämme gewendet, mit Vorliebe sogar an solche mit compacten Holzkörper und complicirt gebauter Rinde, Pflanzen, deren Untersuchung auch für einen geübten Beobachter mit gutem Mikroskop noch heute Schwierigkeiten darbietet; ge-

legentlich hatte man sich wohl auch an die Anatomie des Kürbisstammes gehalten, dessen große Zellen und Gefäße die geringe Vergrößerung unterstützten, wobei jedoch wieder manche Abnormitäten dieser Pflanze stören mußten; die Monokotylen hatten die bisherigen Beobachter gleich den Gefäßkryptogamen erst in zweiter Linie beachtet. Indem nun Moldenhawer eine monokotyle, rasch wachsende Pflanze mit sehr großzelligem Gewebe von verhältnismäßig sehr einfachem Bau zur Grundlage seiner Untersuchung machte, mußte ihm schon aus diesem Grunde vieles klarer werden, als seinen Vorgängern. Vor Allem aber fand er bei dieser Pflanze die faserigen Elementarorgane mit den Gefäßen in Bündeln vereinigt, welche sich von dem sie umgebenden großzelligen Parenchym scharf abgrenzen. So trat das Eigenartige und der Begriff des Gefäßbündels den anderen Gewebeformen gegenüber deutlich hervor; es war nicht mehr der Unterschied von Rinde, Holz und Mark, der den früheren Phytotomen als Grundlage der histologischen Orientirung diente, der aber an sich nur ein secundäres Ergebnis der späteren Ausbildung gewisser Pflanzentheile ist; indem Moldenhawer von vornherein das Hauptgewicht auf den Gegensatz von Gefäßbündel und Parenchym legte, traf er damit eine histologische Thatsache von mehr fundamentaler Bedeutung, durch deren richtige Würdigung seitdem erst eine durchgreifende Orientirung in der Histologie der höheren Pflanzen möglich geworden ist. Denn während demjenigen, der von der Betrachtung der Rinde, des Holzes und des Markes älterer dikotyle Stengel ausgeht, der Bau der Monokotylen und Farne abnorm und ganz eigenartig erscheinen muß, ist dagegen dem, der mit Moldenhawer in den Gefäßbündeln der letzteren ein besonderes histologisches System erkannt hat, der Weg geöffnet, auch bei den Dikotylen dasselbe aufzusuchen, die secundäre Erscheinung von Holz und Rinde auf die primäre Existenz von Gefäßbündeln zurückzuführen. Und Moldenhawer bahnte dies in der That an, indem er zuerst darauf hinwies, wie das Wachsthum eines dikotylen Stengels aus dem Bau und der Lagerung der anfangs isolirten Gefäßbündel verstanden wer-

den kann (Beiträge p. 49 ff). Dieses Verfahren aber mußte ihn nothwendig zur Abweisung der Malpigh'schen Theorie vom Dickenwachsthum holziger Stämme führen, einer Theorie, die, wie wir gesehen haben von Grew bis auf Mirbel sämtliche Pflanzenanatomien angenommen hatten; wenn auch Bernharti und Treviranus schwache Versuche machten, sie wenigstens zum Theil zu entkräften, so war doch Moldenhawer der erste, der die Entstehung der äußeren Holzschichten aus inneren Bastlagen definitiv beseitigte und die erste wirklich brauchbare Grundlage für die spätere richtige Theorie des nachträglichen Dickenwachsthums lieferte (p. 35). Die Beseitigung dieses alten Irrthums ist schon an sich ein sehr bedeutendes Ergebniß, welches ihm, abgesehen von allen übrigen Verdiensten, eine ehrenvolle Stelle in der Geschichte der Botanik sichern mußte.

Diesen Lichtseiten sollte jedoch auch der Schatten nicht fehlen; alle Sorgfalt der Beobachtung, alle kritische Behandlung schützte auch ihn nicht vor einem Vorurtheil und den üblen Folgen desselben. Nachdem Moldenhawer nämlich die Elementarorgane durch Maceration isolirt hatte, entstand für ihn die Frage, wie nun der feste Zusammenhang derselben in der lebenden Pflanze zu denken sei. Da glaubte er nun ebenso wie später auch Mohl, Schacht u. a. eines besonderen Bindemittels zu bedürfen, versiel aber nicht wie diese auf eine Matrix, welcher die Zellen eingebettet sind, oder auf ein Klebemittel, welches sie zusammenhält, sondern auf eine viel wunderliche Theorie, welche stark an Grew's Fadengewebe erinnert und wie bei diesem zum Theil auf fehlerhaften Wahrnehmungen beruht, welche zu rasch als Grundlage einer Theorie benutzt wurden, die nun ihrerseits die weiteren Beobachtungen trübte. Moldenhawer glaubte nämlich, daß die Zellen und Gefäße durch ein äußerst feines Netzwerk von Fäserchen umspinnen und zusammengehalten werden; in manchen Fällen glaubte er diese Fasern wirklich zu sehen, für solche sprach er auch die Verdickungsleisten der bekannten Zellen von *Sphagnum* an; und was fast noch mehr Wunder

nehmen muß, er scheint auch die verdickten Längs- und Querkanten von Zellen und Gefäßen für solche Fasern gehalten zu haben. Der üble Eindruck dieser Theorie mußte noch dadurch erhöht werden, daß Moldenhawer sein Phantasiegebilde von Fasernetzen, welche die Zellen und Gefäße zusammenhalten sollen, mit dem längst anders gebrauchten Namen Zellengewebe belegte, während er das Parenchym selbst als zellige Substanz bezeichnete eine Nomenclatur, in welcher ihm glücklicherweise Niemand gefolgt ist, die aber gewiß dazu beigetragen hat, Moldenhawer's große Verdienste um die Phytotomie später in Mißkredit zu bringen.

Seine „Beiträge zur Anatomie der Pflanzen“ zerfallen in zwei Hauptabschnitte, deren erster von den Umgebungen der Spiralgefäße, der zweite von diesen selbst handelt.

Im ersten werden die Theile des Gefäßbündels im Maisstamme, bezüglich ihrer Lagerung und Gesamtkform sehr gut beschrieben; zunächst die aus stark verdickten Fasern bestehende Hülle des ganzen Bündels richtig erkannt, die eigene Membran jeder dieser Zellen und ihre allseitige Geschlossenheit hervorgehoben, ihre Ähnlichkeit mit dem Bast und den faserigen Elementen des dikotylen Holzes betont. Gelegentlich wird auch der gefächerten Holzzellen und der reihenförmig geordneten Holzparenchymzellen gedacht. — Unter dem Namen der fibrösen Röhren faßte er die Zellen der Sklerenchymischeide vieler Gefäßbündel, den ächten Bast und die Holzfasern zusammen, welsch letztere nach Moldenhawer dem Coniferenholze fehlen. Das nachträgliche Dickenwachsthum der Rinde und des Bastes erläuterte er an der Weinrebe, wo er auch die Markfrone und die Spiralgefäße derselben richtig erkannte; bei krautigen Dikotylen fand er die Gefäßbündel aus einem Bast- und einem Holztheil zusammengesetzt und den compacten Holzkörper der eigentlichen Holzpflanzen ließ er durch Verschmelzung der Holztheile dieser einzelnen Bündel entstehen.

Bei der Behandlung des parenchymatischen Zellgewebes wird die von Sprengel und Treviranus angenommene

Entstehung junger Zellen aus Inhaltskörnern der älteren mit Nachdruck und guten Gründen abgewiesen, ebenso die Wolff-Mirbel'sche Theorie beseitigt, gegen Mirbel noch ganz besonders hervorgehoben, daß die Trennung fibröser Röhren auch da noch möglich sei, wo auf dem Querschnitt zwischen ihnen keine Grenzlinie zu sehen ist. Ebenso wie bei den dickwandigen sei auch bei den dünnwandigen Parenchymzellen die Scheidewand doppelt und die Zellhaut allseitig geschlossen. „Nach diesen Beobachtungen, fährt er p. 86 fort, besteht also die zellige Substanz aus einzelnen verschlossenen, kugelrunden, ovalen oder mehr oder weniger länglichen, fast cylindrischen Schläuchen, welche durch den gegenseitigen Druck auf einander eine eckige und abgeplattete, den Bienenzellen ähnelnde regelmäßige oder eine mehr oder weniger unregelmäßige Gestalt annehmen; ein solches Aggregat einzelner Zellen (und darin hat er allerdings ganz Recht) hat nichts Gemeinschaftliches mit einem Gewebe, und der Name Zellgewebe scheint daher weniger anpassend zu sein als der Name der zelligen, aus zellenförmigen Schläuchen bestehenden, Substanz.“ — Weiterhin wird dann die Existenz sichtbarer Löcher in den Zellwandungen gegen Mirbel abgewiesen, und hervorgehoben, daß die Saftbewegung derselben nicht bedürfe. Da sich zwischen Mirbel und seinen Gegnern der Streit um die Porosität der Zellwände auch gleichzeitig auf die Spaltöffnungen der Oberhaut ausdehnte¹⁾, insoferne man nämlich die Spalten derselben als Oeffnungen in der als einfache Haut gedachten Epidermis annahm, so ging Moldenhawer bei dieser Gelegenheit genauer auf die Anatomie der Spaltöffnungen ein, von denen er die ersten naturgetreuen Beschreibungen und Abbildungen lieferte, indem er besonders zeigte, daß die Spalte nicht, wie die meisten bisherigen Beobachter glaubten, von einem einfachen Hof umgeben sei, sondern zwischen zwei Zellen liegt, daß also diese Spalte in keiner Weise als ein Beispiel der Porosität der Zellwände betrachtet werden

¹⁾ Ueber die noch nach 1812 bestehenden Zweifel betreffs der Spaltöffnung vgl. Mohl's Ranken und Schlingpflanzen 1827 p. 9.

könne, wie Mirbel geglaubt hatte; es mag hier eingeschaltet werden, daß der letztere später die Spaltöffnungen sogar für kurze, breite Haare hielt; erst Amici 1824 und Treviranus 1821 zeigten an Querschnitten der Spaltöffnungen deren wahren Bau, der dann viel später von Mohl genau untersucht wurde. Auch Moldenhawer beschäftigte sich bei Gelegenheit dieser Untersuchung mit der von Comparetti zuerst beobachteten und von den deutschen Phytotomen mehrfach besprochenen, auch in neuester Zeit mehrfach untersuchten Fähigkeit der Spaltöffnungen, sich abwechselnd zu öffnen und zu schließen. Dies Alles bei Gelegenheit der Tüpfelbildung an den Zellwänden, über deren wahre Natur Moldenhawer jedoch nicht in's Reine kam.

Wie für seine Vorgänger und viele Nachfolger sind auch für Moldenhawer die sogenannten eigenthümlichen Gefäße (*vasa propria*) ein Stein des Anstoßes, insofern er unter diesem Namen durch die Ähnlichkeit der Säfte verleitet, Gebilde der verschiedensten Art zusammenfaßt: auf eine sehr gute Beschreibung des Weichbastes im Gefäßbündel der Maispflanze folgen die Milchsaftschläuche von *Musa*, die Milchzellen von *Asclepias* die er falsch deutet, die richtiger erkannten Milchgefäße von *Chelidonium*. Alle diese *vasa propria* nahm Moldenhawer für zellige Gefäße, welche aus in einander geöffneten Schläuchen bestehen; sehr gut aber werden von ihnen die Terpentingänge unterschieden und einer derselben von der Kiefer richtig abgebildet, doch nimmt er innerhalb der den Kanal umgrenzenden Zellreihen noch eine besondere den Gang auskleidende Haut an. Endlich geht er auf die Interzellularräume über, welche er als Lücken in der zelligen Substanz auffaßt und an *Musa* und *Nymphaea* erläutert. Die schon von Treviranus entdeckten, das Parenchym durchziehenden engen Zwischenräume beachtete Moldenhawer nicht weiter.

In dem zweiten Abschnitt von den Spiralgefäßen werden zunächst alle im Gefäßbündel der Maispflanze enthaltenen Gefäße als Spiralgefäße zusammengefaßt, die verschiedenen Formen derselben aber gut unterschieden und besonders darauf hingewiesen,

daß an einer und derselben Gefäßröhre in verschiedenen Theilen ihres Verlaufs Ringe und Spiralen vorkommen, was übrigens bereits Bernhardi entdeckt hatte. Die Foliirung der Gefäße gibt ihm Gelegenheit die Zusammensetzung derselben aus verschieden langen Gliedern besser als seine Vorgänger zu sehen, er beweist ausführlich die Existenz einer geschlossenen dünnen Gefäßmembran, deren Verdickungen er jedoch wie Hedwig auf der Außenseite sitzen läßt. Die Schwierigkeiten der gehöften Tüpfel hat Moldenhawer ebensowenig, wie später Mohl und Schleiden überwunden; auch hier war es erst die Entwicklungsgeschichte, welche Auskunft über den wahren Bau dieser Gebilde gab (Schacht 1860).

Es wurde schon in der Einleitung hervorgehoben, daß Moldenhawer die erste Periode des zwischen 1800 und 1840 liegenden Zeitraums gewissermaßen abschließt, nicht nur insoferne die Mehrzahl der bisher ventilirten Fragen bei ihm zu einem gewissen Abschluß gelangt, sondern auch äußerlich, indem auf seine Beiträge nunmehr eine Reihe von Jahren folgt, innerhalb deren ein namhafter Fortschritt auf dem Gebiet der Phytotomie nicht zu verzeichnen ist; zwar wurde in Kieser's „Grundzügen der Anatomie der Pflanzen“ 1815 eine zusammenhängende Darstellung der ganzen Phytotomie versucht, die aber nicht nur nichts wesentlich Neues bot, sondern sich ganz in den unfruchtbaren Redensarten der damaligen Naturphilosophie bewegte, und selbst so grobe Irrthümer, wie Hedwig's Lehre von lymphatischen Gefäßen im Gewebe der Epidermis, wieder aufwärmte, die Moose aus Confervenfäden bestehen ließ. Eine wirkliche Bereicherung der Phytotomie war dagegen in Treviranus 1821 erschienen vermischten Schriften, besonders Betreffs der Epidermis enthalten, ebenso in Amici's Entdeckung 1823, daß die Interzellularräume der Pflanzen nicht Saft, sondern Luft enthalten und daß ebenso die Gefäße vorwiegend Luft führen. Die nach 1812 und vor 1830 fallenden weiteren Publikationen Mirbel's, Schulze's, Link's, Turpin's u. a. können wir hier ruhig übergehen, da es uns nicht auf

eine Schilderung der Literaturzustände überhaupt, sondern auf den Nachweis wirklicher Fortschritte ankommt.

Mit dem Ende der zwanziger Jahre beginnt die Thätigkeit Meyen's und Mohl's und im Lauf der dreißiger Jahre sind beide die weit überwiegenden Hauptvertreter der Phytotomie, wenn auch immerhin 1835 eine in vieler Beziehung verdienstliche Arbeit Mirbel's über die *Marchantia polymorpha* und die Pollenbildung von *Cucurbita* fällt. Selbst ein so umfangreiches Werk wie Treviranus' „Physiologie der Gewächse“ 1835—1838, in welchem auch die ganze Phytotomie behandelt wird, können wir hier ruhig übergehen, da in demselben trotz mancher verdienstlicher Einzelheiten die Phytotomie doch wesentlich unter den schon vor 1812 eröffneten Gesichtspuncten wieder vorgetragen wird; dieses umfangreiche und durch seine Literaturnachweisungen sehr brauchbare Werk war leider schon zur Zeit seines Erscheinens veraltet, denn schon seit 1828 war in die Behandlung der Phytotomie mit Mohl's Arbeiten ein ganz anderer Geist eingetreten.

Die beiden Männer, welche seit dem Schluß der zwanziger Jahre bis 1840 als die Hauptvertreter der Phytotomie gelten dürfen, Meyen und Mohl, stellen sich aber in ihrer Bedeutung für unsere Wissenschaft sehr verschieden dar. Man kann den wesentlichen Unterschied vielleicht nicht treffender bezeichnen, als wenn man darauf hinweist, daß Meyen's phytotomische Arbeiten gegenwärtig nur noch historisches Interesse beanspruchen können, während auch die ältesten anatomischen Untersuchungen Mohl's von 1828—1840 noch keineswegs veraltet sind, noch jetzt als Quellen unseres phytotomischen Wissens gelten, aus welchen jeder noch heute schöpfen muß, der irgend einen Theil der Phytotomie weiter bearbeiten will. Meyen's Ansichten schließen sich überall trotz seiner zahlreichen eigenen Untersuchungen, dem in der Göttinger Preisfrage vertretenen Gedankenkreise an, obwohl er in seinen Beobachtungen weit über diesen, selbst über Moldenhawer hinausgeht; für Mohl dagegen waren selbst anfangs die phytotomischen Ansichten jener Männer nicht mehr

maßgebend; selbst Moldenhawer und Treviranus gegenüber nahm er sofort eine ganz selbstständige Stellung; länger dauerte es allerdings, bis es ihm gelang, sich auch von der Autorität Mirbel's ganz frei zu machen. Aus den hier angegebenen Gründen und weil Meyen's Thätigkeit schon 1840 durch den Tod unterbrochen wurde, während Mohl noch dreißig Jahre länger die Phytotomie fördern half, werde ich hier zuerst von Meyen's Thätigkeit berichten.

Meyen ¹⁾ zeichnete sich durch eine außerordentliche Fruchtbarkeit als Schriftsteller aus. Schon mit 22 Jahren schrieb er eine Abhandlung *de primis vitae phaenomenis in fluidis* 1826; zwei Jahre später anatomisch-physiologische Untersuchungen über den Inhalt der Pflanzenzellen und schon 1830 erschien sein Lehrbuch der Phytotomie, welches die ganze Disziplin auf Grund eigener Untersuchungen und mit zahlreichen, für jene Zeit recht schönen Abbildungen auf 13 Kupfertafeln behandelt. Seine schriftstellerische Thätigkeit wurde sodann durch eine in den Jahren 1830 — 32 ausgeführte Weltumseglung unterbrochen, um in den letzten vier Jahren seines Lebens 1836 — 1849 zu einer unglaublichen Produktivität sich zu steigern; man begreift kaum, wo Meyen die Zeit hernahm, um auch nur die mechanische Seite derselben zu bewältigen; denn 1836 erschien seine von der Teyler'schen Gesellschaft in Harlem gekrönte Preisschrift über die neuesten Fortschritte der Anatomie und Physiologie der Gewächse, ein Quartband von 319 Seiten mit 22 Kupfertafeln; die letzteren sind schön gezeichnet, die stylistische Darstellung gewandt, der Inhalt des Werkes freilich

¹⁾ Franz Julius Ferdinand Meyen geb. zu Dilsit 1804, gest. als Professor zu Berlin 1840. — Er widmete sich anfangs der Pharmazie, ging dann aber zur Medicin über und promovierte 1826, worauf er mehrere Jahre ärztliche Praxis trieb; 1830 trat er, mit Instruktionen A. v. Humboldt's versehen, eine Weltumseglung an, von der er 1832 zurückkehrte und reiche Sammlungen mitbrachte; 1834 wurde er Professor zu Berlin. Auf seine physiologischen Arbeiten komme ich später zurück. (Biographisches in Flora 1745 p. 618).

ziemlich flüchtig behandelt. Schon ein Jahr später, 1837 erschien der erste Band seines „neuen Systems der Pflanzenphysiologie“, dem bis 1839 die beiden anderen folgten, ein ebenfalls an neuen Beobachtungen und Abbildungen reiches Werk. Gleichzeitig mit diesen Arbeiten, 1836—39 gab er ausführliche, einen stattlichen Band füllende Jahresberichte über die Resultate der Arbeiten im Felde der physiologischen Botanik heraus, nachdem er 1837 eine Preisschrift über die Sekretionsorgane und 1836 einen Grundriß der Pflanzengeographie publicirt hatte; 1840 erschien eine Abhandlung über Befruchtung und Polyembryonie und außerdem hinterließ er die nach seinem Tode 1841 publicirte Pflanzenpathologie. Das Quantum dieser zwischen 1836 und 1840 herausgegebenen, wenn auch theilweise schon vorher vorbereiteten Arbeiten ist so außerordentlich groß, daß der Verfasser den innern Zusammenhang der Thatfachen und diese selbst im Einzelnen unmöglich reiflich durchdacht haben kann. Das Studium seiner Werke zeigt aber auch vielfach Ueberstürzung in der Aufstellung neuer Ansichten, in Zurückweisung oder Aufnahme fremder Behauptungen; die Darstellung ist zwar übersichtlich und fließend, von ächt naturwissenschaftlichem Geist getragen; allein der Ausdruck ist oft ungenau, die Gedanken nicht selten unreif; häufig wird das principiell Wichtige über unbedeutenden Nebendingen übersehen. Diesen durch die rasche Produktion bedingten Fehlern gegenüber ist aber ganz besonders als Vorzug Meyen's hervorzuheben, daß er für Alles in der Phytotomie ein offenes Auge hatte, Nichts unbeachtet ließ und immer darauf ausging, die Wissenschaft als ein zusammenhängendes Ganze übersichtlich darzustellen, den Leser allseitig zu orientiren, um so die Phytotomie und Physiologie auch weiteren Gelehrtenkreisen zugänglich zu machen; in diesem Sinne sind auch seine schön und gewandt gezeichneten mikroskopischen Bilder zu rühmen; diese bieten dem Leser nicht, wie in den früheren phytotomischen Werken, kleine Bruchstücke, sondern ganze Gewebemassen im Zusammenhang so, daß man einen Einblick in die Lagerung der verschiedenen Gewebesysteme und ihrer Beziehungen unter einander gewinnt.

Ganz auffallend ist es, wie sehr sich Meyen's Zeichnungen von 1836 denen von 1830 gegenüber vervollkommnet haben, obgleich er in beiden Fällen dasselbe Mikroskop und die gleiche Vergrößerung von 220 benutzte.

Um zu erfahren, was Meyen zur Förderung der Phytotomie ganz selbständig beigetragen hat, müssen wir uns an seine „Phytotomie“ von 1830 wenden; denn in seinen späteren Werken, besonders auch im neuen „System der Physiologie“ von 1837 konnte er bereits die ersten durchschlagenden Arbeiten Mohl's benutzen, die nothwendig auf seine späteren Ansichten einwirken mußten, wenn Meyen auch immerhin mehr als Rivale und Opponent Mohl's auftrat und diesem gegenüber nicht nur Treviranus und Link, sondern auch einen Kiefer u. dergl. wie gleichberechtigte Capacitäten behandelte. Wie er in seinen späteren Schriften Mohl's Leistungen widerwillig anerkannte, die fundamentale Bedeutung derselben übersah, so trat er in seiner früheren Phytotomie 1830 auch vielfach gegen Moldenhawer auf, um ihm gegenüber die Autorität Link's zur Anerkennung zu bringen und mit Verwunderung liest man im ersten Bande des neuen Systems eine Widmung an Link, wo dieser als „Gründer der deutschen Pflanzenphysiologie“ bezeichnet wird. Die Stellung eines Gelehrten zu seiner ganzen Wissenschaft findet ihren einfachsten und bestimmtesten Ausdruck sicherlich in seinem Urtheil über die Verdienste seiner Zeitgenossen und Vorgänger; das eben Gesagte läßt daher schon schließen, daß Meyen noch in der Hauptsache in dem Gedankenkreise der Göttinger Preisschrift sich bewegte, ohne die Bedeutung der von Moldenhawer und Mohl bereits eröffneten Gesichtspunkte klar zu erkennen; wenn auch immerhin zugegeben werden muß daß Meyen in der von Link betretenen Bahn selbständig weit über diese hinausging.

Käme es darauf an, eine Biographie Meyen's zu verfassen, so müßten wir allen seinen genannten Werken folgen und zeigen, wie sich seine Ansichten nach und nach klärten; für unsern Zweck genügt es jedoch, das Eigenartige in der Gesamtauf-

fassung der phytotomischen Probleme bei Meyen hervorzuheben; diese tritt aber am deutlichsten in seiner mehrerwähnten „Phytotomie“ von 1830 hervor, und da dieselbe auch in seinen sieben Jahre später erschienenen ersten Bande des „neuen Systems“ der Hauptsache nach festgehalten ist, so können wir unserer historischen Betrachtung jenes Werk zu Grunde legen und dies um so mehr, als uns eine ausführliche Würdigung seiner späteren Arbeit in weitläufige Diskussionen über sein wissenschaftliches Verhältniß zu Mohl verwickeln müßte. Es kommt mir hier also weniger auf eine Würdigung der wissenschaftlichen Persönlichkeit Meyen's, als vielmehr darauf an, zu zeigen, wie im Jahre 1830, als Mohl eben erst angefangen hatte, sich der Phytotomie zu widmen ohne aber noch einen bedeutenden Einfluß auf die Literatur zu üben, die Ansichten über die Struktur der Pflanze bei einem Manne sich gestalteten, der mit entschiedenem Talent und großem Eifer dem Studium derselben sich hingab; wir gewinnen so einen Maßstab für das, was in den nächsten zehn Jahren vorwiegend durch Mohl, zum Theil durch Mirbel zu Tage gefördert wurde. Bei der Beurtheilung seiner „Phytotomie“ (1830), deren Grundanschauungen im Folgenden vorgeführt werden sollen, ist übrigens nicht zu vergessen, daß Meyen, als er sie schrieb, 25—26 Jahre alt war und daß für einen so jungen Mann eine solche Leistung immer hin eine sehr beträchtliche war.

Von den Elementarorganen der Pflanze nahm Meyen drei Grundformen an: Zellen, Spiralröhren und Lebenssaftgefäße; durch Vereinigung gleichartiger Elementarorgane entstehen Systeme von solchen, es giebt also ein Zellensystem, ein Spiralröhrensystem und ein System von Lebenssaftgefäßen (Gefäßsystem). Schon an dieser Eintheilung sieht man, wie eng sich Meyen noch 1830 an die Vorstellungen, welche vor Moldenhawer sich gebildet hatten, anschließt. Die Aufstellung der genannten Systeme ist gegenüber der bereits von Moldenhawer deutlich erkannten Unterscheidung von Gefäßbündeln und Zellgewebe geradezu ein Rückschritt. Jedes der Meyen'schen Systeme wird nun ausführlicher behandelt und dann ihre Gesamtgruppierung

beschrieben. Großen Werth legte Meyen (auch später noch) auf die verschiedenen Habitusformen des Zellgewebes, für welche er die Namen Merenchym, Parenchym, Prosenchym, Pleurenchym einführte. Diese Formen bezeichnet er als das regelmäßige Zellgewebe, dessen Zellformen geometrischen Körpern ähnlich sind, im Gegensatz zu den unregelmäßigen Gewebe der Tange, Flechten und Pilze. Ein entschiedener Fortschritt ist es, der auch Meyen's spätere Arbeiten charakterisirt, daß er schon hier neben der Struktur des festen Zellhautgerüsts in einem besonderen Kapitel den Inhalt der Zellen behandelt, wo zunächst die gelösten Stoffe, dann die körnigen Gebilde organischer Struktur besprochen werden; zu letzteren gehören freilich nicht nur die Stärkekörner, Chlorophyllbläschen und dergl., sondern auch die Samenthierchen in den Pollenkörnern einerseits, und andererseits die auf der Innenseite der Zellwände vorspringenden Verdickungsschichten, z. B. die Spiralbänder in den Schleuderzellen der Jungermanien u. dergl. m. Auch die Krytallbildungen in Pflanzenzellen werden ausführlich besprochen und schließlich die Bewegung des Zellinhaltes („Safte“) behandelt, wo außer den von Corti schon beobachteten Charen auch noch verschiedene andere Wasserpflanzen mit kreisendem Inhalt genannt werden. — Auch das Capitel über die Interzellularräume zeigt einen beträchtlichen Fortschritt über die um 1812 geltenden Ansichten hinaus, das Capitel führt den Titel: „Ueber die durch Aneinanderfügung der Zellen entstandenen Räume im Zellgewebe;“ es werden hier die eigentlichen Interzellulargänge, welche mit Luft erfüllt sind, von den Sekretionsbehältern, den Harz-, Gummi-, Delgängen und den höhlenartigen Sekretionsbehältern unterschieden. Eine dritte Form von Zwischenräumen des Gewebes bilden die großen Luftgänge und Lücken, wie sie zumal bei den Wasserpflanzen vorkommen. Meyen's mit Zellgewebe angefüllte Luftkanäle im Holz der Eichen sind offenbar mit Tüllen erfüllte Gefäße. — Die Form der Zellen im Gewebe läßt Meyen nicht durch gegenseitigen Druck entstehen, auch weist er Kieser's Ansicht ab, wonach die Form eines langgezogenen Rhombendodekanders die ideale Grundform der

Zellen sein soll. Dagegen scheint ihm eine bedeutungsvolle Ähnlichkeit der Zellenformen mit den Absonderungsgehaltn der Basalte vorhanden zu sein.

Bei der Behandlung des Systems der Spiralföhren wird zuerst die Spiralfaser besprochen, die entweder ganz frei zwischen den Zellen erscheint oder auch im Inneren von Zellen; ein entschiedener Rückschritt gegenüber Bernhardi's und Treviranus' alten Arbeiten. Die Spiralföhren sind ihm (p. 225) cylinder- oder kegelförmige Gebilde, welche durch die spiralförmig gewundene Faser dargestellt werden, um welche sich erst später eine feine Haut bilde. Als metamorphosirte Spiralföhren faßt er die Ringgefäße, netzförmig verdickten und punctirten Röhren zusammen. Seine Auseinandersetzung über diese kann man nicht wohl anders verstehen, als daß er wirklich eine zeitliche Metamorphose im Sinne Rudolphi's und Link's annahm; obgleich er später im „neuen System“ I p. 140 dies für ein Mißverständniß erklärt, wobei man aber auch wieder nicht ins Reine kommt, wie er es meint; wie in der Morphologie der Organe verfehlte die Unklarheit der Metamorphosenlehre eben auch in der Phytotomie nicht, Mißverständnisse hervorzurufen. Nur die gestreiften und punctirten Gefäße im Holze läßt Meyen Luft, die eigentlichen Spiralfgefäße aber Saft führen. Daß die Gefäße aus Zellen entstehen, was Mirbel bereits behauptet, Treviranus wenigstens zum Theil beobachtet hatte, wird von Meyen nur unbestimmt und schüchtern angedeutet.

Die verschiedenen Formen der milchsafführenden Organe werden als „das Circulationsystem der Pflanzen“ behandelt; in ihm sieht er das Höchste, was die Pflanze hervorbringt, indem er mit Schulz fest überzeugt ist, daß der Milchsaft oder wie auch er ihn nennt, der Lebenssaft, in beständiger Circulation, wie das Blut in den Adern begriffen sei. Die Art und Weise des Verlaufs der milchführenden Organe dagegen wird viel übersichtlicher als früher dargestellt, im Ganzen aber mehr Sorgfalt auf die Natur des Milchsaftes, als auf die Struktur seiner Behälter verwendet. Daß diese letzteren zum Theil durch Zellfusion

entstehen, andere Interzellularräume darstellen, noch andere lange, verzweigte Zellen sind, war Meyen unbekannt, wie auch den späteren Phytotomen bis in die sechziger und siebziger Jahre hinein.

Diese gedrängte Inhaltsübersicht von Meyen's „Phytotomie“ zeigt ein auffallendes Gemenge von Fortschritten und Rückschritten gegenüber dem, was vor ihm geleistet war: neben der schon von Treviranus festgestellten Thatsache, daß die Epidermis nicht bloß aus einem Häutchen, sondern aus einer Zellschicht besteht, was Meyen zugiebt, finden wir den großen Irrthum, daß er die Schließzellen der Spaltöffnungen als Hautdrüsen betrachtet, deren Spalte er ganz als Nebensache behandelt. Noch auffallender aber ist, daß Meyen die verschiedenen Tüpfelbildungen der Zellhäute noch 1830 als Erhöhungen derselben behandelt, indem er die zwei Jahre vorher von Mohl festgestellte Thatsache, daß die Tüpfel des Parenchyms dünnere Stellen sind, ausdrücklich zurückweist (p. 120).

Daß Meyen später in seinem „neuen System“, dessen ganzer erster Band die Phytotomie ausführlich, aber im Ganzen nach demselben Schema wie hier behandelt, zahlreiche Irrthümer berichtigt, viele neue Beobachtungen beibringt, überhaupt vielfache Fortschritte erkennen läßt, braucht kaum besonders hervorgehoben zu werden; auf manche seiner späteren Ansichten jedoch kommen wir im besseren Zusammenhang im Folgenden zurück; hier sei nur erwähnt, daß Meyen auch später den Zellinhalt mehr als seine Zeitgenossen beachtete, besonders die strömende Bewegung ausführlich beobachtete, ohne jedoch das Substrat derselben, das Protoplasma, in seiner Eigenartigkeit zu erkennen. Die Zellhaut, welche Meyen früher für strukturlos gehalten, ließ er später aus feinen Fasern bestehen, eine Ansicht, welche auf richtigen aber nicht hinreichend verfolgten Wahrnehmungen beruhte und später von Mohl und Nägeli berichtigt wurde.

Es ist nicht wohl möglich, einen schärferen Gegensatz zwischen zwei, die gleiche Wissenschaft bearbeitenden Männern zu denken,

als den zwischen Meyen und seinem viel bedeutenderen Zeitgenossen Hugo Mohl: Meyen war mehr Schriftsteller als Forscher; Mohl schrieb verhältnißmäßig wenig in langer Zeit, die er der sorgfältigsten Untersuchung widmete; Meyen beachtete gewissermaßen nur den Habitus, den Gesamteindruck der mikroskopischen Bilder, Mohl kümmerte sich um diesen wenig und ging überall auf die Grundlagen, auf den wahren inneren Zusammenhang der Strukturverhältnisse zurück; Meyen war mit seinem Urtheil bald fertig, Mohl verschob dasselbe nicht selten auch nach langer Untersuchung; Meyen war wenig zur Kritik, wenn auch immerhin zur Opposition geneigt; bei Mohl überwog das kritische Moment bei Weitem das constructive Denken. Meyen hat weniger zur definitiven Beantwortung der wesentlichen Fragen beigetragen, als vielmehr die mannigfaltigsten Erscheinungen an's Licht gezogen, so zu sagen Rohmaterial angehäuft; Mohl dagegen ging gleich von vornherein darauf aus, das Grundwesentliche im Zellenbau der Pflanzen aufzusuchen, die verschiedenen anatomischen Thatsachen zur Aufstellung eines einheitlichen Schema's zu verwerthen.

Auf Hugo Mohl's ¹⁾ hervorragende Bedeutung für die

¹⁾ Hugo Mohl (später H. von M.) geb. zu Stuttgart 1805, gest. als Professor der Botanik zu Tübingen 1872. Er war der Sohn eines württembergischen hohen Staatsbeamten; der Staatsmann Robert Mohl, der Orientalist Julius, der Nationalökonom Moriz Mohl sind seine Brüder. — Der Unterricht auf dem Gymnasium zu Stuttgart, welches er 12 Jahre lang besuchte, beschränkte sich auf die alten Sprachen; Mohl's früh erwachte Vorliebe für Naturgeschichte, Physik und Mechanik fand ihre Befriedigung daher in eifrigen Privatstudien. Seit 1823 studirte er in Tübingen Medicin, wo er 1828 promovirte. Ein nun folgender mehrjähriger Aufenthalt in München brachte ihn in Verkehr mit Schrank, Martius, Zuccarini, Steinheil und bot ihm reiches Untersuchungsmaterial für seine Arbeiten über Palmen, Farne und Cycadeen. Schon 1832 folgte er einem Ruf als Professor der Physiologie nach Bern; nach Schübler's Tode wurde er 1835 Professor der Botanik in Tübingen, wo er, verschiedene Berufungen ablehnend, bis zu seinem Tode blieb. Zur Einsamkeit geneigt und nur seiner Wissenschaft lebend, blieb er unverheirathet. Seine äußere

Geschichte nicht nur dieses, sondern auch des folgenden Zeitraums ist schon oben hingewiesen worden. Zudem er gewöhnlich die schon bisher bearbeiteten Fragen der Phytotomie aufnahm, besonders das feste Zellstoffgerüst der Pflanzen zum Gegenstand der eingehendsten Untersuchung machte und in dieser Beziehung die Bestrebungen seiner Vorgänger zum Abschluß brachte, legte er so zugleich einen festen Grund, auf welchem die später von Nägeli begründeten entwicklungsgeschichtlichen Untersuchungen vorgenommen werden konnten. An die früheren Phytotomen schließt Mohl auch insofern an, als bei ihm die Untersuchung der Strukturverhältnisse sich meist in Zusammenhang mit physiologischen Fragen bewegt; ein großer Unterschied aber tritt freilich darin hervor, daß er sich jederzeit darüber klar war, daß durch physiologische Ansichten das Urtheil über sichtbare Strukturverhältnisse nicht beirrt werden darf; seine sehr gründlichen physiologischen Kenntnisse benutzte er vorwiegend dazu, seinen anatomischen Untersuchungen eine bestimmtere Richtung zu geben, den Zusammenhang zwischen Struktur und Funktion der Organe zu beleuchten; kaum bei einem anderen Phytotomen war das Verhältnis von physiologischer und anatomischer Forschung ein so gesundes und fruchtbares, wie bei ihm, dem die völlige Abtrennung der Phytotomie von der Physiologie ebenso fremd war, wie das ungerregte Zueinandergreifen beider, durch welches seine Vorgänger, besonders auch Meyen, zu Mißgriffen verleitet wurden.

Bei seinen anatomischen Forschungen kam ihm eine seltene technische Kenntniß des Mikroskops zu statten; er selbst verstand Linsen zu schleifen und zu fassen, welche den Vergleich mit den

Lebensgeschichte war, wie de Bary sagt, die einfachste: von erster Jugend an glückliche Tage, durch keinerlei ernstes Mißgeschick, von keinem außerordentlichem Ereigniß bewegt. — Mohl war in allen Gebieten der Botanik zu Hause und weit darüber hinaus ein vielseitig und gründlich gebildeter Mann, ein Naturforscher in der besten Bedeutung des Wortes. — Eine sehr hübsche biographische Skizze aus de Bary's Feder findet sich botan. Zeitg. 1872 Nr. 31.

besten ihrer Zeit nicht zu scheuen brauchten. Bei der geringen Bekanntschaft mit dem Mikroskop, welche in den dreißiger und vierziger Jahren unter den meisten Botanikern noch herrschte, war daher Niemand besser als Mohl geeignet, in kleinen Aufsätzen über die praktischen Vorzüge eines Instrumentes zu belehren, Vorurtheile zu beseitigen und schließlich in seiner „Mikrographie“ 1846 eine ausführliche Anweisung zur Handhabung des Mikroskops zu geben.

Viel wichtiger war jedoch die geistige Begabung Mohl's, welche gerade in der Zeit der dreißiger und vierziger Jahre für die Anforderungen der Pflanzenanatomie kaum glücklicher gedacht werden kann. In jener Zeit, wo man auf ungenaue Beobachtungen phantastische Theorien baute, wo Gaudichaud das Dickenwachsthum des Holzes wieder in der von Wolff und Du Petit-Thouars angenommenen Art stattfinden ließ, wo noch Desfontaines' Ansicht vom endogenen und exogenen Wachsthum der Stämme geglaubt wurde, wo Mirbel seine alte Theorie von der Entstehung der Zellen durch neue Beobachtungen und schöne Bilder zu stützen suchte, wo Schulz Schulzenstein die abenteuerlichsten Ansichten über die Milchsaftgefäße von der pariser Akademie mit einem Preis gekrönt sah, wo Schleiden's voreilige Zellentheorie und Befruchtungslehre mit großem äußeren Erfolg auftrat, war es Mohl, der immer wieder auf die genaue Beobachtung zurückging, leichtsinnig aufgestellten Theorien durch sorgfältige monographische Arbeiten den Boden entzog und gleichzeitig eine Summe wohl constatirter Thatsachen zu Tage förderte, an welche die weitere ernste Forschung anknüpfen konnte. Jene Theorien haben längst kaum noch ein historisches Interesse, die damals entstandenen Arbeiten Mohl's aber sind noch jetzt eine reiche Fundstätte von brauchbaren Beobachtungen und wahre Muster klarer Darstellung.

Seiner schriftstellerischen Thätigkeit ging ein sorgfältiges Studium aller botanischen Disciplinen und der nöthigen Hilfswissenschaften voraus. Daß er dabei nicht bloß Kenntnisse

fammelte, sondern die Studien auch dazu benutzte, seine Verstandeskräfte einer strengen Dressur zu unterwerfen, das zeigt schon die auffallende Sicherheit und Klarheit in der Darstellung seiner ersten Untersuchungen. In jener Zeit, wo die Naturphilosophie und die entstellte Goethe'sche Metamorphosenlehre noch fortwucherte, trat Mohl trotz seiner Jugend mit einer Ruhe und Unbefangenheit an die Gegenstände seiner Forschung heran, die besonders dann auffällt, wenn man beachtet, wie sein Freund Unger anfangs ganz in jene Strömung gerieth und nur langsam es dahin brachte, sich auf den festen Boden ächt induktiver Forschung zu retten.

Mohl war wohl in Folge der Uebertreibungen und Verirrungen, welche er in seiner Jugend an der Naturphilosophie kennen lernte, aller Philosophie abhold, indem er offenbar die unförmlichen Auswüchse der Schelling'schen und Hegel'schen Lehren für etwas der Philosophie Wesentliches hielt, wie man leicht aus seiner Rede bei Eröffnung der naturhistorischen Fakultät in Tübingen, welche auf sein Betreiben von der philosophischen abgetrennt worden war, entnehmen kann. Seine Abneigung gegen die Abstraktionen der Philosophie hing offenbar zusammen mit der gegen weitgehende Combinationen und gegen umfassende Theorien, auch da, wo solche sich aus genauen Beobachtungen durch sorgfältige Schlußfolgerungen ergeben. Mohl begnügte sich gewöhnlich mit der Feststellung der Thatfachen im Einzelnen und seine theoretischen Folgerungen hielten sich möglichst eng an das direkt Gesehene, so z. B. seine Theorie des Dickenwächsthums der Zelhäute und wo sich ihm in Folge seiner genauen Beobachtung weitere Fernsichten eröffneten, da hielt er gewöhnlich vorsichtig inne, begnügte sich mit Andeutungen, wo später kühnere Denker ihre Forschung erst aufnahmen; so z. B. bei seiner Untersuchung der Zelhäute im polarisirten Licht. Es war daher wenig Geniales und Schwunghaftes in Mohl's wissenschaftlicher Thätigkeit; dafür entschädigte aber mehr als hinreichend der sichere, feste Boden, den er dem Leser seiner Arbeiten überall darbietet; wenn man von der Lektüre der vor 1844

publicirten phytotomischen Arbeiten Anderer zu denen Mohl's übergeht, so ist hier in der That der vorwiegende Eindruck der Sicherheit; man hat das Gefühl, daß er richtig gesehen haben müsse, weil schon die Art seiner Darstellung als eine ganz natürliche und gewissermaßen nothwendige sich giebt, um so mehr als er selbst jeden möglichen Zweifel hervorhebt und, wenn er ihn nicht zu beseitigen weiß, als solchen bestehen läßt. In dieser Art gleicht Mohl's Darstellung der Moldenhawer's, nur daß sie bei Mohl sich zu einer Meisterschaft entwickelt, welche diesem noch fehlte.

Mit Mohl's Abneigung gegen weitgehende Abstraktionen und philosophische Betrachtung der Beobachtungsergebnisse hing es offenbar zusammen, daß er in einer mehr als vierzigjährigen unausgesetzten Thätigkeit als Phytotom doch niemals dazu kam, eine übersichtliche, zusammenhängende Darstellung der ganzen Phytotomie zu geben. Mohl's Thätigkeit erschöpfte sich in monographischen Arbeiten, welche gewöhnlich an Tagesfragen anknüpften oder sonst durch den Zustand der Literatur hervorgerufen wurden. Da sammelte er dann die ganze Literatur über die betreffende Frage, kritisirte diese und schälte endlich den wahren Kern der Frage heraus, die er nun durch seine eigenen Beobachtungen zu beantworten suchte. Für letztere sah sich Mohl jedesmal zunächst nach den geeignetsten Objecten um, was außer Moldenhawer die Früheren gewöhnlich versäumt hatten; ein solches Object studirte er dann sehr gründlich, um später schwierigere Gegenstände in den Kreis der Untersuchung hinein-zuziehen. So lieferte jede derartige Monographie gewissermaßen einen Typus, an welchen sich später eine größere Zahl von weiteren Beobachtungen anschließen konnte. In einer sehr langen Reihe von gründlichen Monographien behandelte Mohl schließlich alle wichtigeren Fragen der Phytotomie.

Die außerordentliche Sorgfalt der Beobachtung reichte aber auch bei einem so ruhigen Forscher, wie Mohl es war, wenigstens in seinen früheren Jahren nicht hin, ihn vor einigen sehr starken Mißgriffen zu schützen, wie solche in seiner ersten Theorie

der Interzellularsubstanz 1836 und in seiner frühesten Ansicht über die Natur der Pollenzellhaut 1834 sich finden. Diese und einige andere Mißgriffe eines so begabten rein induktiven Forschers sind lehrreich, insofern sie zeigen, daß Beobachtung ohne jede theoretische Grundlage überhaupt psychologisch unmöglich ist; es ist eine Täuschung, zu glauben, ein Beobachter könne die Erscheinungen in sich aufnehmen etwa wie ein photographisches Papier das Bild; vielmehr trifft die sinnliche Wahrnehmung immer schon auf vorhandene Ansichten des Beobachters, auf Vorurtheile, mit welchen sich die Wahrnehmung unwillkürlich verknüpft. Das einzige Mittel, Irrthümern in dieser Beziehung zu entgehen, liegt darin, daß diese Vorurtheile zu klarem Bewußtsein erhoben, ihre logische Brauchbarkeit geprüft, die vorhandenen Begriffe scharf definiert wurden. Als Mohl seine Theorie von der Interzellularsubstanz aufstellte, schwebten ihm offenbar unbestimmte, halb unbewusste Vorstellungen von der Art vor, wie Wolff und Mirbel sie vom Zellenbau der Pflanzen hegten; und als er die Pollenzellhaut aus einer Zellschicht bestehen ließ, subsummirte er unklare Strukturverhältnisse derselben dem damals noch sehr unklaren Begriff Zelle. Als ächter Naturforscher, der sich überall streng an die Ergebnisse der weiteren Beobachtung hält, seine Begriffe durch dieselbe zu klären sucht, der jeder Ansicht nur einen relativen Werth einräumt, kam Mohl indessen über diese Irrthümer bald hinaus und er selbst lieferte die Beweise für die Unrichtigkeit seiner früheren Behauptung. Uebrigens ist, verglichen mit der sehr großen Zahl seiner Untersuchungen die Anzahl wirklich irriger Angaben außerordentlich gering.

Betrachten wir Mohl's Bedeutung für die gesammte Entwicklung der Phytotomie, so können wir in seiner wissenschaftlichen Laufbahn deutlich genug zwei Perioden erkennen, deren erste von 1827 bis ungefähr 1845 reicht. Vor 1845 war er unbestritten der größte Phytotom, allen Mitstrebenden entschieden überlegen; seine Autorität, obwohl von Unbedeutenderen vielfach angefochten, wuchs von Jahr zu Jahr. Einen gewissen Ab-

schluß findet diese Periode in der Herausgabe seiner „vermischten Schriften“ 1845. Bis dahin waren es ganz vorwiegend Untersuchungen über die Form des festen Zellhautgerüstes der Pflanzen, welche das phytotomische Interesse in Anspruch nahmen und auf diesem Gebiet gab es keinen, der sich damals mit Mohl messen konnte. Doch hatte er schon in den dreißiger Jahren angefangen, die Entwicklungsgeschichte der Pflanzenzellen zu studiren: 1833 beschrieb er die Entwicklung der Sporen der verschiedensten Kryptogamen, 1835 die Vermehrung der Zellen durch Theilung bei einer Alge, 1838 auch bei der Entwicklung der Spaltöffnungen; in diese Zeit fallen auch die ersten Beobachtungen Mirbel's über die Entstehung der Pollenzellen (1833). Auch war Mohl der erste, wenn man nämlich von den ziemlich unvollkommenen Andeutungen über die Entstehung der Gefäße bei Treviranus 1806 und 1811 absieht, der die Entwicklungsgeschichte der Gefäße feststellte; und seine Theorie des Dickenwachsthums der Zellhäute, deren Grundzüge schon in seiner Abhandlung über die Poren des Zellgewebes 1828 enthalten sind, darf ebenfalls als eine entwicklungsgeschichtliche Auffassung der Sculpturverhältnisse der Zellhaut gelten.

Schon seit 1838 hatte Schleiden nicht nur überhaupt die Entwicklungsgeschichte ganz in den Vordergrund der botanischen Forschung gestellt, sondern auch eine durchaus verfehlte Theorie der Zellbildung zu Tage gefördert, welcher Mohl trotz seiner älteren viel besseren Beobachtungen wenigstens anfangs seinen Beifall nicht versagte; viel entschiedener aber und mit nachhaltigerem Erfolg bearbeitete Nägeli seit 1842 die Entwicklungsgeschichte der Pflanzenzellen und der Gewebesysteme sowohl, wie der äußeren Organe. Durch ihn wurden ganz neue Momente in die phytotomische Forschung eingeführt und bald zeigte sich, daß auch die bisher bearbeiteten Fragen einer anderen Fassung bedurften. Mohl entzog sich der neuen Richtung nicht, er lieferte sogar eine Reihe ausgezeichnete Untersuchungen, welche sich den neuen Fragen der Zellbildungstheorie angeschlossen, so vor Allem seine Arbeiten über das Protoplasma, dem er den

jetzt gebräuchlichen Namen gab; in seiner Abhandlung, "die vegetabilische Zelle", welche 1851 in Wagner's Handwörterbuch der Physiologie erschien, gab Mohl sogar eine ausgezeichnete Darstellung der neueren Zellbildungstheorie; trotz alldem und trotz der großen Autorität, welche Mohl bis tief in die sechziger Jahre hinein mit Recht genoß, war er doch nicht mehr in demselben Sinne wie vor 1845 der die Richtung bestimmende Führer auf dem Gebiet der Phytotomie.

Zu allen Zeiten war es das feste Gerüst der Pflanzenstruktur in seinem fertigen Zustand, was Mohl's Beobachtungseifer vorwiegend in Anspruch nahm, wenn auch immerhin eine Reihe seiner wichtigsten Arbeiten dem Studium des Zellinhalts gewidmet war.

Abgesehen von seiner Anatomie der Palmen (1831), wo er viele, zum Theil sogar unnöthige Mühe auf histologische Habitusbilder verwendete, sind Mohl's mikroskopische Zeichnungen nicht auf den Gesamteffekt, sondern nur darauf gerichtet, das Verständniß seiner Strukturverhältnisse der einzelnen Zellen und ihrer Verbindung durch möglichst einfache Linien klar zu legen. Die später von Schacht eingeführte, zum Theil an Spielerei grenzende Herstellung von mehr künstlerisch ausgestatteten mikroskopischen Bildern verschmähte Mohl jederzeit und in seinen späteren Publikationen wurden die Abbildungen immer sparsamer oder ganz weggelassen in dem Maße, als es mehr und mehr gelang, auch schwierige Strukturverhältnisse durch Worte klar zu machen.

Bei dem außerordentlichen Reichthum von Mohl's wissenschaftlicher Thätigkeit ist es nicht leicht, dem Leser ein anschauliches Bild derselben vorzuführen, aber doch nöthig, wenigstens ihre Hauptergebnisse übersichtlich zusammenzufassen, um in allgemeinen Zügen Mohl's historische Bedeutung für unsere Wissenschaft darzustellen; mit Uebergang mancher für die Hauptfragen der Phytotomie unwesentlichen Abhandlungen, werde ich hier nur die den Bau des festen Gerüsts der Pflanzenstruktur betreffenden Leistungen hervorzuheben suchen, da sich seine ent-

wicklungsgeschichtlichen Untersuchungen erst im Zusammenhang mit den im folgenden Kapitel zu behandelnden Fragen in ihrer historischen Bedeutung verstehen lassen. Doch beschränke ich mich dabei keineswegs auf Mohl's Leistungen vor 1845, obgleich ich dadurch vielfach genöthigt bin, Arbeiten zu erwähnen, welche der zeitlichen Reihenfolge nach erst dem folgenden Zeitraum, ja beinahe der Gegenwart angehören.

1. Die Zelle als alleiniges Grundelement der Pflanzenstruktur war zwar schon von Sprengel und Mirbel behauptet, aber nicht auf genaue Beobachtungen gestützt worden. Auch hatte schon Treviranus gezeigt, daß die Gefäße im Holz durch reihenweise Verbindung zellenähnlicher Schläuche entstehen, ohne jedoch diese Wahrnehmung auch später zu voller Klarheit durchzuführen. Andererseits stand der Annahme, daß die Pflanze ganz und gar aus Zellen bestehe, noch lange die sonderbare alte Ansicht entgegen, wonach die Spiralfaser ein selbständiges Grundorgan der Pflanzenstruktur sein sollte, eine Ansicht, die Meyen 1830 noch vertrat. Als der wahre Begründer des so höchst wichtigen Satzes, daß nicht nur die faserförmigen Elemente des Bastes und Holzes, die man längst als gestreckte Zellen betrachtete, sondern auch die Gefäße des Holzes aus Zellen entstehen, ist Mohl zu betrachten und wir dürfen in dieser Beziehung großes Gewicht auf seine eigene Behauptung legen, er sei der Erste gewesen, welcher die Entstehung der Gefäße aus Reihen geschlossener Zellen erkannt habe; diese Entdeckung fällt schon in das Jahr 1831, wo er in seiner Abhandlung über die Struktur des Palmenstammes die entscheidenden Beobachtungen, wenn auch kurz, doch deutlich beschrieb. Er sah damals die Scheidewände an den Einschnürungen der Gefäße, deren Existenz von fast allen früheren Phytotomen geleugnet worden war: „Diese Scheidewände weichen, sagt er von den übrigen Membranen der Pflanzen durchaus ab, indem sie von einem Netz dicker Fasern, welche Oeffnungen zwischen sich lassen, gebildet sind.“ Die Entwicklungsgeschichte dieser Gefäße studirte er sowohl an Palmen, wie an dikotylen Pflanzen:

„Im jungen Triebe finde man an den Stellen, an welchen später die großen Gefäße liegen, vollkommen geschlossene, große cylindrische Schläuche, die aus einen wasserhellen, sehr zarten Membran bestehen.“ Er zeigt nun, wie nach und nach auf der Innenseite der Schläuche die den Gefäßwandungen eigene Skulptur entsteht und erwähnt bei dieser Gelegenheit, daß von einer zeitlichen Metamorphose einer Gefäßform in eine andere durchaus keine Rede sein kann, wie auch Treviranus schon und Bernhardt behauptet hatten. „Auf ganz analoge Weise (wie die Seitenwandungen der Gefäße) bilden sich auch die Scheidewände (Querwände) aus; bei diesen geht aber meistens die ursprüngliche, zarte Membran mit der Zeit in den Maschen des Fasernetzes zu Grunde.“ Seitdem ist an dieser Auffassung der Gefäße im Holz von keinem urtheilsfähigen Phytotomen mehr gezweifelt worden. Es ist aber auffallend genug, daß Mohl, der einen so großen Werth auf den Nachweis, daß die Zelle die alleinige Grundlage der Pflanzenstruktur sei, legte, diesen Nachweis doch niemals auf die Milchgefäße und anderer Sekretionskanäle ausgedehnt hat, um zu zeigen, ob und wie auch diese aus Zellen entstehen; noch 1851 („vegetabilische Zelle“) bezweifelte er Unger's Behauptung, daß auch die Milchsaftgefäße aus reihenweise geordneten, mit einander verschmelzenden Zellreihen sich bilden und hielt die Ansicht eines Ungenannten (bot. Zeitg. 1846 p. 833), wonach die Milchsaftgefäße häutige Auskleidungen von Lücken des Zellgewebes seien, für richtiger. Ihm mochte wohl der Geschmack an der Untersuchung dieser und ähnlicher Sekretionsorgane verdorben sein, nachdem Schulz Schulzenstein seit 1824 durch seine verschiedenen Abhandlungen über den sogenannten Lebenssaft und den von ihm behaupteten Kreislauf desselben dieses Gebiet der Phytotomie zu einem wahren Sumpf von Irthümern gemacht und sich nicht gescheut hatte, Mohl, der ihm mehrfach entgegentrat, in unanständigster Weise zu erwidern; zudem wurde Schulz's von Unsinn strogende Schrift: „Ueber die Circulation des Lebenssaftes“ 1833 von der Pariser Akademie mit einem Preis gekrönt.

2. Das Dickenwachsthum der Zellhaut und ihre dadurch entstandene Skulptur war ein die meisten Arbeiten Mohl's durchziehendes Thema. Schon 1828 in seiner ersten Arbeit über „die Poren des Pflanzengewebes“ hatte er die Grundzüge seiner Ansicht entwickelt. Die Art, wie er auch später noch das Dickenwachsthum der Zellhäute sich vorstellte, läßt sich ungefähr in folgender Weise aussprechen: Alle Elementarorgane der Pflanze sind ursprünglich sehr dünnwandige, vollkommen geschlossene Zellen, die innerhalb des Gewebes durch doppelte Wandlamellen von einander getrennt sind ¹⁾, an diesen primären Zellmembranen lagern sich, nachdem ihre Umfangszunahme aufgehört hat, auf der Innenseite neue Schichten von Hautsubstanz ab, die einander schalenartig umgeben, unter sich fest verbunden sind und die Gesamtheit der sekundären Verdichtungsschichten darstellen; auf der Innenseite dieser so durch Apposition verdickten Haut ist gewöhnlich ²⁾ noch eine anders beschaffene tertiäre Verdichtungsschicht zu erkennen. Die schichtenweise Ablagerung auf der ursprünglichen Zellhaut findet jedoch an einzelnen, scharf umschriebenen Stellen, der Zellhaut nicht statt, an diesen ist die Zelle auch später noch durch die primäre Membran allein begrenzt; diese dünnen Stellen der Zellhaut sind es, welche den Namen Lüpfel führen, welche Mirbel und zum Theil Moldenhawer für Löcher gehalten hatten, die aber nach Mohl nur in sehr seltenen Ausnahmefällen durch Resorption der primären, dünnen Wand wirklich in Löcher verwandelt werden. Dieser Theorie entsprechend entstehen die Spiral- Ring- und Netzgefäße durch entsprechend geformte Ablagerung auf der Innenseite der ursprünglich glatten, dünnen Wand. Wie Schleiden und andere Phytotomen kam jedoch auch Mohl

¹⁾ Doch äußerte Mohl schon 1844 (botan. Zeitung p. 340) Zweifel über diesen Punkt.

²⁾ Diese tertiäre Schicht wurde zuerst allgemein von Theodor Hartig, dann mit Einschränkung von Mohl 1844 angenommen.

weder über die Entstehung noch über die Bildung der fertigen, gehöften Tüpfel in's Reine; man ließ an den entsprechenden Stellen die beiden Lamellen der doppelten Scheidewand so auseinander weichen, daß ein linsenförmiger Hohlraum zwischen beiden entstand, welcher dem äußeren Hofe des Tüpfels entsprach während der innere Hof desselben auf gewöhnlicher Tüpfelbildung beruhte. Diese durch die Entwicklungsgeschichte als falsch nachweisbare Ansicht entsprang in der That aus ungenauer Beobachtung, ein bei Mohl seltener Fall, übrigens wurde der wahre Sachverhalt bei der Bildung der gehöften Tüpfel erst 1860 von Schacht aufgefunden.

Es wurde oben erwähnt, daß Meyen in seinem „neuen System der Physiologie“ 1837 (I p. 45) die Zellhäute aus spiralig gewundenen Fasern zusammengesetzt sein ließ; Mohl hatte schon 1836 an gewissen langen Faserzellen von Vinca und Nerium Strukturverhältnisse beschrieben, welche man vorläufig in dieser Weise deuten konnte; durch Meyen's Auffassung der Sache veranlaßt, kam Mohl 1837 noch einmal ausführlich auf die feineren Strukturverhältnisse der Zellhaut zurück; er klärte zunächst die Frage, indem er diejenigen Fälle, wo wirklich spiralförmige Verdickungen auf der Innenseite der Haut verlaufen, von denen unterschied, wo die an der Oberfläche glatte Haut doch eine feine, in Form spiraliger Linien sichtbare innere Struktur zeigt; für diese Fälle nahm er eine eigenthümliche Lagerung der Zellstoffmoleküle an, indem er die Möglichkeit eines derartigen Verhaltens an der Spaltbarkeit der Krystalle zu versinnlichen suchte (Vermischte Schriften p. 329); indeß gelang es ihm noch nicht diese feinsten Strukturverhältnisse, die wir jetzt als die Streifung der Zellhaut bezeichnen, so klar zu legen, wie es später Nägeli im Zusammenhang mit seiner Molekulartheorie gethan hat.

3. Im engsten Zusammenhang mit Mohl's Theorie des Dickenwachsthum der Zellhäute stand die Frage nach ihrer Substanz und chemischen Natur; Mohl beschäftigte sich schon 1840 ausführlich mit den Reaktionen, welche verschie-

dene Zellhäute mit Jodlösung unter verschiedenen Verhältnissen ergeben, eine Frage, welche in den letzten Jahren durch Meyen und Schleiden verschieden beantwortet worden war; Mohl kam zu dem Resultat, daß das Jod den vegetabilischen Zellhäuten je nach der Menge, in welcher es aufgenommen wird, sehr verschiedene Farben erteilt; eine geringe Menge erzeuge gelbe oder braune, eine größere violette, eine noch größere blaue Färbung; zum Theil hänge dieß von der Quellungsfähigkeit der Haut ab; zumal beruhe die blaue Färbung hauptsächlich darauf, daß eine hinreichende Menge Jod eingelagert wird. Größeres Interesse gewann die Frage nach der chemischen Natur des festen Gerüstes des Pflanzenkörpers, jedoch erst durch eine sehr wichtige Arbeit von Payen 1844 ¹⁾, worin derselbe nachwies, daß die Substanz aller Zellhäute, wenn sie von fremden Einlagerungen gereinigt sind, die gleiche chemische Zusammensetzung zeigt. Nach Payen's Ansicht ist dieser Stoff, die Cellulose, in den jungen Zellhäuten ziemlich rein vorhanden, in den älteren dagegen durch „infrustirende Substanzen“ verunreinigt, deren Anwesenheit die physikalischen und chemischen Eigenschaften der Zellhäute in verschiedener Weise verändert. Diese infrustirenden Substanzen können durch Behandlung der Zellhäute mit Säuren, Alkalien, Alkohol, Aether mehr oder weniger vollständig ausgezogen werden, während andere, unorganische Stoffe nach der Verbrennung der Häute als Aschen skelett zurückbleiben. Dieser gegenwärtig weiter ausgebildeten Theorie trat bald darauf Mulder mit der Behauptung entgegen, daß ein großer Theil der die Zellhäute zusammensetzenden Schichten von Anfang an aus anderen Verbindungen und nicht aus Cellulose bestehe; zugleich leitete Mulder aus dieser Behauptung Folgerungen über das Dickenwachsthum der Zellhäute ab. Er

¹⁾ Anselm Payen geb. 1795 zu Paris, gest. 1871 war Professor der industriellen Chemie an der Pariser école des arts et métiers. Seine für die Botanik wichtigen Abhandlungen waren: Mémoire sur l'amidon etc. Paris 1839 und besonders mém. sur le développement des végétaux in den Memoiren der Pariser Akademie.

und Harting behaupteten, auf mikroskopische Untersuchungen gestützt, daß die innerste tertiäre Schicht verdickter Häute die älteste sei, auf deren Außenseite die anderen nicht aus Zellstoff bestehenden Schichten abgelagert werden. Dieser Ansicht trat nun Mohl in der botanischen Zeitung 1847 entschieden und siegreich entgegen, ebenso wies er („Vegetabilische Zelle“ p. 192) die auf unklaren chemischen Begriffen ruhende Ansicht Schleiden's von der verschiedenen Substanz der Zellhäute zurück.

Es würde uns viel zu weit führen, wollten wir hier ausführlicher auf diesen wissenschaftlichen Streit eingehen; Payen's von Mohl adoptirte und weiter ausgebildete Ansicht von der chemischen Natur der Pflanzenzellhaut hat sich bisher erhalten und gilt allgemein als die richtige; Mohl's Theorie des Dickenwachsthums dagegen wurde später (1858) durch Nägeli's Wachstumstheorie in ihren Grundlagen erschüttert und man darf wohl sagen, in der Hauptsache für immer beseitigt. Nichts desto weniger war aber Mohl's Theorie des Dickenwachsthums der Zellhäute für die Entwicklung unserer Ansichten vom Zellenbau der Pflanzen von großem Nutzen: indem sie sich an die unmittelbar sichtbaren Verhältnisse ganz eng angeschlossen, war sie zugleich geeignet, fast alle Skulpturverhältnisse der Zellwände unter einen einheitlichen Gesichtspunct zu bringen und ihre Entstehung auf ein allgemeines und sehr einfaches Schema zurückzuführen: jede derartige Theorie ist für den Fortschritt der Wissenschaft schon, weil sie die gegenseitige Verständigung erleichtert, von großem Nutzen, der sich in diesem Fall sofort zeigte, als Nägeli seine tiefer gefasste Theorie der Intussusception aufstellte; das Verständniß dieser letzteren wird ganz wesentlich erleichtert, wenn man vorher die Mohl'sche Theorie in ihren Grundlagen und Consequenzen genau kennen gelernt hat. — Zum Schluß sei hier noch erwähnt, daß Mohl später (Bot. Zeitung 1861) in seiner Untersuchung über das Vorkommen der Kieselsäure in den Zellhäuten einen sehr reichhaltigen und folgenreichen Beitrag zur Kenntniß der feineren Struktur der Zellhäute,

und der Art, wie inkrustirende Substanzen sich in diese ablagern, lieferte.

4. In enger Verbindung mit den älteren Theorien der Zellbildung, aber im Widerspruch mit der noch jetzt geltenden, 1846 von Nägeli begründeten Zellenlehre, standen in den zwanzig Jahren von 1836—1856 die Ansichten der Phytotomen über die sogenannte Interzellularsubstanz. Mohl selbst hatte diesen Begriff in einer seiner früheren und weniger guten Abhandlungen: „Erläuterung meiner Ansicht von der Struktur der Pflanzensubstanz“ 1836 zuerst in die Wissenschaft eingeführt, mehr im Widerspruch, als im Zusammenhang mit seiner eigenen Theorie von dem Wachsthum und der Struktur der Zellhäute. Von den schwer zu beurtheilenden, zum Theil ganz eigentümlichen Zellhautbildungen mancher Algen ausgehend, glaubte Mohl auch bei den höheren Pflanzen zwischen den scharf umschriebenen, die Zellräume umgrenzenden Häuten, die er für die ganzen Zellhäute hielt, in vielen Fällen eine Substanz wahrzunehmen, in welche die Zellen eingelagert sind, wenn diese Zwischensubstanz massenhaft auftritt; während sie nur als dünne Schicht, wie ein Kitt erscheint, wenn sie in geringer Menge zwischen den einander drückender Zellen liegt. Nachdem sich schon Meyen im neuen System“ 1837 (p. 162 u. 174) gegen diese Ansicht erklärt hatte, kam auch Mohl selbst mehr und mehr vor derselben zurück, er schränkte das Vorkommen der Interzellularsubstanz später auf gewisse Fälle ein, da er sich überzeugte, daß Vieles, was er früher für solche gehalten hatte, nur aus „sekundären Verdickungsschichten“ bestehe, zwischen welchen er noch die primären Lamellen der Zellhäute hindurchlaufen sah. Uebrigens wurde von anderen Phytotomen, zunächst von Unger (Bot. Zeit. 1847 p. 289), später aber ganz besonders von Schacht die Theorie der Interzellularsubstanz aufgenommen und weiter ausgebildet; als Gegner derselben trat jedoch Wigand (Bot. Unters. 1854 p. 67) auf, indem er in konsequenter Fortbildung der Mohl'schen Zellhauttheorie die dünnen Schichten der Interzellularsubstanz ebenso wie die von Mohl zuerst richtig unterschiedene

Cutikula als primäre Zellohantlamellen in Anspruch nahm, deren Substanz eine tief greifende chemische Veränderung erlitten habe. — Auch diese Ansichten von der Interzellularsubstanz und der Cutikula mußten übrigens eine wesentlich andere Gestalt annehmen, als Nägeli seine Intussuceptionstheorie aufstellte.

Bei der hier gebotenen Kürze der Darstellung müssen diese Notizen genügen, um Mohl's Bedeutung für die Ausbildung der Zellentheorie, soweit dieselbe den Bau des festen Zellohantgerüstes betrifft, anzudeuten; auf seine Beobachtungen über die Entstehung der Zellen selbst komme ich später noch zurück.

5) Gewebeformen und vergleichende Anatomie. Die schwächste Seite der Phytotomie bis in die dreißiger Jahre hinein lag in der Classification der Gewebeformen, in der Auffassung ihrer Gruppierung und demzufolge in der histologischen Nomenclatur. Die darin liegenden Uebelstände machten sich besonders dann geltend, wenn es darauf ankam, den anatomischen Bau verschiedener Pflanzenklassen, der Cryptogamen, Coniferen, Monokotylen und Dikotylen zu vergleichen, die wahren Unterschiede und wirklichen Uebereinstimmungen derselben festzusetzen. Wie wenig die Phytotomie in dieser Richtung noch fortgeschritten war, zeigt sich deutlich in der von Meyen noch 1837 im neuen System gegebenen Darstellung. Es gehört mit zu den Verdiensten Mohl's, daß er schon in seinen früheren Arbeiten mehr als es seine Zeitgenossen thaten, Werth auf eine natürliche und zweckmäßige Unterscheidung der verschiedenen Gewebeformen, auf eine richtige Auffassung ihrer Gruppierung legte und so nicht nur die Orientierung im Gesamtbau der höheren Pflanzen erleichterte, sondern auch die wissenschaftliche Vergleichung der Struktur verschiedener Pflanzenklassen ermöglichte.

Wie lange vorher Moldenhawer, so faßte auch Mohl von vornherein die Gefäßbündel in ihrer Eigenartigkeit den übrigen Gewebemassen gegenüber richtig auf, indem auch er dabei von den Monokotylen ausging; schon in seiner 1831 erschienenen Abhandlung über die Struktur der Palmen und nicht

minder in seinen späteren Untersuchungen über die Stämme der Baumfarne, der Cycadeen und Coniferen, sowie der eigenthümlichen Stammformen von *Isoetes* und *Tamus elephantipes* die man in seinen vermischten Schriften von 1845 zusammengestellt findet, ist die richtige Auffassung der Gefäßbündel als eigentlicher Systeme verschiedener Gewebeformen die Ursache der Klarheit und Verständlichkeit seiner Darstellung, durch welche sich Mohl's Behandlung dieser Gegenstände der bisherigen Literatur gegenüber (Moldenhawer ausgenommen) als eine ganz neue zu erkennen gibt. Sind diese Arbeiten Mohl's auch durch die späteren entwicklungsgeschichtlichen Studien anderer überholt, so waren sie doch ihrerzeit gewissermaßen der feste Kern, an welchen sich die weiteren vergleichenden Untersuchungen über die Struktur zumal der Stämme anlehnen konnten. Zu einer richtigen Einsicht in den Bau derselben mußte zunächst beitragen, daß Mohl an Moldenhawer anknüpfend, in den Gefäßbündeln den Holztheil und den Basttheil unterschied und beide als wesentliche Constituenten eines ächten Gefäßbündels betrachtete; nicht minder wichtig waren Mohl's Untersuchungen über den Längsverlauf der Gefäßbündel im Stamm und Blatt und die Hervorhebung der Thatsache, daß bei den Phanerogamen die im Stamm verlaufenden Stränge nur die unteren Enden derselben Gefäßbündel sind, deren obere Enden in die Blätter hinausbiegen, sowie der Nachweis, daß in dieser Beziehung die Monocotyledonen und Dicotyledonen übereinstimmen, wenn auch die Art des Gefäßbündelverlaufs bei beiden namhafte Unterschiede darbietet. Ein bedeutendes Ergebnis erzielte er in dieser Beziehung schon in seiner Untersuchung über die Palmenstämme 1831, wo er die Unrichtigkeit der von Desfontaines aufgestellten, von DeCandolle sogar zur Systematik verworthen Unterscheidung eines endogenen und exogenen Dickenwachsthums nachwies. Nach Desfontaines sollte das Holz der Monocotylen in Form zerstreuter Bündel auftreten, von denen diejenigen, welche oben in die Blätter auslaufen, aus dem Centrum des Stammes herkommen. Aus dieser sehr unvollständigen Beobachtung hatte er

die Ansicht abgeleitet; daß die Gefäßbündel der Monocotylen im Centrum des Stammes entstehen und daß dieß so lange stattfinden, bis die älteren erhärteten Bündel im Umkreis desselben eine so feste Scheide bilden, daß sie dem Andränge der jüngeren widerstehen, womit dann jedes weitere Dickenwachsthum desselben aufhören müsse, und daß hierin die säulenförmige Gestalt des monocotylen Stammes begründet sei. Diese Lehre fand allgemeine Billigung und wurde von De CandoUe dazu benutzt, die Gefäßpflanzen überhaupt in endogene und exogene einzutheilen, wie denn überhaupt in der ersten Hälfte unseres Jahrhunderts vielfach die Neigung hervortrat, die großen Gruppen des Pflanzenreichs durch anatomische Charaktere zu unterscheiden. Zwar zeigte schon Du Petit-Thouars, daß manche monocotylen Stämme ebenfalls unbegrenzt in die Dicke wachsen, es gelang ihm aber ebensowenig, wie den späteren Beobachtungen Mirbel's jene Theorie zu erschüttern, deren Anhänger in solchen Fällen außer dem Centralwachsthum auch noch ein peripherisches annahmen. Da klärte Mohl in der genannten Abhandlung den wahren Verlauf der Gefäßbündel im monocotylen Stamm vollständig auf, womit die ganze Theorie des endogenen Wachsthums sofort für jeden Urtheilsfähigen beseitigt wurde, wenn auch immerhin manche, selbst hervorragende Systematiker den alten Irrthum noch lange conservirten. — Was Mohl in der vergleichenden Anatomie der Stämme leistete, stützte sich vorwiegend auf eine sorgfältige Beobachtung der fertigen Gewebemassen, und wo er auf die Entwicklungsgeschichte zurückging, da pflegte er doch nicht bis auf die allerersten lehrreichsten Entwicklungsphasen zurückzugreifen; diesem Umstand ist es zuzuschreiben, daß es ihm nicht gelang, die wahre Uebereinstimmung und Verschiedenheit im Bau der Baumfarne und anderer Gefäßkryptogamen den Phanerogamen gegenüber vollständig klar zu legen; nicht minder blieb er auf halbem Wege stehen, als es sich darum handelte, das nachträgliche Dickenwachsthum der dikotylen Stämme aus der Natur ihrer Gefäßbündel und der Entstehung des Cambiums zu er-

klären; die weniger auf Beobachtung, als auf ideeller Schematisirung beruhende Darstellung des Dickenwachsthums, welche er noch 1845 (Verm. Schr. p. 153) gab, ist in hohem Grade unklar, und selbst seine 1858 in der botanischen Zeitung veröffentlichte Abhandlung über die Cambialschicht des Phanerogamenstammes, wo er die neueren Lehren Schleiden's und Schacht's kritisiert, läßt an Klarheit sehr viel zu wünschen übrig, wenn auch immerhin seine Ansichten wesentliche Fortschritte den früheren gegenüber darbieten; zu einem genügenden Abschluß Betreffs des Dickenwachsthums des Holzkörpers und der Rinde kam es erst später, als man auch die Histologie der Pflanzen durchaus entwicklungs-geschichtlich zu behandeln anfing.

Wie Mohl die Eigenartigkeit der Gefäßbündel den anderen Gewebemassen gegenüber von vornherein betonte und festhielt, so erkannte er auch in der Epidermis und den verschiedenen Formen des Hautgewebes etwas durchgreifend Eigenthümliches und mehr, als bei jenen, gelang es ihm hier, zu voller Klarheit durchzubringen. Vor Mohl's Arbeiten hatte man von der Epidermis und den verschiedenen anderen Formen des Hautgewebes höchst unklare Vorstellungen; das Beste und Wichtigste, was wir gegenwärtig davon wissen, hat Mohl nachgewiesen. Ganz besonders wichtig wurden seine Untersuchungen über die Entstehung und wahre Form der Spaltöffnungen 1838 und 1856, sowie über die Cutikula und ihr Verhältniß zur Epidermis 1842 und 1845; ganz neue Thatsachen förderte Mohl durch seine Untersuchungen über die Entwicklung des Korkes und der Borke 1836 zu Tage; diese Gewebeformen waren bis dahin kaum jemals sorgfältig untersucht, ihre Entstehung und Beziehung zur Epidermis und zum Rindengewebe völlig unbekannt. In der genannten Abhandlung, einer seiner besten, wurde zuerst die Verschiedenheit des aus Kork bestehenden Periderms und der wahren Epidermis dargethan, die verschiedenen Formen des Periderms beschrieben, und die merkwürdige Thatsache festgestellt, daß die Bildung der Borkeschuppen durch die Entstehung feiner Korklamellen veranlaßt wird, durch welche nach und nach immer

tiefer liegende Theile der Rinde außer Zusammenhang mit dem übrigen lebendem Gewebe gesetzt werden, während sie selbst absterbend sich zu einer rauhen Kruste anhäufen, welche als Borke die meisten dicken Baumstämme umgiebt. Die Untersuchung war so gründlich und umfassend, daß spätere Beobachter, besonders Sanio 1860, nur noch feinere entwicklungsgeschichtliche Verhältnisse nachzutragen vermochten. Noch in demselben Jahr erschien auch die Untersuchung über die Lenticellen, wo Mohl jedoch über sah, was gleichzeitig Unger entdeckte (Flora 1836), daß diese Gebilde unter den Spaltöffnungen entstehen; dafür berichtete er aber sogleich die abenteuerliche Annahme Unger's, wonach die Lenticellen ähnliche Gebilde, wie die Keimförnerhaufen der Jungermannien-Blätter sein sollten; Unger seinerseits zögerte nicht, Mohl's Deutung der Lenticellen als lokaler Korkbildungen anzunehmen.

Bei der scharfen Hervorhebung der Eigenartigkeit der Gefäßbündel, sowie der verschiedenen Hautgewebeformen von Seiten Mohl's muß es Wunder nehmen, daß er ebensowenig, wie die späteren Phytotomen, das Bedürfnis empfand, auch die noch übrigen Gewebemassen in ihrer eigenthümlichen Gruppierung als ein Ganzes, als ein eigenartiges Gewebesystem aufzufassen, die verschiedenen Gewebeformen desselben zu classificiren und zweckmäßig zu benennen, wozu ihm gerade die Untersuchung der Baumfarne eine Veranlassung hätte bieten können. Mohl begnügte sich ebenso wie die gleichzeitigen Phytotomen, Alles, was nicht Epidermis, Kork oder Gefäßbündel ist, als Parenchym zu bezeichnen, ohne diesen Ausdruck scharf zu umgrenzen.

Wir verlassen hiemit Mohl's Thätigkeit einstweilen, um im folgenden Capitel noch wiederholt auf seine Bethheiligung an dem weiteren Fortschritt der Phytotomie zurückzukommen. Man kann sich Mohl's Bedeutung für die Geschichte unserer Wissenschaft vielleicht am besten dadurch klar machen, daß man es versucht, die hier genannten Leistungen desselben als überhaupt gar nicht existirend zu betrachten; es würde in diesem Falle in der neueren phytotomischen Literatur eine ganz ungeheure Lücke ent-

stehen, die nothwendig erst von anderen hätte ausgefüllt werden müssen, bevor der weitere Ausbau der entwicklungsgehistlichen Zellen- und Gewebelehre stattfinden konnte; kaum denkbar ist, wie sich die späteren Fortschritte, denen wir die jetzige Form der Pflanzenanatomie verdanken, ohne Mohl's vorgängige Leistungen etwa an die Auffassungen Meyen's, Link's und Treviranus' hätten anschließen sollen.

Viertes Capitel.

Entwicklungsgeschichte der Zelle, Entstehung der Gewebeformen, Molecularstructur der organisirten Gebilde.

1840 — 1860.

Es war schon in den dreißiger Jahren bekannt, daß die alten Zellbildungstheorien von Wolff, Sprengel, Mirbel und Anderen nicht auf directe genaue Beobachtung gestützt, sondern nur auf unbestimmte Wahrnehmungen hin eine ungefähre Vorstellung von der Entstehung der Zellen geben sollten. Schon im Laufe der dreißiger Jahre wurden aber wirklich verschiedene Fälle der Neubildung von Zellen genau beobachtet, zum Theil von Mirbel, vorwiegend aber von Mohl, der nicht nur verschiedene Arten der Sporenbildung, sondern auch schon 1835 den ersten Fall von vegetativer Zelltheilung beschrieb. Diese an sich sehr guten Beobachtungen hatten jedoch das Mißliche, daß sie gerade solche Fälle der Zellbildung betrafen, welche bei der gewöhnlichen Vermehrung der Zellen in wachsenden Organen nicht vorkommen und Mohl hütete sich, aus seinen Beobachtungen an Fortpflanzungszellen und an einer wachsenden Fadenalge eine allgemeine Theorie der Zellbildung zu entwickeln: auch Mirbel war so vorsichtig, die Bildung der Pollenzellen, ebenso wie die bei der Keimung der Sporen von ihm angenommene nur als besondere Fälle aufzufassen, indem er für die Entstehung der gewöhnlichen Gewebezellen seine alte Theorie festhielt.

Nicht so verfuhr Schleiden; nachdem er 1838 die freie Zellbildung im Embryosack der Phanerogamen ungenau beobachtet hatte, baute er darauf sofort eine Bildungstheorie der Zelle, welche in allen Fällen, besonders auch in wachsenden Organen allgemeine Geltung haben sollte. Die große Bestimmtheit, mit welcher Schleiden diese Theorie aussprach und jeden Einwand schroff beseitigte, sowie das bedeutende Ansehen, welches sein Name im Anfang der vierziger Jahre genoß, verfehlten nicht, seiner Theorie sofort Eingang in weiten Kreisen zu verschaffen und selbst die bedeutendsten Vertreter der Phytotomie, anfangs auch Mohl nicht ausgenommen, gestanden ihr eine gewisse Berechtigung zu. Indessen handelte es sich hier um ein Gebiet, wo theoretische Erwägungen erst in zweiter Linie maßgebend sind, wo dagegen directe und vielfältige Beobachtung bei sorgfältiger Präparation und mit starker Vergrößerung die Basis aller weiteren Forschung bildet. Unger zeigte so, daß die Vorgänge am Vegetationspunct des Stammes mit Schleiden's Zellbildungstheorie schwer vereinbar sind, worin ihm auch der Engländer Hensley beitrug; mit Energie und Consequenz aber ergriff zuerst Nägeli die ebenso wichtige als schwierige Frage, wie die Zellen in den Fortpflanzungsorganen und bei dem Wachsthum der vegetativen entstehen, inwieweit hierin die niederen Kryptogamen mit den Gefäßpflanzen übereinstimmen; anfangs von der Annahme ausgehend, daß Schleiden's Theorie in der Hauptsache richtig sei, führten ihn jedoch schon 1846 seine sehr ausgedehnten Untersuchungen zu dem Resultat, daß sie vollständig aufgegeben werden müsse und Nägeli selbst lieferte die Grundzüge der gegenwärtig noch geltenden Theorie der Zellbildung. Wie auf dem Gebiete der Morphologie waren es auch hier die niederen Kryptogamen, welche er mit großem Erfolg zuerst in den Bereich der Forschung zog und nicht wenig trugen Alexander Braun's Beobachtungen an sehr einfach gebauten Algen zur weiteren Ausbildung der Zellentheorie, besonders aber zur Erweiterung und Berichtigung des Begriffes Zelle bei; nicht minder waren es Hofmeister's

embryologische Forschungen, welche neben ihren morphologischen Hauptergebnissen auch vielfache Thatsachen zum weiteren Ausbau der Rägeli'schen Zellentheorie lieferten. Je weiter dieselbe sich ausbildete, desto mehr zeigte sich, daß die Aeußerlichkeiten der Vorganges der Zellbildung sehr verschiedene sein können, daß vor Allem auch die früheren Beobachtungen Mohl's einzelne Typen derselben richtig darstellten; was aber im Grunde wichtiger war, als dieses Ergebnis, war die schon von Rägeli 1846 ausgesprochene Thatsache, daß in all' diesen verschiedenen Formen der Zellbildung doch nur die Aeußerlichkeiten und Nebendinge abweichen, während das Wesentliche des Vorgangs überall dasselbe bleibt und bald stellte sich heraus, daß auch die Zellbildung im Thierreich, die jetzt eingehender bearbeitet wurde, in der Hauptsache mit der vegetabilischen übereinstimmt, worauf Schwann (1839) und Kölliker (1845) hinwiesen.

Es ist unnöthig, hier auf die ganz abweichenden, überhaupt nicht auf sorgfältiger Beobachtung beruhenden Theorien einzugehen, welche um dieselbe Zeit Thodor Hartig und Karsten aufstellten; nicht weil sie nach dem übereinstimmenden Urtheil aller besseren Beobachter unrichtig sind, sondern weil dieselben auf die Ausbildung der ganzen Lehre keinen Einfluß genommen haben, also historisch nicht weiter in Betracht kommen.

Es liegt in der Natur der Sache, daß die Untersuchungen über die Entstehung und Vermehrung der Zellen die Aufmerksamkeit der Beobachter dem lebendigen Inhalt derselben mehr und mehr zuwenden mußten, denn dieser ist es, der sich ganz unmittelbar an der Bildung der neuen Zellen bethätigt. Zwar hatte man schon vor 1840 die verschiedenen körnigen, krystallinischen und schleimigen Gebilde des Zellinhaltes vielfach beobachtet, besonders waren es die „Bewegungen des Zellastes“, denen Meyen und Schleiden ihre Aufmerksamkeit zuwandten; aber erst durch die entwicklungsgeschichtlichen Beobachtungen wurde man im Lauf der vierziger Jahre auf eine Substanz aufmerksam, welche sich regelmäßig bei der Entstehung neuer Zellen theiligt, welche den von Robert Brown entdeckten Zellkern einhüllt

und bei dem Wachsthum der Zellen die wesentlichsten Veränderungen erleidet, welche allein den ganzen Körper der Schwärm-sporen darstellt, nach deren Verschwinden aber die Zellhäute als ein todttes Gerüst zurückbleiben. Diese den Lebensproceß der Pflanze viel unmittelbarer als die Zellhaut tragende Substanz hatte Schleiden 1838 gesehen und für Gummi gehalten, Nägeli 1842—1846 sorgfältiger studirt und als eine stickstoffhaltige Substanz erkannt; 1844 und 1846 wurde sie von anderen Gesichtspuncten ausgehend von Mohl ebenfalls beschrieben, mit dem noch jetzt geltenden Namen Protoplasma belegt und darauf hingewiesen, daß diese Substanz, nicht aber der eigentliche Zellsaft es ist, welche die von Corti im vorigen Jahrhundert entdeckte, 1811 von Treviranus wieder an's Licht gezogene Bewegung, die s. g. Rotation und Circulation in den Zellen ausführt. Besonders lehrreich erwiesen sich für das Studium dieser merkwürdigen Substanz abermals die Algen; die von Alexander Braun, Thuret, Nägeli, Pringsheim und De Bary an Algen und Pilzen beobachteten Schwärm-sporen zeigten, daß das Protoplasma ganz unabhängig von der Zellhaut lebensfähig ist, durch innere Kräfte getrieben seine Form verändern und selbst Ortsbewegungen ausführen kann. Schon 1855 wies Unger in seinem Lehrbuch auf die Aehnlichkeit dieser Substanz mit der s. g. Sarcode der niedersten Thiere hin, eine Aehnlichkeit die noch deutlicher hervortrat als 1859 durch De Bary's Studien über die Myxomyceten klar wurde, daß die Körpersubstanz auch dieser Gebilde aus Protoplasma besteht, welches hier lange Zeit und oft in mächtigen Klumpen fortlebt, um erst später Zellhäute zu bilden. Jetzt nahmen auch die Zootomen an diesen Ergebnissen der Botaniker Interesse; Max Schulze (1863), Brücke, Kühne studirten das thierische und pflanzliche Protoplasma und mehr und mehr gewann man im Laufe der sechziger Jahre die Ueberzeugung, daß das Protoplasma, die unmittelbare Grundlage sowohl des vegetativen wie des animalischen Lebens ist; eines der bedeutendsten Ergebnisse der neueren Naturwissenschaft.

Nicht weniger wichtige Resultate als das Studium des Protoplasmas ergab auch das der übrigen organisirten Inhaltstheile der Zellen: Mohl zeigte, daß die Chorophyllkörner, die wichtigsten Ernährungsorgane der Pflanze, aus dem Protoplasma entstehen, Theodor Hartig erwarb sich trotz seiner verfehlten Zelltheorie ein namhaftes Verdienst durch die Entdeckung der sog. Meuronkörner in den Samen und der in ihnen zuweilen vorkommenden crystallähnlichen Einschlüsse, Gebilde, welche ebenfalls aus dem Protoplasma entstehen und deren Substanz zur Neubildung von solchen verwendet wird; Radlkofer, Nägeli u. A. förderten die Kenntniß der Meuronkörner, bezüglich ihrer Form und chemischen Zusammensetzung. Zu ganz besonderen Ergebnissen aber führte eine ebenso umfassende, als tief eindringende Untersuchung, welche Nägeli den schon so oft, zumal von Payen untersuchten Stärkekörnern widmete; das Resultat derselben war ein umfangreiches, nicht nur in der Phytotomie, sondern für die Kenntniß der organisirten Körper überhaupt epochemachendes Werk, welches 1858 unter dem Titel „die Stärkekörner“ erschien. Unter Anwendung von Untersuchungsmethoden, welche bis dahin der gesammten Mikroskopie fremd waren, gelangte Nägeli zu bestimmten Vorstellungen über die Molekularstruktur der Stärkekörner und über ihr Wachsthum durch Einlagerung neuer Moleküle zwischen die vorhandenen. Diese an den Stärkekörnern ausgebildete Intussusceptionstheorie war aber deshalb von so großer Wichtigkeit, weil sie sich unmittelbar auch zur Erklärung des Wachsthums der Zellohant benutzen, überhaupt auf die Molekularvorgänge bei der Entstehung und Veränderung organisirter Gebilde übertragen ließ, während sie zugleich Rechenschaft gab von einer langen Reihe merkwürdiger Erscheinungen, zumal von dem Verhalten der organisirten Körper im polarisirten Licht. Nägeli's Molekulartheorie ist der erste glückliche Versuch, die mechanisch-physikalische Betrachtung auch auf das organische Leben anzuwenden und ohne Zweifel die tiefste Gedankenarbeit, welche bis jetzt die gesammte Botanik aufzuweisen hat.

Indem sich die besten Kräfte der Lösung so schwieriger

Probleme widmeten, blieb doch auch die weitere Ausbildung der eigentlichen Gewebelehre seit den vierziger Jahren nicht zurück. Auch hier war es ganz vorwiegend Nägeli, welcher der weiteren Entwicklung den Anstoß und die Richtung gab; schon in seiner mit Schleiden herausgegebenen Zeitschrift (1844—46) publicirte er eingehende Untersuchungen über die erste Entstehung der Gefäßbündel aus dem gleichartigen Urgewebe; bei den Kryptogamen, entdeckte er die Entstehung der gesammten Gewebemasse der ganzen Pflanze aus der Scheitelzelle des fortwachsenden Stammes; eine Entdeckung, welche zunächst von Hofmeister weitergeführt, in den letzten zwanzig Jahren eine umfangreiche Literatur hervorgerufen hat, welche ebensoviele der Theorie der Gewebebildung, wie der Morphologie und in Folge dessen auch der Systematik zu gute kommt. Hofmeister's, Nägeli's, Hanstein's, Sanio's u. a. Untersuchungen über die erste Entstehung der Gefäßbündel aus dem Urgewebe der jungen Organe führte zu umfassenden Ergebnissen auch für die Morphologie, insofern erst jetzt der morphologische Werth anatomischer und histologischer Verhältnisse sich beurtheilen ließ. Die für die Pflanzenphysiologie so wichtige Thatsache des Dickenwachsthums der Holzpflanzen wurde ebenfalls erst verständlich, als man die erste Entstehung der Gefäßbündel und ihre wahre Beziehung zum Cambium kennen lernte; Hanstein und Nägeli, dann aber ganz besonders Sanio, brachten vor und nach 1860 die mit dem Dickenwachsthum verbundenen Fragen der Hauptsache nach in's Reine. Das Jahr 1860 brachte außerdem noch eine, wenn auch vereinzelt, so doch höchst wichtige Entdeckung auf dem Gebiete der Phytotomie; Schacht, dessen phytotomische Thätigkeit sonst nicht gerade eine ersprießliche war, erwarb sich das Verdienst, die Entwicklungsgeschichte der gehöften Tüpfel festzustellen und zu zeigen, daß, wo im Holzkörper Zellwandungen auf beiden Seiten mit solchen versehen sind, die Zellhöhlen sich mit Luft füllen, indem die ursprüngliche Scheidewand im Tüpfel verschwindet, daß also offene Communication zwischen den benachbarten Zellen und Gefäßen dieser Art hergestellt wird. In äh-

lichem Sinne ist auch Th. Hartigs frühere Entdeckung der Siebröhren im Bastgewebe hervorzuheben; die Klärung des alten Begriffs der „eigenen Gefäße“, ihre Unterscheidung in safthaltige Intercellulargänge, in Milchgefäße und Milchzellen u. dgl. fällt zum großen Theil erst in die Jahre nach 1860.

Wenn ich nun dazu übergehe, zu zeigen, wie die erwähnten bedeutenden Resultate erzielt wurden, so bieten sich manche Schwierigkeiten. Seit 1840 wuchs die botanische Literatur zu einer früher unbekanntem Fülle heran, neben umfangreicheren Werken, welche einzelne Theile der Phytotomie monographisch behandeln und neben einigen Lehrbüchern, sind es vorwiegend die in den botanischen Zeitschriften enthaltenen kleineren Aufsätze, aus denen man die weitere Entwicklung des wissenschaftlichen Gedankens zusammensuchen muß. So sehr auch die Gründung der wissenschaftlichen Zeitschriften dazu beigetragen hat, den Verkehr der Fachmänner zu beschleunigen, so erschwert diese Form der Literatur doch anderseits die Orientirung über das in früheren Jahrzehnten Geleistete und die Auffindung des historischen Zusammenhangs in der Wissenschaft; des Schadens gar nicht zu gedenken, den das Zeitschriftenwesen bei angehenden, jüngeren Fachmännern anzurichten pflegt. Um bei diesem Zustand der hier in Betracht kommenden Literatur eine einigermaßen übersichtliche Darstellung zu gewinnen, werde ich hier abweichend von den früheren Capiteln nicht mehr an die einzelnen Hauptpersonen anknüpfen, sondern die wichtigeren Fragen in ihrer geschichtlichen Entwicklung verfolgen. Dieses Verfahren ist schon insofern geboten, als wir hier nicht mehr auf eigentlich historischen Boden stehen, denn noch lebt die Mehrzahl der Männer, welche die Entwicklung der neuen Lehren seit 1840 bewirkt haben, und zweifelhaft bleibt es, ob die hier versuchte Darstellung nicht auf Widerspruch in diesem oder jenem Sinne stößt. Denn bei der außerordentlichen Meinungsverschiedenheit, wie sie unter den Botanikern selbst über die umfassendsten Fragen der Wissenschaft

besteht, ist es sehr schwer, das herauszufinden, was als wissenschaftliches Gemeingut betrachtet werden darf, ein Uebelstand, an welchem vielleicht keine andere Wissenschaft so sehr wie die Botanik leidet.

In wieweit die einzelnen Botaniker an der Fortbildung der Phytotomie während des hier betrachteten Zeitraums sich betheilig haben, wird aus der folgenden Darstellung von selbst hervorgehen; wenn dabei fast nur von Deutschen die Rede ist, so liegt die Ursache einfach darin, daß die Engländer seit Grew bis auf die neueste Zeit zur Fortbildung der Phytotomie so gut wie gar Nichts beigetragen haben; auch die früher durch Malpighi so großartig vertretenen Italiener bei den hier behandelten Fragen kaum noch in Betracht kommen, während die französischen Botaniker, in dem vorigen Zeitraum durch Mirbel vertreten, zwar auch später noch zahlreiche phytotomische Arbeiten lieferten, ohne sich jedoch an der Entscheidung der hier allein behandelten fundamentalen Fragen wesentlich zu betheiligen.

Wenn wir in der vorhergehenden Periode noch der fortschreitenden Ausbildung des Mikroskops Rechnung tragen mußten, um die Entwicklung der Ansichten von der Pflanzenstruktur zu verstehen, so ist dieß dagegen nach 1840 kaum noch nöthig. Gute und brauchbare Mikroskope mit starker Vergrößerung und klarem Gesichtsfeld standen seit dieser Zeit jedem Phytotomen zu Gebote und wenn die Instrumente auch bis auf den heutigen Tag noch immer vervollkommnet werden, so waren doch die in den vierziger und fünfziger Jahren allgemein verbreiteten in den Händen geschickter Beobachter völlig ausreichend zur Entscheidung der neu gestellten Fragen. Die wesentlichste Verbesserung, welche das Mikroskop in diesem Zeitraum erfuhr, war offenbar die Einrichtung desselben für den Polarisationsapparat und für bequemere Messung der Objekte; wir werden weiter unten sehen, welchen Einfluß zumal die erstgenannte Einrichtung auf die Ausbildung von Nägeli's Molekulartheorie gewann. — Je besser die Mikroskope wurden, und je schwieriger die Fragen, um deren Entscheidung es sich handelte, desto mehr

Sorgfalt mußte fortan auch auf die Präparate selbst verwendet werden: es genügte nicht mehr, gut zu schneiden oder zu zerfasern und die Form der festen Theile des Pflanzenbaues kennen zu lernen; vielmehr wurden Vorsichtsmaßregeln und Hilfsmittel der verschiedensten Art nöthig, um auch die weichen Inhaltmassen der Zellen zu klarer Anschauung zu bringen, das Protoplasma wo möglich im lebenden Zustand und geschützt gegen schädliche Einflüsse zu beobachten; die verschiedensten chemischen Reagentien fanden Anwendung, theils um die Objecte durchsichtiger zu machen, theils um ihre physikalischen und chemischen Eigenschaften zu erkennen; besondere Erwähnung verdient außerdem die von Franz Schultze schon vor 1851 entdeckte Methode, die Zellen durch Kochen in einem Gemenge von Salpetersäure und chlorsaurem Kali binnen wenigen Minuten zu isoliren und so das von Moldenhawer angewendete Macerationsverfahren (durch Fäulniß) abzukürzen, wenn auch nicht ganz zu ersetzen. Mit Einem Wort, die mikroskopische Technik wurde von Schleiden, Mohl, Nägeli, Unger, Schacht, Hofmeister, Pringsheim, De Bary, Sanio u. A. nach den verschiedensten Seiten hin ausgebildet, zu einer Kunst erhoben, welche wie jede andere gelernt und geübt sein will. Den jüngeren Mikroskopikern war seit den fünfziger Jahren Gelegenheit geboten, diese Kunst in den Laboratorien der Aelteren sich anzueignen und so die technische Erfahrung und den wissenschaftlichen Rath derselben sich zu Nutzen zu machen; es entstanden phytotomische Schulen, wenigstens an deutschen Universitäten; anderwärts blieb es freilich noch bei den früheren Zuständen, wo jeder versuchen mußte, auf eigene Hand ganz von vorn anzufangen.

Die allgemeine Verbreitung guter Mikroskope brachte es mit sich, daß man, zumal seit Mohl den richtigen Weg betreten hatte, nunmehr auch höhere Anforderungen an die Ausföhrung mikroskopischer Bilder stellte; und in dieser Beziehung kam dem wissenschaftlichen Bedürfniß die Erfindung des Steindruckes ebenso sehr, wie das Wiederaufleben des Holzschnittes zu statten, wodurch die kostspielige Herstellung von Kupfertafeln vermieden wurde. Die Zahl und Schönheit der mikroskopischen Bilder

wuchs daher nicht bloß bei wissenschaftlichen Monographien, sondern auch die Lehrbücher konnten jetzt mit zahlreichen Abbildungen ausgestattet werden, wodurch die Verständigung über Dinge, welche jeder nur einzeln für sich sehen kann, sehr gefördert wurde. Seit dem Ende des sechzehnten Jahrhunderts war der Holzschnitt immer mehr in Verfall gerathen und durch Kupferstich ersetzt worden; erst in den vierziger und fünfziger Jahren trat der Holzschnitt wieder in sein altes Recht und erwies sich zumal für die Lehrbücher als eine viel bequemere Art der bildlichen Darstellung; so wurden schon Schleiden's Grundzüge 1842, Mohl's „vegetabilische Zelle“ 1851, sodann Unger's und Schacht's Lehrbücher durch zahlreiche zum Theil sehr schöne Holzschnitte bereichert. Für Zeitschriften und Monographien zog man gewöhnlich den Steinruck vor, so wurde z. B. die 1843 von Mohl und Schlechtendal gegründete botanische Zeitung bis in die sechziger Jahre hinein das Hauptorgan für kürzere phytotomische Mittheilungen, durch ebenso zahlreiche als schöne Tafeln aus dem Atelier des Berliner Lithographen Schmidt bereichert.

1. Entwicklung der Zellbildungstheorie von 1838—1851.

Da es sich hier um Fragen von ganz fundamentaler Bedeutung, nicht nur für eine Disciplin, sondern für die gesammte Botanik und sogar für die übrigen Naturwissenschaften handelt, so scheint es geboten, die Begründung und Ausbildung der Zellentheorie, ähnlich wie ich es später bei der Sexualtheorie thun werde, Schritt für Schritt, soweit es der hier gegönnte enge Raum gestattet, zu verfolgen.

Wie gewöhnlich auf dem Gebiet der induktiven Wissenschaften ging auch hier der streng induktiven Forschung eine längere Zeit voraus, wo man auf höchst unvollkommene Wahrnehmungen gestützt, doch schon allgemeine Theorien aufzustellen wagte. Es wurde schon gezeigt, wie Caspar Friedrich Wolff 1759 die Zellen als Vacuolen in einer homogenen Galert entstehen ließ, worin sich ihm noch bis tief in unser Jahrhundert herein

Mirbel der Hauptsache nach anschloß; wie dann ferner Kurt Sprengel und mit ihm eine Reihe späterer Phytotomen, Treviranus noch bis in die dreißiger Jahre hinein, die Zelle aus kleinen Körnchen und Bläschen des Zellinhaltes entstehen ließen, eine Annahme, welcher Link 1807 zwar entgegentrat, der er jedoch später in der Hauptsache beistimmte. Obgleich schon Moldenhawer (Beiträge 1812 p. 70) diese Zellbildungstheorien bestimmt abwies und Wahrnehmungen bekannt machte, welche weiter verfolgt, auf den richtigen Weg geführt haben würden, so blieben doch die Genannten und Andere noch lange bei ihrer früheren Ansicht stehen. Kieser z. B. (Mem. s. l'org. 1812) bildete die Ansicht von Treviranus, daß auch die feinen Körnchen im Milchsaft Zellenkeime seien, die dann in den Interzellularräumen ausgebrütet werden, noch weiter aus. Schulz-Schulzenstein (die Nat. d. leb. Pfl. 1823—28 I. p. 607) verwarf diese Ansichten und ließ die Zellen in ähnlicher Weise wie Wolff und Mirbel entstehen. — Kaum besser als die von Sprengel, Treviranus und Kieser vertretene Ansicht von den Zellenkeimen war übrigens auch die in den vierziger Jahren von Karsten aufgestellte Zellentheorie, welcher schon in den zwanziger Jahren in Frankreich die von Raspail und Turpin¹⁾ aufgestellten, wenn auch mit anderer Nomenclatur auftretenden, doch in der Hauptsache der Sprengel'schen sich anschließenden Ansichten vorausgegangen waren.

Es war Mirbel gegönnt, wie am Anfang des Jahrhunderts, auch dreißig Jahre später noch einmal in die Fortbildung der Phytotomie mit wichtigen, wenn auch zum Theil unrichtig gedeuteten Wahrnehmungen einzugreifen und auch diesmal war es ein deutscher Forscher, Mohl, der seine Beobachtungen und Ansichten berichtete.

In seiner berühmten Abhandlung über die *Marchantia polymorpha*, deren ersten Theil Mirbel 1831—1832 der

¹⁾ Man vergl. darüber Mohl's Citat Flora 1837 p. 13; mir selbst waren die Originale unzugänglich.

pariser Akademie verlegte, die aber erst 1835 in den Mém. de l'Acad. roy l'instit. de France T. 13 erschien, stellte Mirbel drei verschiedene Arten von Zellbildung auf; bei der Keimung der Sporen dieser Pflanze sollten aus dem Keimschlauch neue Zellen hervorsprossen, aus denen sich derselbe Vorgang wiederhole, also ungefähr so, wie es bei der Sprossung der Hefepilze wirklich stattfindet; eine zweite Form der Zellbildung glaubte er bei der Anlage der Brutknospen von Marchantia zu finden, wo er offenbar die successive auftretenden Theilungswände sah, den Vorgang aber im Ganzen unrichtig auffasste; bei dem weiteren Wachsthum der Brutknospen und in anderen Fällen des Wachsthum's sollten die jungen Zellen jedoch, seiner alten Ansicht entsprechend, zwischen den vorhandenen auftreten.

Wie fremdartig diese Vorgänge damals noch erschienen, zeigt Mohl's 1835 als Dissertation gedruckte, 1837 in der „Flora“ wiederholte Abhandlung „über die Vermehrung der Pflanzenzellen durch Theilung“, wo er Mirbel's erwähnte Angaben zwar mit einigen Zweifeln ansieht, sie aber doch im Ganzen gelten läßt, während er seine eigenen viel zahlreicheren und besseren Beobachtungen über die Entwicklung der Sporen Flora 1833 nur ganz gelegentlich erwähnt, obgleich er hier bereits verschiedene Fälle von Zelltheilung und freier Zellbildung deutlich genug gesehen hatte. Auch hatte schon Adolph Brongniart (Ann. d. sc. nat. 1827) die Entstehung der Pollenkörner in ihren Mutterzellen bei *Cobaea scandens*, wenn auch sehr unvollkommen beobachtet und Mirbel im Anhang zu seiner erwähnten Untersuchung die Entstehung der Pollenzellen vortrefflich abgebildet und naturgetreu beschrieben und dennoch unterließ es Mohl diese wichtigen Beobachtungen mit seinen eigenen über die Zelltheilung zu vergleichen; ja selbst 1845, wo er die letzteren neu bearbeitet in den vermischten Schriften herausgab, übersah er noch die naheliegenden Beziehungen zwischen der Bildung jener Pollenkörner und der Sporen mit der Zelltheilung bei *Cladophora*. Dennoch ist diese Abhandlung Mohl's von großer Bedeutung für die Geschichte der Zellbildungstheorie

weil hier zum ersten Mal eine Zelltheilung Schritt für Schritt und mit Hervorhebung aller wichtigen Punkte beschrieben wurde. Auch hatte schon 1832 Dumortier Zelltheilungen beobachtet ¹⁾ 1836 Morren die Theilung der Closterien gesehen, ohne jedoch das nöthige Detail beizufügen. Uebrigens dehnte Mohl seine bei Cladophora gemachten Erfahrungen auch auf einige andere Fadenalgen aus, und wies er auf die Aehnlichkeit dieser Vorgänge mit der Theilung der Diatomeen hin, die er deshalb gegen Ehrenberg, der sie für Thiere hielt, als Pflanzen in Anspruch nahm (Flora 1836 p. 492).

Auf Mohl's Beobachtungen an Cladophora gestützt, erklärte sodann Meyen im zweiten Band seines neuen Systems 1838 die Zelltheilung für einen sehr gewöhnlichen Vorgang bei Algen, Fadenpilzen und Charen, ohne jedoch die Vorgänge, durch welche die Theilung eingeleitet und beendet wird, näher zu untersuchen. Beachtenswerth ist übrigens Meyen's Vergleichung dieser Fälle der Zellbildung mit der Entstehung der Sporen, Pollenkörner und Endospermzellen, insofern dabei doch wenigstens ein Versuch gemacht ist, die jetzt sogenannte freie Zellbildung von der Zelltheilung zu unterscheiden; denn der Mangel dieser Unterscheidung war es offenbar, der eine richtigere Einsicht auf diesem ganzen Beobachtungsgebiet lange Zeit störte. Hätte man, wie es nach den vorliegenden Beobachtungen nahe lag, diese beiden Zellbildungsformen richtig auseinandergelassen, so wäre Schleiden's Theorie von vornherein unmöglich gewesen, die Entwicklung der Zellentheorie wäre nicht auf den Abweg gerathen, den Schleiden seit 1838 einschlug, nämlich die freie Zellbildung, wie er sie im Embryosack der Phanerogamen beobachtet zu haben glaubte, auch auf die Vermehrung der Zellen in vegetativen wachsenden Organen zu übertragen, sie überhaupt für die einzige Form der Zellbildung auszugeben. Dieß wäre um so weniger möglich gewesen, als Mohl in demselben Jahr schon die Entwicklung der Spaltöffnungen durch Theilung einer jungen Epi-

¹⁾ Vergl. Meyens, Neues System II 344.

dermiszelle und spätere Spaltung der Scheidewand in zwei Lamellen ganz zutreffend beschrieb. Aber Mohl hielt sich auch in den nächsten Jahren mit einer mehr als gerechtfertigten Vorsicht von allen theoretischen Betrachtungen über die ihm klar vorliegenden Fälle fern, selbst 1845, wo schon Unger und Nägeli gute Beobachtungen über die Entstehung der Gewebezellen wachsender Organe gemacht hatten, blieb er noch immer unschlüssig (Verm. Schriften 1845 p. 336).

Schleiden's Zellbildungstheorie entstand aus einer schwer begreiflichen Verschmelzung unklarere Beobachtungen und vorgefaßter Meinungen, ja sie erinnert in der Hauptsache stark an die alte Theorie von Sprengel und Treviranus; obgleich diese von Schleiden scharf abgewiesen wurden, ließ doch auch er die neuen Zellen zunächst aus sehr kleinen Körnchen hervorgehen und ebensowenig wie bei jenen, lag auch seiner Theorie eine in allen Punkten durchgeführte Beobachtung zu Grunde.

Robert Brown hatte 1831 (siehe dessen vermischte Schriften von Nees von Esenbeck V. p. 156) den Zellkern zunächst in der Oberhaut der Orchideen entdeckt und seine große Verbreitung in den Gewebezellen der Phanerogamen nachgewiesen, im Uebrigen aber aus der Entdeckung Nichts weiter zu machen gewußt. Der Zellkern blieb ruhig liegen, bis ihn Schleiden plötzlich zur Seele seiner Theorie, zum Ausgangspunct jeder Zellbildung machte. Den übrigen schleimigen Inhalt der Zelle, in welchem Schleiden ohne Angabe genügender Gründe, Gummi als Hauptbestandtheil voraussetzte, betrachtete er als die Bildungssubstanz des Zellkerns, die er als Cytoblastem bezeichnete, während der Zellkern selbst den Namen Cytoblast erhielt. Da sein Cytoblastem mit Fodrlösungen, wie er angiebt, gelb und granulös wird, so dürfen wir in demselben unser Protoplasma wiederfinden.

Um Schleiden's Zellbildungstheorie in ihrer ursprünglichen Form kennen zu lernen, wenden wir uns an seinen Aufsatz: „Beiträge zur Phytogenesis“ (Archiv für Anatomie, Physiologie u. s. w. von Johannes Müller 1838). Die Ab-

handlung beginnt mit einigen Auseinandersetzungen über das allgemeine Grundgesetz der menschlichen Vernunft u. s. w., behandelt die Literatur über die Zellbildung auf einigen Zeilen, wo Mohl's zahlreiche Beobachtungen nicht erwähnt werden, geht dann auf das allgemeine Vorkommen des Zellkerns über, der bei dieser Gelegenheit umgetauft wird, beschäftigt sich dann mit Gummi, Zucker, Stärkemehl, um schließlich zur Sache selbst überzugehen. Zwei Stellen in der Pflanze seien es, wo sich am leichtesten und sichersten die Bildung neuer Organisation beobachten läßt, nämlich im Embryosack und im Ende des Pollenschlauchs, in welchem nach Schleiden's Befruchtungstheorie die ersten Zellen des Embryos entstehen sollen, wo jedoch thatsächlich gar keine Zellen entstehen. An beiden Orten bilden sich nun nach Schleiden im Gummischleim sehr bald kleine Körnchen, wodurch die bis dahin homogene Gummilösung sich trübt. Dann zeigen sich einzelne größere, schärfer gezeichnete Körnchen, die Kernkörperchen und bald nachher treten auch die Cytoblasten auf, die gleichsam als granulöse Coagulationen aus jener Körnermasse erscheinen; in diesem freien Zustand wachsen die Cytoblasten noch bedeutend, sobald sie aber ihre völlige Größe erreicht haben, erhebt sich auf ihnen ein feines durchsichtiges Bläschen; dies ist die junge Zelle die anfangs ein sehr flaches Kugelsegment darstellt, dessen plane Seite vom Cytoblasten, dessen konvexe von der jungen Zelle (der Zellhaut) gebildet wird, die auf jenem ungefähr wie ein Uhrglas auf einer Uhr aufsitzt. Allmählig dehnt sich aber das Bläschen mehr aus, wird consistenter und die Wandung besteht nun mit Ausnahme des Cytoblasten, der stets einen Theil der Wand bildet, aus Galerte. Nach und nach wächst die Zelle über den Rand des Cytoblasten hinaus und wird rasch so groß, daß der letztere nur noch als ein kleiner, in einer der Seitenwände eingeschlossener Körper erscheint. Bei fortschreitendem Wachsthum und bedingt durch den gegenseitigen Druck der Zellen wird ihre Gestalt regelmäßiger und geht dabei häufig in die von Kiefer aus naturphilosophischen Gründen angenommene Grundform des Rhombendodekaeders über. Erst nach der Resorption

des Cytoblasten fängt die Bildung sekundärer Ablagerungen, wovon jedoch einige Ausnahmen statuirt werden, auf der inneren Fläche der Zellwand an. Schleiden glaubt nun (p. 148) mit Recht annehmen zu dürfen, daß der geschilderte Vorgang das allgemeine Bildungsgesetz für das vegetabilische Zellengewebe bei Phanerogamen sei. Es wird noch ausdrücklich hinzugefügt, daß der Cytoblast niemals frei im Innern der Zelle liegen könne, daß er vielmehr immer in eine Duplikatur der Zellwandung eingeschlossen sei und ferner wird hervorgehoben, es sei ein ganz unbedingtes Gesetz, daß jede Zelle (abgesehen vorläufig vom Cambium) als ganz kleines Bläschen entsteht und erst allmählig zu der Größe sich ausdehnt, die sie im ausgebildeten Zustand zeigt. Die Ähnlichkeit dieser Ansicht mit der von Sprengel und Treviranus aufgestellten wird noch erhöht, wenn wir weiterhin lesen, daß von den in den Sporen von Marchantia enthaltenen Zellkeimen meist nur zwei bis vier zur Bildung von Zellen dienen, die anderen dagegen sich mit Chlorophyll überziehen und so dem Lebensprozeß entzogen werden. Wer die auf ebenso zahlreiche als sorgfältige spätere Untersuchungen gegründete neuere Ansicht von den Vorgängen der freien Zellbildung kennt, wird in dem Voranstehenden schwerlich eine einzige richtige Beobachtung finden.

Bald darauf (Linnaea 1839 p. 272) theilte Mohl seine sorgfältigen und in allen Hauptpunkten zutreffenden Beobachtungen über die Theilung der Sporenmutterzellen von Anthoceros mit, wo er mit Bezugnahme auf Mirbel's frühere Angaben hervorhebt, daß die Theilung durch den schleimigen Inhalt selbst bewirkt werde, daß nicht das Hineinwachsen von Zellhautleisten eine passive Theilung des Inhalts der Mutterzelle bewirke.

Der Erste, der sich direkt gegen Schleiden's Lehre aussprach, war Unger ¹⁾, der in der Linnaea 1841 p. 389 seine

¹⁾ Franz Unger wurde 1800 auf dem Gute Amthof bei Leutschach in Südsteiermark als Sohn eines Geschäftsmannes geboren. Seine Gymnasialbildung bis zum 16. Jahr empfing er in dem von Benediktinern ge-

Beobachtungen am Vegetationspunct mittheilte und aus der Größe und Lagerung der Zellen schloß, daß hier die Gewebezellen, durch Theilung, nicht aber in der von Schleiden angegebenen Weise entstehen. Bald darauf beobachtete auch Nägeli (*Linnaea* 1842 p. 252) die Zellbildungsvorgänge in Wurzelspitzen, die er jedoch nicht als Theilungen auffaßte; er sah je zwei Kerne und um diese zwei Zellen in der Mutterzelle entstehen und erklärte die Bildung der Scheidewand durch das Zusammenstoßen der beiden neuen Zellen und ähnlich sei

leiteten Convict zu Graz; nach Vollendung der drei „philosophischen“ Jahrgänge wandte er sich nach seines Vaters Wunsch zur Jurisprudenz, verließ jedoch 1820 Graz und diese Studien um in Wien Medizin zu studiren; 1822 ging er zu gleichem Zwecke nach Prag. Von hier aus unternahm er eine Ferienreise nach Deutschland, wo er Oken, Carus, Rudolphi u. a. kennen lernte; die angeknüpfte Verbindungen und der Umstand, daß Unger seine Reise ohne besondere polizeiliche Erlaubniß angetreten, verwickelten ihn nach der Heimkehr in eine Untersuchung, während welcher er $\frac{3}{4}$ Jahre gefangen gehalten wurde; 1825 wieder in Freiheit gesetzt, wurde er mit Jacquin und Endlicher bekannt, um mit letzterem in lebhaften, wissenschaftlichen Verkehr zu treten. Nachdem er 1827 promovirt und sein Vater verarmt war, ergriff er die ärztliche Praxis, der er bis 1830 bei Wien (in Stockerau), später in Kitzbühl in Tyrol als Landgerichtsarzt oblag. Seine schon in früher Jugend aufgenommenen botanischen Studien setzte er auch als Arzt lebhaft fort, in Kitzbühl besonders mit den Pflanzenkrankheiten und palaeontologischen Untersuchungen beschäftigt, denen sich solche über den Einfluß des Bodens auf die Vertheilung der Gewächse angeschlossen. Ende 1835 wurde er Professor der Botanik am Johanneum zu Graz, wo er fortan vorwiegend palaeontologische Studium trieb, durch die er bald zum hervorragenden Vertreter dieses Faches wurde. Seit 1849 Professor der physiologischen Botanik in Wien, widmete er sich mehr der Physiologie und Phytotomie bis er gegen Ende der fünfziger Jahre im Interesse der culturgeschichtlichen Studien wiederholt größere Reisen zu machen begann. Im Jahr 1866 gab Unger seine Stelle auf und lebte fortan als Privatmann in Graz, wo er durch populäre Schriften und Vorträge anregend wirkte und 1870 starb. Ueber seine Persönlichkeit und seine vielseitig reichhaltige Thätigkeit auf den verschiedensten Gebieten der Botanik geben Leitgeb (*Bot. Zeitg.* 1870 Nr. 16) und Meyer „Leben und Wirken des Naturh. Unger“ (Graz 1871) Auskunft.

die Sache auch bei den Spaltöffnungen und in den Pollenmutterzellen, eine Auffassung, die sich zur Noth mit Schleiden's Theorie vertrug, sich von ihr aber dadurch unterschied, daß hier wesentliche Vorgänge richtig gesehen, nur noch zum Theil unrichtig gedeutet waren. In demselben Jahr erschien bereits die erste Auflage von Schleiden's Grundzügen der wissenschaftlichen Botanik, wo die bereits mitgetheilte Zellbildungstheorie in präciserer Fassung wiederholt wurde. Wie sehr es ihm Ernst um dieselbe war, zeigt seine nochmalige Darstellung dieser Theorie in seinen „Beiträgen zur Botanik“ 1844, wo er darauf bringt, daß seine Art der Zellbildung die allgemeine, wenn auch zunächst nur bei den Phanerogamen sichergestellte sei. Wie sehr aber eine vorgefaßte Meinung einen Beobachter umstricken kann, lehrt Schleiden's Vermuthung, daß die Bildung der Zygosporien bei Spirogyra nach seiner Theorie stattfinde, obgleich kein Fall der Zellbildung denkbar ist, der leichter zu beobachten und mit Schleiden's Theorie weniger vereinbar wäre. Wie schon im ersten Buch erwähnt, war der merkwürdige Vorgang der Zygosporienbildung der Algengattung Spirogyra schon Hedwig und Vaucher bekannt; er wurde aber bis auf Schleiden's Zeit überhaupt gar nicht als ein Beispiel der Zellbildung betrachtet und insofern lag in der That ein Fortschritt in Schleiden's Aeußerung, als er einen nach den damaligen Begriffen so höchst eigenthümlichen Vorgang überhaupt dem Begriff der Zellbildung subsumirte.

Mit dem Jahre 1844 begann die methodische, auf sorgfältige Beobachtung und umsichtige Erwägungen gegründete Bearbeitung der Zellentheorie. Fast gleichzeitig in diesem Jahr erschienen die sehr ausführlichen Untersuchungen Nägeli's über das Vorkommen des Zellkerns und über die wandständige Zellbildung, d. h. die Zelltheilung; ferner die von Mohl über den Primordialschlauch und sein Verhalten bei der Zelltheilung im jungen Gewebe und endlich die von Unger über die „merismatische Zellbildung (Zelltheilung) als allgemeinen Vorgang beim Wachsthum der Organe.“ Da es diesen Beobachtern zunächst darauf ankam,

die Richtigkeit und allgemeine Giltigkeit der Schleiden'schen Theorie zu prüfen, so mußten sie vor Allem auf das allgemeine Vorkommen des Zellkerns und auf seine Lagerung an der Seite der Zellwand achten, denn dieß waren die der Beobachtung und der Kritik zugänglichsten Momente. Bei der Diskussion der Beobachtungen trat ein in dem bisherigen Sprachgebrauch liegender Uebelstand hervor, indem man mit dem Wort Zelle für gewöhnlich zwar nur die Zellhaut, unter Umständen aber auch die Gesamtheit des ganzen Zellkörpers verstand; auch hatte man bisher den protoplasmatischen Inhalt der Zellen von den übrigen Contentis noch nicht scharf geschieden.

Nägeli und Mohl erwarben sich gleichzeitig das Verdienst, die Begriffe in dieser Beziehung zu klären, indem Mohl den Primordialschlauch 1844 als einen nicht zur Zellhaut gehörigen Bestandtheil des Zellinhaltes erkannte, seine Bethheiligung an der Zelltheilung nachwies, und 1846 das Protoplasma als solches in seiner Eigenartigkeit dem übrigen Zellinhalt gegenüber erkannte und mit dem noch jetzt üblichen Namen belegte. Unterdessen hatte auch Nägeli das Protoplasma von den übrigen Contentis unterschieden und seine hervorragende Bedeutung für die Zellbildung, sowie seine stickstoffhaltige Beschaffenheit hervorgehoben.

Es darf hier nicht unerwähnt bleiben, daß die Untersuchungen über die Zellbildungsvorgänge die Beobachter nöthigten, diejenigen Orte aufzusuchen, wo Zellbildung wirklich stattfindet, wobei sich denn bald die Thatsache herausstellte, daß nicht in allen, nicht einmal in allen wachsenden Theilen der Pflanze, Zellen im status nascendi zu finden sind, daß vielmehr nur in den sogenannten Vegetationspuncten der Stämme und Wurzeln, in den jüngsten Seitenorganen derselben, und bei den Holzpflanzen zwischen Rinde und Holz die Orte zu suchen sind, wo gewöhnlich neue Zellen entstehen. Um diese Zeit begann man auch dem Wort Cambium, welches Mirbel früher im Sinne eines die Pflanze durchtränkenden Nahrungsaftes benutzt hatte, einen andern Begriff unterzulegen; man gewöhnte sich, das Wort auf solche Gewebemassen anzuwenden, in denen Neubildung von Zellen

stattfindet, besonders auch auf diejenige sehr dünne zwischen Holz und Rinde liegende Gewebeschicht, aus welcher sich die Holz- und Rindenlagen der Holzpflanzen regeneriren, eine Schicht, welche nach Mirbel's Theorie als eine sulzige Saftmasse gegolten hatte, in welcher neue Zellen als Vacuolen entstehen.

Unger trat 1844 (Bot. Jtg. bei Gelegenheit einer Untersuchung über das Wachsthum der Internodien) nochmals der Schleiden'schen Theorie entgegen, indem er zunächst irrthümlich das allgemeine Vorkommen der Zellkerne im Theilungsgewebe bestritt, dagegen ganz zutreffend aus der Lagerung, der verschiedenen Wanddicke und relativen Größe der Zellen auf die Vermehrung derselben durch Entstehung von Theilungswänden hinwies, die Betheiligung des Zellinhaltes bei der Vermehrung der Zellen in Haaren hervorhob und die Allgemeinheit der merismatischen Zellbildung (Zelltheilung) bei dem Wachsthum vegetativer Organe behauptete, indem er ausdrücklich hervorhob, daß alles das, was man an den Bildungsstätten des Zellgewebes wirklich sieht, mit Schleiden's Theorie nicht in Einklang zu bringen sei. Die bei der Zelltheilung stattfindenden Vorgänge beobachtete jedoch Unger nicht Schritt für Schritt; seine Beobachtungen reichten im Ganzen hin, Schleiden's Theorie sehr unwahrscheinlich zu machen, ohne jedoch genügende Grundlagen zu einer neuen zu bieten und Schleiden unterließ nicht in der zweiten Auflage seiner Grundzüge 1845 Unger's Einwürfe abzuweisen.

In demselben Jahrgang der botanischen Zeitung trat schon vorher Mohl mit seiner bereits erwähnten Abhandlung über den Primordialschlauch hervor, mit welchem Namen er zum Theil die sehr dünne Protoplasmaschicht bezeichnete, welche in saftreichen größeren Zellen wie eine Tapete die Innenseite der Zellwand auskleidet, zum Theil aber eine äußere Schicht vom Protoplasma jüngerer Zellen, welche noch reich an dieser Substanz sind. Es war gerade kein glücklicher Griff, den Mohl mit der Aufstellung seines Primordialschlauches that, doch verstand er es, in seiner gewöhnlichen gründlichen Weise, diesen zu einer besseren

Einsicht in die Zellbildung zu verwenden, indem er (p. 289) auf den Umstand hinwies, daß die Zellen der Cambiumschicht zwischen Rinde und Holz immer ohne Interzellularräume zusammenschließen, daß also nur zwei Modifikationen der Zellvermehrung denkbar seien: entweder Theilung der Zellen durch Bildung einer Scheidewand oder Entstehung von Zellen in Zellen; in jeder dieser jugendlichen Zellen finde sich ein Primordialschlauch, dessen Entstehung also mindestens gleichzeitig mit der der Zelle (Zellhaut) erfolgen müsse. „Würde sich nun mit Bestimmtheit nachweisen lassen, daß in den Zellen, welche in Vermehrung begriffen sind, sich zwei Primordialschläuche neben einander befinden, ehe eine Scheidewand zwischen denselben ausgebildet ist, so wäre es für die Cambiumschicht, sowie für die Spitze des Stammes und der Wurzel entschieden, daß an diesen Stellen der Bildung der Zelle die des Primordialschlaches vorausgeht.“ Mohl glaubte diesen Vorgang gesehen zu haben, blieb aber über die Richtigkeit seiner Beobachtung im Zweifel; doch fährt er fort: „Da jede jugendliche Zelle einen Primordialschlauch enthält, so muß dieser, ehe eine Vermehrung der Zelle eintritt, entweder resorbirt werden, um zwei neuen an seiner Stelle entstehenden Platz zu machen oder es muß der alte Primordialschlauch durch Abschnürung in zwei Schläuche zerfallen.“ Er hielt aber das Erstere für wahrscheinlich, indem er Unger's Angabe, daß die Kerne erst nach der Theilung entstehen, zurückwies. Es ist überraschend, daß Mohl nach diesen Erwägungen in seinen Beobachtungen eine Bestätigung der Schleiden'schen Zellbildungstheorie glaubte finden zu müssen, obgleich er außerdem hervorhob, daß der Zellkern niemals einen Theil der Zellwand bilde, was doch für Schleiden's Theorie durchaus charakteristisch ist; aber freilich hielt Mohl die nach Schleiden vom Zellkern sich abhebende Haut für den Primordialschlauch. Nach diesen Fehlgriffen finden wir andererseits wieder die richtige Vermuthung, die Substanz des Primordialschlaches möge identisch sein mit der schleimigen Masse, welche den Zellkern gewöhnlich einschließt, also mit dem, was Mohl zwei Jahre später Protoplasma nannte. In dieser späteren Abhandlung (Bot. Zeit. 1846),

wo er nachweist, daß die bekannten Bewegungen im Innern der Zelle nicht vom wässerigen Zellsaft, sondern von dem Protoplasma ausgeführt werden, hob er auch hervor (p. 75), daß dieses den Zellkern erzeugt, daß seine Organisation die Entstehung der neuen Zelle einleitet, daß es ganz abweichend von Schleiden's Theorie den Zellkern allseitig umhüllt, der in sehr jungen Zellen immer im Centrum liege, was ganz besonders auch bei den von Schleiden beobachteten Endospermzellen stattfindet. Er zeigt dann, wie der anfangs solide Protoplasmaförper junger Zellen später Safthöhlen erhält, zwischen denen das Protoplasma Wände, Bänder und Fäden darstellt, deren Substanz die strömende Bewegung zeigt. Merkwürdigerweise unterließ es Mohl auch bei dieser Gelegenheit, seine früheren Beobachtungen über die Entstehung der Sporen und Theilung der Algenzellen mit seinen neuen Ergebnissen sorgfältig zu vergleichen, die wesentlichen Ähnlichkeiten aufzusuchen; vielmehr erklärte er ausdrücklich, daß die Zelltheilung bei Cladophora wahrscheinlich ein ganz anderer Vorgang sei, als die Vermehrung der Gewebezellen höherer Pflanzen.

Was Unger und Mohl bis 1846 gefunden hatten, genügte vollkommen zur Widerlegung von Schleiden's Theorie; es genügte aber nicht zu einer klaren Einsicht in die Zellbildungsvorgänge überhaupt; die verschiedenen Formen der Zellbildung waren weder sorgfältig auseinandergelassen, noch ließen sie sich auf ein gemeinsames Princip zurückführen. Beide Beobachter hatten mehr aus gewissen Indicien den wahren Hergang der Zellbildung zu errathen gesucht, indem sie das nicht Beobachtete durch Schlußfolgerungen ergänzten.

Ganz anders nahm gleichzeitig Nägeli Stellung der Schleiden'schen Theorie gegenüber. In einer umfangreichen Abhandlung: „Zellkern, Zellbildung und Zellenwachsthum bei den Pflanzen“, deren erster Theil 1844 in der von ihm und Schleiden gegründeten Zeitschrift erschien, faßte Nägeli Alles, was bis dahin von ihm und Anderen über Zellbildung beobachtet worden war, von verschiedenen Gesichtspuncten ausgehend, zusammen. Methodisch wurden alle Abtheilungen des Pflanzen-

reichs bezüglich des Vorkommens des Zellkerns geprüft, betreffs der verschiedenen Arten der Zellbildung neu untersucht, alle Fälle der letzteren nach ihren Ähnlichkeiten und Verschiedenheiten sorgfältig verglichen, um so das Wesentliche und Allgemeine aus den Erscheinungen der Zellbildung abzuleiten. Die nächste Folge war, daß sich Schleiden schon 1845 in der zweiten Auflage seiner Grundzüge genöthigt sah, die von Nägeli konstatirte Zelltheilung bei Algen und Pollenmutterzellen als eine zweite Form der Zellbildung gelten zu lassen, womit der Rückzug begann, der schon im nächsten Jahr mit Vernichtung der Schleiden'schen Theorie endigen sollte. Dieß geschah durch die Fortsetzung von Nägeli's genannter Abhandlung im dritten Bande der Zeitschrift 1846. Bei der Bearbeitung des ersten Theiles war Nägeli von der Wichtigkeit der Schleiden'schen Behauptungen ausgegangen, obgleich er dieselben schon damals beträchtlich einschränken mußte. Im zweiten Theil der Abhandlung dagegen wird in Folge der weiter fortgesetzten Untersuchungen die Schleiden'sche Theorie unumwunden in jeder Beziehung für unrichtig erklärt und Punct für Punct schlagend widerlegt. Bei diesem negativen Ergebnis brauchte Nägeli um so weniger stehen zu bleiben, als seine umfassenden Untersuchungen zugleich das Material lieferten, aus welchem sich eine neue Zellbildungstheorie aufbauen ließ, welche nicht nur die verschiedensten Fälle umfaßte, sondern auch das ihnen allen zu Grunde liegende Gesetz aussprach. Vergleicht man diesen zweiten Theil von Nägeli's genannter Abhandlung mit Mohl's Arbeiten von 1833—1846, so bleibt kein Zweifel, daß Mohl zwar eine Anzahl wichtiger Thatfachen genau beobachtet hatte, daß jedoch Nägeli dieselben sehr erweitert und was die Hauptsache ist, sie zu einer umfassenden Theorie verarbeitet hat, welche alle Formen der Zellbildung umfaßt. Wie wichtig für die Ausbildung der Zelltheorie die richtige Unterscheidung des Protoplasma's von den übrigen Inhaltmassen der Zelle war, ersieht man aus der Aeußerung Nägeli's, er nehme seine frühere, von Schleiden ausgehende Ansicht zurück, weil dieselbe aus einer Zeit stamme, wo er die

Bedeutung der Schleimschicht (des Protoplasma's) noch nicht kannte, indem er aber freilich auch auf andere Punkte und neuere Erwägungen hinwies, welche Schleiden's Theorie definitiv beseitigten. Nachdem er die verschiedenen Formen der freien Zellbildung untersucht und die Vorgänge dabei ganz anders gefunden hatte, als Schleiden, ging er dazu über, die freie Zellbildung auch da aufzusuchen, wo sie nach Schleiden's Behauptung ausnahmslos vorkommen sollte, in den wachsenden vegetativen Organen höherer Pflanzen. Diese Untersuchung führte ihn aber zu dem Schluß, daß alle vegetative Zellbildung eine „wandständige“ (Zelltheilung) sei, und daß auch die reproduktive mancher Algen und Pilze durch Theilung stattfinde; durch freie Zellbildung entstehen die Reproduktionszellen der meisten Pflanzen, wobei der Begriff der freien Zellbildung jedoch noch nicht ganz in dem später gebrauchten Sinne aufgefaßt wird, insoferne Nägeli auch noch die Tetradenbildung der Sporen und Pollenkörner in den Begriff der freien Bildung hineinzog. War der Unterschied zwischen Zelltheilung und freier Zellbildung auch schon vorher von anderen mehrfach angedeutet worden, so wurde er doch zuerst von Nägeli, wenn auch noch nicht ganz in dem später geltenden Sinne charakterisirt. „Bei der wandständigen Zellbildung (Zelltheilung), theilt sich der Inhalt der Mutterzelle in zwei oder mehrere Parthieen; um jede dieser Inhaltsparthieen entsteht eine vollständige Membran, welche im Momente ihres Auftretens theils an die Wandung der Mutterzelle, theils an die zugekehrten Wandungen der Schwesterzellen sich anlehnt. Bei der freien Zellbildung isolirt sich ein kleiner oder größerer Theil des Inhaltes, wohl auch der ganze Inhalt einer Zelle. An seiner Oberfläche bildet sich eine vollständige, an ihrer äußeren Fläche überall freie Membran. Die Zellbildung enthält zwei Momente; das erste besteht in der Isolirung oder Individualisirung einer Parthie des Inhaltes der Mutterzelle, der zweite besteht in der Entstehung einer Membran um diese individualisirte Inhaltsparthie.“ Es wird ferner gezeigt, daß die Zelloberfläche

durch Ausscheidung stickstofffreier Moleküle aus dem stickstoffhaltigen Schleim (dem Protoplasma) entsteht. In diesen Sätzen ist das Allgemeine und Wesentliche der vegetabilischen Zellbildung herausgehoben. Weiterhin werden die verschiedenen Zellbildungsvorgänge in ihrer Besonderheit charakterisirt: die Individualisirung des Inhalts behufs der Zellbildung tritt nach Nägeli in vier Gestalten hervor; erstens können sich einzelne kleine Parthieen des Inhalts innerhalb des Uebrigen absondern, wie es bei der Bildung der freien Keimzellen von Algen, Flechten, Pilzen und der Endospermzellen der Phanerogamen geschieht; zweitens sammelt sich der ganze Inhalt einer Zelle oder zweier durch Copulation verbundener Zellen zu einer freien kugelförmigen oder ellipsoidischen Masse, wie bei der Keimzellenbildung der Conjugaten; drittens theilt sich der ganze Inhalt einer Zelle in zwei oder mehrere Parthieen, was Nägeli die wandständige Zellbildung, was man aber jetzt einfach die Zelltheilung nennt, von welcher Nägeli als vierte Form die sogenannte Abschnürung, wie sie bei der Keimzellenbildung mancher Algen und vieler Pilze vorkommt, unterscheidet.

Schleiden hatte schon als allgemeines Gesetz für die Pflanzen ausgesprochen, daß Zellen nur innerhalb von Mutterzellen entstehen; wogegen Meyen, Endlicher und Unger noch in den letzten Jahren auch Neubildung von Zellen zwischen den älteren angenommen hatten; dem entgegen betonte Nägeli, daß alle vegetative normale Zellbildung, ebenso wie alle reproduktive nur innerhalb von Mutterzellen geschieht.

Der lange Zeit so beliebten Annahme gegenüber, daß es eine allgemeine Grundform der Zelle geben müsse, wies Nägeli auf die Thatsache hin, daß die Zellen im Moment ihres Entstehens sehr verschiedene Formen haben. Die durch freie Zellbildung erzeugten seien anfangs immer sphärisch oder ellipsoidisch, die durch Zelltheilung dagegen besitzen diejenige Gestalt, welche durch die Form der Mutterzelle und durch die Art der Theilung nothwendig bedingt wird. Er zeigte ferner wie die Gestaltänderungen der Zellen bei fortschreitendem Wachsthum wesentlich davon abhängen, ob die Zellen an allen Theilen

ihres Umfangs gleichmäßig sich ausdehnen, oder nur einzelne Stellen, Erwägungen, welche hier, so nahe sie auch lagen, doch zum ersten Mal gemacht und verwerthet wurden.

Der mit der Sache selbst Vertraute wird in den angeführten Sätzen, auch ohne ausführliche Erläuterung, die wesentlichen Grundlagen der noch jetzt geltenden Zellentheorie um so leichter wiedererkennen, wenn er das vorher und gleichzeitig von Schleiden, Unger und Mohl über die Zellbildung Gesagte damit vergleicht. Es ist aber selbstverständlich, daß durch die weiteren Untersuchungen, die in den nächsten zwanzig Jahren mit großem Eifer betrieben wurden, und eine ansehnliche Literatur über die Zellbildung hervorriefen, Nägeli's Theorie in vielen Einzelheiten weiter gefördert und ausgebaut, in einigen mehr nebensächlichen Punkten berichtigt wurde, was fortan um so leichter geschehen konnte, als nunmehr ein Schema gegeben war, an welches sich die Untersuchung der Specialfragen anschließen konnte. Ob der Zellkern ein solider Körper oder ein Bläschen sei, ob die Theilungswand bei der Fächerung einer Mutterzelle immer von außen nach innen wachse oder in ihrer ganzen Fläche simultan entstehe, ob sie ursprünglich aus zwei Lamellen zusammengesetzt sei oder erst später sich differenzirt, diese und viele andere Fragen wurden im Lauf der Zeit entschieden.

Die Schleiden'sche Theorie war nun definitiv beseitigt, ein tieferer Blick in das Wesen der Zelle gethan, der Begriff, der sich mit diesem Wort verbindet, erweitert und vertieft. Die nun bekannte Entstehung der Zellen zeigte, daß die Zellhäute, welche man bisher für die Hauptsache gehalten, nur sekundäre Produkte sind, daß der eigentliche, lebendige Leib der Zelle vielmehr durch den Inhalt, zumal durch den Protoplasma Körper dargestellt wird. Alexander Braun sprach es 1850 (Verjüngung p. 244), gestützt auf zahlreiche Untersuchungen an niederen Algen, aus: Es sei ein Mißstand, daß man mit dem Wort Zelle bald die Zelle mit Haut, bald die Zelle ohne Haut, bald die Haut ohne Zelle bezeichne. Da der Inhalt der wesentliche Theil derselben sei, da er schon vor der Absonderung der

Cellulose-Haut ein abgeschlossenes Ganze bilde, das seine eigene hautartige Begrenzung, den Primordialschlauch, besitzt, so müsse man, wenn man die Bezeichnung Zelle nicht bloß auf die umhüllende Haut oder Kammer anwenden und den Inhaltkörper mit einem andern Namen belegen wolle, gerade diesen letzteren als die eigentliche Zelle bezeichnen. Diese Auffassungsweise, welche bei der Bildung der Schwärmsporen der Algen und Pilze, aber auch in vielen anderen Fällen sich ganz unmittelbar dem Beobachter als die richtige darstellt, ist fortan ein wesentliches Moment der Zellenlehre geblieben. Alexander Braun trug außerdem zur Klärung der Begriffe dadurch bei, daß er alle bis zum Jahre 1850 ihm bekannt gewordenen Modalitäten der Zellbildung systematisch übersichtlich zusammenstellte und klassifizierte, besonders auch die Copulationsformen eingehender als bisher behandelte. Ganz an die deutschen Beobachter lehnten sich Hensley's Mittheilungen (Flora 1846 und 1847) an, ohne selbständig wesentlich Neues zu Tage fördern. Dagegen trugen Hofmeister's neue Beobachtungen über die Entwicklung des Pollens 1848 und die zahlreichen Mittheilungen über Zellbildungsvorgänge in seinen epochemachenden embryologischen Untersuchungen (1851) vielfach zur Aufklärung zweifelhafter Punkte, zumal über das Verhalten des Zellkerns bei der Zellbildung und über die Entstehung der Theilungswände bei. Mohl, der sich bis 1846 der damals herrschenden Schleiden'schen Theorie gegenüber, trotz seiner eigenen guten Beobachtungen, einigermaßen rathlos verhielt, gab nun 1851 in seiner schon genannten Abhandlung „die vegetabilische Zelle“ eine vortreffliche, übersichtliche und klare Darstellung der bis dahin gewonnenen Ergebnisse. Besonders hob er betreffs der Zelltheilung hervor, daß die neuen Kerne schon vor beginnender Theilung des Inhalts die Centralpunkte der künftigen Tochterzellen einnehmen; dagegen hielt er auch jetzt noch an seiner alten Meinung fest, daß bei jeder Zelltheilung, wie bei Cladophora, die Scheidewand von außen nach innen fortschreitend sich bilden müsse, gegenüber Nägeli's und Hofmeister's ganz richtigen Angaben, daß auch simul-

tane Entstehung der Scheidewände vorkomme. Wie gewöhnlich stützte Mohl aber seinen Widerspruch auf eine gute Beobachtung, indem er zeigte, daß es bei der Pollenbildung dikotyler Pflanzen gelinge, den bereits tief vierlappig gewordenen Protoplasmakörper einer sich theilenden Mutterzelle durch Zerspaltung ihrer Haut frei zu legen und in dieser selbst die halbfertigen Scheidewände zu sehen, was freilich nur zeigte, daß hier die Sache sich wirklich so verhält, während in anderen Fällen simultane Scheidewandbildung erfolgt. Bei dieser Gelegenheit mag darauf hingewiesen werden, daß der 1842 von Nägeli eingeführte Begriff der Spezialmutterzellen bei der Pollenbildung dem damaligen Stand der Wissenschaft vollkommen entsprach, insofern er mit diesem Ausdruck diejenigen Zellhautlamellen bezeichnete, welche während der successiven Theilung der Pollenmutterzelle sich bilden. Diese auch jetzt noch als Spezialmutterzellen zu bezeichnen, wie es in neuester Zeit einzelne Phytotomen thun, ist insofern durchaus unberechtigt, als nach Nägeli's 1846 aufgestellter Zellentheorie, wie wir gesehen haben, das Wort Zelle nicht mehr bloß die Haut, sondern den ganzen Körper bezeichnete, wogegen dem Ausdruck Spezialmutterzelle der ältere Sprachgebrauch zu Grunde liegt, nach welchem Zelle und Zellhaut identisch sind.

Was nach 1851 bis tief in die sechziger Jahre hinein zur Förderung der Zellbildungslehre geschah, hatte verhältnißmäßig geringere Bedeutung im Vergleich zu dem großartigen Aufschwung den sie in den vorhergehenden zehn Jahren genommen hatte; wie denn überhaupt diese zehn Jahre die fruchtbarsten und thatenreichsten auf allen Gebieten der Botanik waren. Durch die Arbeiten Unger's, Mohl's, Nägeli's, Braun's, Hofmeister's war nunmehr die Zellentheorie nicht nur in ihren Fundamenten begründet, sondern auch schon bis in's Einzelne ausgebaut, die Begriffe geklärt. Nunmehr konnten auch die Lehrbücher die neue Lehre in weiteren Kreisen verbreiten; zu ihnen dürfen wir in gewisser Beziehung auch Mohl's genannte Abhandlung über die vegetabilische Zelle rechnen, da sie

später in besonderer Ausgabe in den Handel kam und von vielen Lehrern der Botanik ihren Vorträgen als Leitfaden zu Grunde gelegt wurde. Es wurde jetzt überhaupt Mode, nicht mehr Lehrbücher der Botanik, sondern Compendien der Anatomie und Physiologie zu schreiben, während die Morphologie und Systematik ebenso unbeachtet blieben, wie in der vorschleiden'schen Zeit gewöhnlich die Anatomie und Physiologie; wer ein vollständiges Lehrbuch der ganzen Botanik benutzen wollte, mußte sich daher auch später noch an Schleiden's Grundzüge halten, was wiederum nicht wenig dazu beitrug, die unrichtige Zellen- und Befruchtungslehre Schleiden's auch dann noch in weiteren Kreisen zu verbreiten, als bei den Fachmännern die neueren und richtigeren Ansichten längst feststanden; es ist überhaupt eine leidige Eigenthümlichkeit unserer Wissenschaft, daß sie an guten Lehrbüchern, welche dem jeweiligen Stand der Forschung allseitig Rechnung tragen, so außerordentlich arm ist; sicherlich liegt darin eine von den Ursachen, die es bewirken, daß seit langer Zeit auch die offiziellen Vertreter der Botanik in den Grundanschauungen über Methode, über das wirklich Feststehende und noch Zweifelhafte in den Hauptgebieten vielfach soweit von einander abweichen, daß selbst die gegenseitige Verständigung oft unmöglich wird. Daß es in dieser Beziehung in der Zoologie, Physik und Chemie viel besser steht, verdankt man gewiß nicht zum geringsten Theil den zahlreichen gutem Compendien und Lehrbüchern, welche bestrebt sind, dem Fortschritt der Wissenschaft von Jahr zu Jahr Rechnung zu tragen.

Im Lauf der fünfziger und sechziger Jahre waren es Schacht und Unger, welche die Resultate der neuen phytotomischen Forschungen in Lehrbüchern auch weiteren Kreisen zugänglich zu machen suchten. Zu den Lehrbüchern nämlich rechne ich auch Schacht's¹⁾ „Die Pflanzenzelle“ 1852, ein Buch, in welchem der Anspruch erhoben ward, alle Theile der Phytotomie ganz

¹⁾ Hermann Schacht geb. zu Döhlenwerder 1824, gest. zu Bonn 1864, wo er seit 1859 Professor der Botanik war.

und gar auf eigene Beobachtungen gestützt mit nur nebensächlicher Berücksichtigung der Literatur darstellen zu wollen, was jedoch insoferne ganz unmöglich war, als der Verfasser die wesentlichen Punkte schon völlig bereinigt in der Literatur vorfand; das Werk hatte jedoch den Vorzug, durch zahlreiche gute Originalabbildungen den Leser zu fesseln; auch die Darstellung wurde durch die fortwährende Berufung auf eigene Beobachtung belebt; doch ließ sich nicht verkennen, daß die Literatur nicht gehörig benutzt war, der Verfasser daher vielfach hinter dem wahren Stand derselben zurückblieb. Schlimmer, als dieß, war jedoch ein gewisser Mangel an formaler Bildung, der den Verfasser häufig zu Widersprüchen mit sich selbst, zu unrichtiger Klassifikation der Thatsachen führte; prinzipiell Wichtiges wurde über unbedeutenden Einzelheiten vielfach übersehen und im Ganzen machte sich in demselben eine ziemlich gedankenlose Empirie geltend, welche von der logischen Schärfe in Mohl's, Nägeli's, Hofmeister's Arbeiten allzusehr abstach. In der 1856 erschienenen zweiten Auflage, welche als „Lehrbuch der Anatomie und Physiologie der Gewächse“ betitelt ist, war zwar Vieles im Einzelnen gebessert, im Ganzen aber zeigte das Buch noch dieselben formalen Uebelstände wie früher. Es ist historisch nicht unwichtig, dieß hervorzuheben, weil in den fünfziger und sechziger Jahren die Mehrzahl der jüngeren Botaniker und viele Andere ihre Kenntniß der Phytotomie, zumal der Zellenlehre, hauptsächlich aus Schacht's Büchern schöpften, in denen aber der wahre Stand der Wissenschaft nicht repräsentirt war und deren mangelhafte Logik jüngeren Lesern gewiß nicht zu Gute gekommen ist, besonders dazu beitragen mußte, auch auf dem Gebiet der Phytotomie und Physiologie der Pflanzen eine gedankenlose Anhäufung von Thatsachen einzubürgern, wie es lange Zeit auch in der Morphologie und Systematik geschehen ist.

Viel gelungener in der Form und Strenge der Darstellung war Unger's Lehrbuch der Anatomie und Physiologie der Pflanzen von 1855. Mit sorgfältiger Berücksichtigung alles Bekannten, wenn auch zuweilen mit einiger Uebereilung des

Urtheils, wurde dort der Anfänger in das Gebiet der Zellenlehre eingeführt, das prinzipiell Wichtige überall in den Vordergrund gestellt, die einzelnen Thatsachen zur Erklärung der allgemeinen Sätze benutzt, wie es in einem Lehrbuch immer geschehen sollte. Unger's Buch enthielt aber außerdem manches wirklich Neue und Werthvolle unter Anderem auch sehr wichtige Bemerkungen über die physiologischen Eigenschaften des Protoplasma's und vor Allem wurde hier zum ersten Mal hingewiesen auf die Aehnlichkeit desselben mit der Sarkode der Rhizopoden, welche Max Schultze vorher sorgfältig beschrieben hatte. In demselben Jahr publicirte auch Nägeli Untersuchungen über den Primordialschlauch und die Bildung der Schwärmsporen (Pflanzenphysiologische Untersuchungen, Heft I), welche neue Einblicke in die physikalisch physiologischen Eigenschaften des Protoplasma's ergaben. Ich habe schon oben darauf hingewiesen, wie De Bary's Untersuchungen über die Myxomyceten 1859 das Protoplasma von einer neuen Seite beleuchteten, wie man hier Lebenserscheinungen desselben kennen lernte, welche den sonst bekannten analog aber gerade dadurch so sehr auffallend waren, daß hier das Protoplasma nicht bloß in mikroskopisch kleinen Massen und in feste Zellhäute eingekapselt, sondern in großen zuweilen mächtigen Klumpen ganz frei, nicht eingeschlossen in Zellwände, sich bewegte und Gestaltveränderungen zeigte. Hier war die beste Gelegenheit geboten, das Protoplasma näher kennen zu lernen, in ihm den unmittelbarsten Träger nicht nur des vegetativen, sondern auch des animalischen Lebens zu erkennen; in den nächsten Jahren wurde denn auch von Seiten der Zootomen und Physiologen Max Schultze, Brücke, Kühne u. a. constatirt, daß die der animalischen Zellbildung zu Grunde liegende Substanz in den wichtigsten Eigenschaften mit dem Protoplasma der Pflanzenzellen übereinstimmt. Eine ausführlichere Darstellung der neueren Protoplasma'studien, die uns auch veranlassen müßte, Hofmeister's Buch „die Lehre von der Pflanzenzelle“ 1867 eingehender zu würdigen, gehört jedoch nicht mehr in den Rahmen unserer Geschichte.

2. Weitere Ausbildung der Ansichten über die Natur des festen Zellhautgerüsts der Pflanzen seit 1845.

In den vierziger Jahren waren, wie wir gesehen haben, die hervorragenden Vertreter der Phytotomie ganz vorwiegend damit beschäftigt, die Entstehung der Pflanzenzellen zu beobachten, die Zellbildungstheorie induktiv zu begründen. Es war nicht zu erwarten, daß schon während dieser Arbeiten, welche Jahr für Jahr neue Aufschlüsse brachten und die Ansichten über die Entstehung der Zellen im Fluß erhielten, die neuen Ergebnisse auch zu wesentlichen Aenderungen der von Mohl begründeten Theorie des festen Zellhautgerüsts führen sollten. Vielmehr gewannen erst jetzt Mohl's uns bereits bekannte Ansichten vom Zusammenhang der Zellen unter einander, von der Configuration ihrer Scheidewände und dem Dickenwachsthum derselben, ihren nachhaltigsten Einfluß. Den damals noch sehr schwankenden Ansichten über die Entstehung der Zellen gegenüber stand Mohl's Theorie fest und fertig da; es wurde einstweilen nicht viel gefragt, ob und in wie weit dieselbe mit den neuen Beobachtungen über die Bildungsgeschichte der Zellen verträglich sei. Mitten in den Kampf der Meinungen über diese letztere hinein erschienen Mohl's vermischte Schriften 1845, wo dessen Ansichten vom fertigen Gewebebau der Pflanzen in einer Reihe von Monographien als ein anscheinend völlig gesichertes Resultat hervortraten. In der That knüpften denn auch die phytotomischen Arbeiten bis zum Beginn der sechziger Jahre an den von Mohl vertretenen Gedankengang überall an, bis endlich zwischen 1858 und 1863 durch Nägeli's neue Theorie des Wachsthums durch Intussusception, sowie durch eine weitere Vertiefung der Zellbildungslehre die Unzulänglichkeit von Mohl's Grundanschauungen über den festen Theil der Pflanzenstruktur hervortrat.

Deutlich genug zeigt sich die Wichtigkeit des oben Gesagten in der weiteren Entwicklung der Ansichten über die Inter-cellularsubstanz und die Cuticula, die schon in den

vierziger Jahren an die neue Zellentheorie mit Erfolg hätte anknüpfen können, dieß jedoch nicht that, sondern ganz auf den vor 1845 entstandenen Gedankengang zurückgriff. Es wurde schon im vorigen Capitel darauf hingewiesen, wie Mohl seine 1836 aufgestellte Theorie von der Interzellularsubstanz nach und nach einschränkte, und dieselbe um 1850 nur noch als einen in manchen Fällen sichtbaren Ritt zwischen den Zellwänden gelten ließ. Es ist hier nachzutragen, daß Schleiden im Zusammenhang mit seiner Zellentheorie die Interzellularsubstanz ebenso wie die Cuticula als nachträgliche Ausscheidungen der Zellen betrachtete, die Interzellularräume durch jene sich füllen ließ, ähnlich wie milch- und harzführende Gänge durch die Sekrete ihrer Grenz-zellen (1845). Auch Unger hielt noch 1855 („Anatomie und Physiologie der Pflanzen“) die Existenz eines Rittes zwischen den Zellen für nöthig, damit sie nicht auseinanderfallen. Schacht, der schon in seiner „Pflanzenzelle“ 1852 die Interzellularsubstanz und die Cuticula im Anschluß an Schleiden für Ausscheidungen oder Excrete der Zellen genommen hatte, hielt im Ganzen auch 1858 noch an dieser Vorstellung fest, wenn er sie auch in einigen wichtigeren Punkten modificirte. Dieser Schleiden-Schacht'schen Theorie trat zuerst Wigand in einer Reihe von Abhandlungen 1850 — 1861 entgegen, wo er in strenger Festhaltung der Mohl'schen Appositionstheorie nachzuweisen suchte, daß diejenigen Schichten, welche zumal bei Holzzellen als mittlere Lamellen in den Scheidewänden sichtbar sind, und welche man bisher als einen Ritt zwischen den benachbarten Zellen, als Interzellularsubstanz, betrachtet hatte, weiter nichts seien, als die primären dünnen, bei der Zelltheilung entstandenen Hautlamellen, die eine nachträgliche chemische Veränderung erfahren haben, während sich beiderseits die sekundären Verdickungsschichten im Sinne Mohl's anlagerten. Eine entsprechende Deutung erhielt die Cuticula auf der Epidermis. Wenn später auch Sanio (1863) gegen Wigand's Auffassung Verschiedenes einzuwenden hatte, so hielt er doch den Grundgedanken derselben fest, der eine um so kräftigere Bestätigung dadurch zu gewinnen schien, daß es ihm

gelang, in der gereinigten Interzellularsubstanz des Holzes die bekannte Zellstoffreaktion hervorzurufen.

Wigand's und Sanio's Arbeiten genügten vollkommen die von Mohl begründete Theorie der Interzellularsubstanz und der Cuticula definitiv zu beseitigen; sie lieferten aber deshalb noch keinen Beweis für die Behauptung, daß die Mittellamellen in der That die primären Scheidewände seien, an welche sich beiderseits, sowie bei der Cuticula nur einseitig die sekundären Verdichtungsschichten Mohl's angelagert hätten; vielmehr konnte von dem Standpunct aus, den Nägeli's Theorie der Intussusception nunmehr gewährte, die Struktur der Scheidewände und die Existenz der Cuticula überhaupt ganz anders aufgefaßt werden; man brauchte fortan in der Mittellamelle verdickter Zellen und in der Cuticula weder ein Secret, noch eine primäre Zellhautlamelle zu sehen, denn es eröffnete sich nunmehr die Möglichkeit, daß diese Schichtenbildungen durch nachträgliche chemische und physikalische Differenzirung der durch Intussusception sich verdickenden Häute entstehen. Da die Phytotomen auch heute noch nicht über die Richtigkeit dieser Ansicht ganz einig sind, so sollte hier eben nur hervorgehoben werden, daß in der Frage der Cuticula und der Interzellularsubstanz eines derjenigen Momente liegt, durch deren Entscheidung die ältere Mohl'sche Appositionstheorie in Frage gestellt wird. Es ist nicht mehr Sache diese Geschichte, die in den sechziger und siebziger Jahren geltend gemachten neueren Ansichten vorzuführen, da der Streit noch nicht definitiv geschlichtet ist.

Zu Mohl's Vorstellung von dem festen Zellhautgerüst der Pflanzen gehörte die von ihm seit 1828 wie ein Dogma festgehaltene Ansicht, daß abgesehen von den Querwänden der ächten Holzgefäße und manchen sehr vereinzeltten Vorkommnissen, eine Durchlöcherung der Scheidewände im Zellgewebe nicht vorkomme; daß die einfachen und gehöften Tüpfel vielmehr immer durch die primäre sehr dünne Hautlamelle verschlossen bleiben. Zwischen 1850 und 1860 jedoch wurden verschiedene, für die Physiologie sehr wichtige Ausnahmen von dieser Mohl'schen Regel con-

statirt. Theodor Hartig hatte schon 1851 in seiner Naturgeschichte der Forstpflanzen im Bastsystem eigenthümliche Zellreihen beschrieben, deren Quer- zum Theil auch Längswände von zahlreichen feinen Löchern siebartig durchbohrt schienen, die er deshalb als Siebröhren bezeichnete. Mohl erklärte sich jedoch 1855, indem er Hartig's Entdeckung übrigens bestätigte und erweiterte, gegen die Durchbohrung der Wände und glaubte an den betreffenden Stellen nur gitterartige Verdickungen der Zellwände zu sehen; er wollte daher Hartig's Siebröhren als Gitterzellen bezeichnet wissen. Da zeigte jedoch Nägeli 1861, daß an der wirklichen Durchbohrung wenigstens in gewissen Fällen nicht zu zweifeln ist, daß die Siebplatten dem Transport schleimiger Stoffe im Bastgewebe dienen; nebenbei sei bemerkt, daß ich 1863, Hanstein 1864 Mittel angaben, durch welche man sich mit Leichtigkeit die Gewißheit verschaffen kann, daß Hartig's Siebplatten in der That durchlöchert sind. Unterdessen hatte man auch schon eine Zahl von Milchsaft führenden Organen als gefäßartige Bildungen im Sinne Mohl's erkannt und gefunden, daß derartige Canäle durch Auflösung der Querswände benachbarter Zellen entstehen. Doch blieb die Kenntniß der milchführenden Organe noch bis gegen die Mitte der sechziger Jahr hin eine sehr ungeordnete und lückenhafte und auch die Untersuchung der Harzgänge und ihre Entstehung durch bloßes Auseinanderweichen der Zellen gehört erst der neueren Phytotomie an; Hanstein, Dippel, N. J. C. Müller, Frank u. A. haben seit 1860 die Kenntniß dieser Gewebebildungen gefördert. Eine der allerwichtigsten Ausnahmen von Mohl's obengenannter Ansicht, constatirte schon 1860 Schacht, indem er entwicklungsgeschichtlich die Entstehung und wahre Form der gehösten Tüpfel im Holz der Coniferen und in den punktirten Gefäßen der Angiospermen nachwies und außerdem zeigte, daß in allen solchen Fällen, wo die gehösten Tüpfel auf beiden Seiten einer Scheidewand ausgebildet sind, und wo die benachbarten Zellen später Luft führen, daß da die ursprüngliche, sehr dünne Scheidewand im gehösten Tüpfel verschwindet, daß somit in solchen

Fällen die gehöften Tüpfel ebensoviele offene Löcher darstellen, durch welche die benachbarten Zellen und Gefäße communiciren. Zugleich ergab sich die Erklärung einer anderen bis dahin unerklärlichen Erscheinung. Wie schon Malpighi und die Phytotomen am Anfang unseres Jahrhunderts bemerkt hatten, füllen sich nicht selten die großen Gefäßröhren des Holzes mit parenchymatischem Zellgewebe an, über dessen Ursprung man natürlich nicht in's Reine kam. Nach Schacht's Entdeckung aber konnte die Erscheinung nunmehr ganz einfach erklärt werden: die Tüpfelbildung findet nur dann in den Gefäßen statt, wenn diese an geschlossene Holzparenchymzellen angrenzen; in diesem Fall wird die sehr dünne, die gehöften Tüpfel von der Nachbarzelle abschließende Haut nicht resorbirt, vielmehr wölbt sie sich unter dem Saftdruck der benachbarten Parenchymzelle in den Gefäßraum hinein, schwillt daselbst blasenförmig an und kann durch Auftreten von Scheidewänden zur Bildung von parenchymatischen Zellen Anlaß geben, die nun aus zahlreicheren Tüpfeln hervortretend die Höhlung des Gefäßes erfüllen.

3. Entwicklungsgeschichte und Classification der Gewebeformen.

Es wurde früher schon hervorgehoben, wie der erste Anfang zu einer sachlichen Orientirung im Gesamtbau der höheren Pflanzen von Moldenhawer dadurch gemacht wurde, daß er von den Monocotylen ausgehend das Gefäßbündel als ein Ganzes, als ein aus verschiedenen Gewebeformen bestehendes Gewebesystem auffaßte und diese Vorstellung auch bei der Beurtheilung des Stammes der Dicotylen festhielt, wodurch zunächst die alte Malpighi'sche Theorie vom Dickenwachsthum der Stämme beseitigt wurde. Auch darauf wurde schon hingewiesen, daß Mohl in diesem Sinne fortschreitend auch die Epidermis und die übrigen Hautgewebeformen näher charakterisirte und classificirte d. h. eine auf sachliche Erwägung begründete Nomenclatur einführte, ohne in dieser Beziehung jedoch zu einem genügenden Abschluß zu gelangen, der in der That auch nur durch die

Entwicklungsgeschichte gefunden werden konnte; denn ebenso wie für den Begriff der Zelle und seinen Unterarten, wie für die Beurtheilung der wahren Natur des festen Gerüstes der Pflanzenstruktur, so ist auch für die richtige Unterscheidung und Classification der Gewebeformen die Entwicklungsgeschichte vor Allem maßgebend; sie liefert die morphologischen Gesichtspuncte für das Verständniß des inneren Gesamtbaues der Pflanzen, weil sie die Gewebeformen in solchen Entwicklungszuständen aufsucht, wo sie ihren späteren physiologischen Funktionen noch nicht angepaßt sind. Länger als in anderen Disciplinen der Botanik hat sich auf diesem Gebiet die Vermengung morphologischer und physiologischer Gesichtspuncte bei der Beurtheilung des Thatbestandes erhalten, aber auch hier traten die neueren entwicklungsgeschichtlichen Beobachtungen sichtlich und klärend in die Entwicklung der Begriffe und Ansichten ein; jedoch erst in den fünfziger Jahren und später, als die Zellbildungstheorie der Hauptsache nach entschieden war und die Führer auf dem Gebiet der Phytotomie wieder Zeit fanden, sich derartigen histologischen Fragen zu widmen.

Wie wenig man sich noch in den vierziger Jahren in den Verschiedenheiten der Gewebeformen höherer Pflanzen zurecht zu finden wußte, zeigt z. B. die Uebersicht der Gewebeformen in Schleiden's Grundzügen 1845 (p. 232), wo die Begriffe Parenchym, Interzellularsubstanz, Gefäße, Gefäßbündel, Bastgewebe, Bastzellen der Apocynen und Asclepiadeen, Milchsaftgefäße, Filzgewebe, Epidermoidalgewebe in coordinirten Abschnitten des Textes der Reihenfolge nach abgehandelt werden. Daß auf diese Weise eine geordnete Einsicht in den gesammten Zellenbau einer höheren Pflanze nicht zu erzielen war, bedarf keiner weiteren Begründung. In demselben Werk, wo Schleiden weiterhin eine Classification der Gefäßbündel versuchte, indem er dieselben als geschlossene und ungeschlossene unterschied, von denen die letzteren den Dikotolen zukommen, finden wir als äußere Grenze dieser ungeschlossenen Gefäßbündel die Cambiumschicht selbst genannt; der außerhalb dieser letzteren liegende Bast wurde also nicht als Theil der ungeschlossenen Gefäßbündel betrachtet, womit

natürlich eine fruchtbare Vergleichung der Verhältnisse bei Mono- und Dicotylen abgebrochen war. In mancher Beziehung noch schlimmer sah es in Schacht's erwähntem Buche „die Pflanzenzelle“ 1852 aus, wo die Histologie unter dem Titel: die Arten der Pflanzenzelle in folgenden coordinirten Abschnitten behandelt wurde: die Schwärmfäden der Kryptogamen, die Sporen derselben, die Pollenkörner, die Zellen und das Gewebe der Pilze und Flechten, die Zellen und das Gewebe der Algen, das Parenchym und seine Zellen, das Cambium und seine Zellen, die Gefäße der Pflanze, das Holz und seine Zellen, die Bastzellen, die Spaltöffnungen, die appendiculären Organe der Oberhaut, der Rork; dann folgt ein Paragraph über den Verdickungsring und erst dann zum nicht geringen Erstaunen des Lesers werden die Gefäßbündel behandelt, nachdem bereits die Gefäße, das Holz und die Bastzellen ihre Erledigung gefunden haben. Daß dieser Darstellungsform eine ebenso unklare Einsicht des Verfassers in dem Gesamtbau der Pflanze zu Grunde liegt, geht aus der Lectüre des Buches ohne Weiteres hervor und auch in Schacht's Lehrbuch von 1856 findet sich noch dieselbe Begriffsverwirrung.

Viel besser ist schon die Classification der Gewebe in Unger's Lehrbuch der Anatomie und Physiologie der Pflanzen von 1855; nachdem die Lehre von der Zelle abgehandelt ist, folgt eine Hauptabtheilung des Buches als die Lehre von den Zellcomplexen, wo die Zellfamilien, Zellgewebe und Zellfusionen abgehandelt werden. Ein folgender Hauptabschnitt beschäftigt sich mit der Lehre von den Zellgruppen, wo die Epidermoidalbildungen, die Lusträume, Saftbehälter, Drüsen und Gefäßbündel im Einzelnen behandelt werden, bei welcher Eintheilung allerdings übersehen ist, daß man den Epidermoidalbildungen zwar die Gefäßbündel als coordinirte Begriffe entgegenstellen kann, daß ihnen jedoch Lusträume, Saftbehälter und Drüsen nicht als gleichwerthige Theile entgegengestellt werden können. Ein letzter Hauptabschnitt Ungers behandelt als Lehre von den Systemen die Art und Weise, wie bei verschiedenen Pflanzen die Gefäßbündel unter einander verbunden sind und in ganz richtiger Gedankenverbindung wird

hier das nachträgliche Dickenwachsthum und die Thätigkeit der Cambiumschicht mitbehandelt.

Wie überall, wo es galt, die fundamentalen Begriffe unserer Wissenschaft festzustellen, sich in den Thatsachen nach umfassenden Gesichtspuncten zu orientiren und die Prinzipien dazu in der Entwicklungsgeschichte zu suchen, so finden wir auch hier wieder Nägeli's Arbeiten als die grundlegenden und bahnbrechenden. In seinen „Beiträgen zur wissenschaftlichen Botanik“ stellte Nägeli 1858 eine Classification der Gewebeformen nach rein morphologischen Gesichtspuncten auf. Als Hauptabtheilungen unterschied er zunächst die Theilungsgewebe von den Dauergeweben; in jeder Abtheilung sind wieder zwei Hauptformen, die prosenchymatischen und parenchymatischen Gewebe unterschieden. Das parenchymatische Theilungsgewebe, aus welchem anfänglich jedes junge Organ besteht, nannte er das Urmeristem im Gegensatz zu dem prosenchymatischen Theilungsgewebe, welches sich in Form von Strängen und Schichten differenzirt und von ihm allgemein Cambium genannt wurde; eine allerdings nicht glückliche Unterscheidung schon deshalb, weil Nägeli's Cambium keineswegs überall aus prosenchymatischem Gewebe besteht. Als Folgermeristem bezeichnete Nägeli solche Gewebestränge und Gewebeschichten, welche zwischen dem Dauergewebe älterer Theile auftreten. Aus dem Urmeristem scheidet sich nach Nägeli zunächst das Cambium aus. — Die zweite Hauptform, das Dauergewebe, theilt er nicht nach der Gestalt der Zellen oder nach physiologischen Beziehungen ein, sondern zunächst nach ihrer Abstammung in zwei Classen: Alles Dauergewebe, welches vom Urmeristem unmittelbar abstammt, ist Protenchym, und Alles, was direkt oder indirekt aus dem Cambium entsteht, Spenchym. Die bisher als Gefäßbündel bezeichneten Gewebestränge glaubte Nägeli, da sie keineswegs bloß Gefäße enthalten, sondern wie schon Bernharði 1805 hervorgehoben, auch immer faserige Elemente besitzen, deshalb als Fibrovasalstränge bezeichnen zu sollen. — Wenn auch nicht zu verkennen ist, daß bei dieser Eintheilung die so klar daliegende Verschiedenheit der Hautgewebe

von den übrigen Gewebemassen nicht zu entsprechendem Ausdruck gelangt und wenn auch gegenwärtig schon andere Gesichtspunkte für die genetische Classification der Gewebeformen sich aufstellen lassen, so hatte Nägeli's Eintheilung und Nomenclatur doch den Vorzug, daß durch sie die gesammte Histologie der Pflanzen zum ersten Mal nach umfassenden und genetischen Principien dargestellt wurde. Sie hat wesentlich zur Herbeiführung einer besseren Verständigung über den Gesamtbau der Pflanze beigetragen.

Zu weiterer Untersuchung im genetisch morphologischen Sinn forderten zunächst die Gefäßbündel oder Fibrovasalstränge heraus; denn eine richtige Einsicht in die Entstehung und spätere Veränderung dieses Gewebesystems ist für die Phytotomie ebenso wichtig, wie etwa für die Zootomie der Wirbelthiere die Entstehung und spätere Veränderung des Knochensystems. Für die Phytotomie aber hat die Kenntniß der Gefäßbündel und ihres Verlaufs im Stamm besonders auch deshalb eine weittragende Bedeutung, weil nur auf diesem Wege eine richtige Einsicht in die Vorgänge des nachträglichen Dickenwachstums bei den eigentlichen Holzpflanzen zu gewinnen ist.

Es wurde schon erwähnt, daß Mohl bereits 1831 die Individualität der im Stamm beginnenden, in die Blätter ausbiegenden und dort endigenden Stränge nachgewiesen hatte, so daß das ganze Gefäßbündelsystem einer Pflanze aus einzelnen isolirt entstandenen, unter sich aber nachträglich verbundenen Strängen besteht. Schon 1846 hatte Nägeli die entsprechenden Verhältnisse der Gefäßkryptogamen untersucht, als Schacht in seinem erwähnten Buch den Rückschritt machte, das Gefäßbündelsystem einer Pflanze durch fortgesetzte Verzweigung, statt durch nachträgliche Verschmelzung isolirter Stränge entstehen zu lassen, ein Irrthum, welchem Mohl 1858 entschieden entgegentrat; ausführlicher und klarer geschah dieß jedoch durch Johannes Hanstein 1857 und durch Nägeli 1858. In einer Abhandlung über den Bau des dikotylen Holzringes wies Hanstein, die älteren Angaben Nägeli's bestätigend, für die Dicotyledonen und Coniferen nach, daß der primäre Holzkreis in

dem Stamme aus einer Anzahl von Gefäßbündeln entsteht, die mit denen der Blätter identisch sind und im Urmeristem der Knospe entstehen. Diese primordialen Bündel durchziehen selbstständig und gesondert eine gewisse Zahl von Stengelgliedern abwärts, um unten isolirt zu endigen oder mit älteren, tiefer unten entsprungenen Nachbarbündeln sich zu vereinigen. Treffend bezeichnete Hanstein die aus der Blattbasis in den Stamm eintretenden und ihn abwärts eine gewisse Strecke weit durchziehenden Theile der Gefäßbündel als Blattspuren, so daß also kurz gesagt werden kann: Der primäre Holzcylinder der Dicotylen und Coniferen bestehe aus der Gesamtheit der Blattspuren. Umfassender waren Nägeli's Untersuchungen, aus denen schon oben die Nomenclatur der Gewebeformen hervorgehoben wurde. Nägeli unterschied drei Arten von Gefäßbündeln bezüglich ihres Verlaufs: Die gemeinsamen nämlich, welche im Stamme Hanstein's Blattspuren darstellen und mit ihren oberen Enden in die Blätter ausbiegen; im Gegensatz dazu nannte Nägeli stamm-eigene Stränge diejenigen, welche an ihren vorderen Enden im Vegetationspunct des Stammes sich verlängern, ohne in Blätter auszubiegen; und blatteigene, die nur den Blättern angehören. Der Schwerpunkt seiner Untersuchung liegt in den gemeinsamen Strängen, für welche er betreffs der Dicotylen und Coniferen die allgemeine Regel aufstellte, daß sie an der Grenze ihrer auf- und absteigenden Hälften, an der Stelle nämlich, wo sie in das Blatt ausbiegen, sich zu bilden anfangen, um von dort aus abwärts in den Stamm und aufwärts in das Blatt durch Differenzirung entsprechender Gewebezüge sich fortzubilden. Es liegt in der Natur der gemeinsamen Stränge, daß ein tieferes Verständniß ihres Verlaufs und ihrer ersten Entstehung eine genauere Kenntniß der Entstehungsfolge der Blätter am Stammende und der phyllotaktischen Veränderungen während des Wachstums voraussetzt; Beziehungen, welche Nägeli ausführlich erwog und aus welchen er neue Gesichtspuncte für die genetische Betrachtung der Blattstellung selbst ableitete, indem er zugleich auf die ungenügende genetische Grundlage der Schimper-

Braun'schen Blattstellungslehre hinwies. — Nägeli war auch der erste, der die anatomische Struktur der Wurzeln mit der der Stämme verglich und besonders auf die eigenartige Natur des Fibrovasalkörpers in diesen Organen hinwies. Wie früher Nägeli's Entdeckung der Scheitelzelle und ihrer Segmentirung, so rief auch jetzt wieder seine Abhandlung über die Fibrovasalstränge zahlreiche Bearbeitungen von Seiten anderer hervor, unter denen ganz besonders Carl Sanio's Abhandlung über die Zusammensetzung des Holzkörpers (Bot. Zeitg. 1863) als eine der ersten und bedeutendsten erwähnt werden muß, da sie in Verbindung mit Hanstein's und Nägeli's Arbeiten zuerst größere Klarheit in die Vorgänge des Dickenwachsthums der Stämme brachte. Es wurde schon erwähnt, daß es weder Mohl noch Schleiden, weder Schacht noch Unger gelungen war, den richtigen Ausdruck für das Dickenwachstum zu gewinnen. Es war dieß unmöglich, weil ihnen die erste Entstehung, der wahre Verlauf und die Zusammensetzung der Gefäßbündel vor dem Dickenwachstum nicht hinreichend bekannt war; im höchsten Grade störend wirkte die begriffliche und sprachliche Verwechslung ganz verschiedener Dinge, die hier mit in Betracht kamen, des sogenannten Verdickungsringes nämlich, in welchem dicht unter der Stammspitze die ersten Gefäßbündel entstehen sollten, mit dem viel später erst sich bildenden Cambium der ächten Holzpflanzen und dieser beiden wiederum mit der sehr spät entstehenden Meristemschicht, in welcher bei den baumförmigen Liliaceen fortwährend neue Gefäßbündel entstehen und ein sehr eigenthümliches Dickenwachstum der Stämme bewirken ¹⁾. Erst durch Sanio's Abhandlung wurden diese selbst von Mohl noch 1858 zum Theil festgehaltenen Begriffsverwirrungen beseitigt, indem er besonders den sogenannten Verdickungsring, in welchem dicht unter der Stammspitze die ersten Anlagen der Gefäßbündel entstehen, von dem ächten Cambium scharf unterschied, welches erst viel später in den Gefäßbündeln und zwischen

¹⁾ Vergl. Sachs, Lehrbuch der Botanik 4. Aufl. 1874 p. 129.

diesen sich bildet, um dann die secundären Holz- und Rindenschichten zu erzeugen; auch ließ es sich Sanio angelegen sein, die verschiedenen Elementarorgane des Holzkörpers einer sorgfältigeren Unterscheidung, besserer Classification und Nomenclatur zu unterwerfen. Der eigenthümliche Vorgang des nachträglichen Dickenwachstums der baumartigen Liliaceen, der längst bekannt, vorwiegend dazu beigetragen hatte, Mohl und Schacht in Mißverständnisse zu verwickeln, wurde dagegen zuerst 1865 durch A. Millardet vollständig aufgeklärt. Die späteren Arbeiten Nägeli's, Rablkofer's, Eichler's u. A. über abnorme Holzbildungen trugen noch wesentlich zur Klärung des Verständnisses auch des normalen Wachstums bei; doch gehören diese in die sechziger Jahre fallenden Arbeiten ebensowenig wie Hanstein's neuere Untersuchungen über die Gewebedifferenzirung im Stamme der Phanerogamen, in den Rahmen unserer Geschichte.

4. Nägeli's Theorie der Molecularstruktur und des Wachstums durch Intussusception,

auf deren große Wichtigkeit für die weitere Entwicklung der Phytotomie und Physiologie der Pflanzen schon oben hingewiesen wurde, soll hier den Abschluß unserer Geschichte der Pflanzenanatomie bilden. Es war ein merkwürdiges Zusammentreffen, daß Nägeli's Moleculartheorie der organisirten Gebilde, welche auch für die Zootomie nicht unfruchtbar bleiben wird, in denselben Jahren um 1860 zur Ausbildung gelangte, in denen auch Darwin zuerst mit seiner Descendenztheorie hervortrat. Auf den ersten Anblick scheinen beide Theorien in gar keinem Zusammenhang zu stehen, dieses zeitliche Zusammentreffen also ein ganz zufälliges zu sein. Geht man jedoch tiefer in die Sache ein, so findet man eine, für die Geschichte der Naturwissenschaft sehr bedeutungsvolle Aehnlichkeit beider Theorien: durch beide nämlich wurde die bisherige formale Betrachtung organischer Formen auf eine causale zurückgeführt; wie Darwin's Lehre darauf ausgeht, die specifischen Formen der Thiere

und Pflanzen aus der Erbllichkeit und Variabilität unter dem zerstörenden oder begünstigenden Einfluß äußerer Umstände ursächlich zu erklären, so steckt sich Nägeli's Theorie das Ziel, das Wachsthum und die innere Struktur organisirter Körper auf physikalisch chemische und mechanische Vorgänge zurückzuführen. Die Zukunft wird zeigen, ob die von Nägeli gewonnenen Anschauungen in ihrer weiteren Ausbildung nicht dazu beitragen werden auch der Descendenztheorie eine tiefere Begründung zu geben, insofern es nicht unwahrscheinlich ist, daß ein tieferes Verständniß der Molecularstruktur der Organismen den dunklen Begriffen Erbllichkeit und Variabilität mehr Licht und Klarheit geben könnte.

Wie immer bei ähnlichen Gelegenheiten, waren auch hier die ersten Anfänge sehr unscheinbar und Niemand konnte den ersten Wahrnehmungen, um die es sich hier handelt, ansehen, was schließlich aus ihnen sich entwickeln sollte. Wie bereits erwähnt, hatte Mohl schon 1836 die sogenannte Streifung gewisser Zellhäute beobachtet, was Meyen veranlaßte, auf Grund weiterer, zum Theil aber unrichtiger Wahrnehmungen die pflanzlichen Zellhäute aus spiralig gewundenen Fasern bestehen zu lassen. Es wurde auch schon früher darauf hingewiesen, wie Mohl die eigentliche Streifung zunächst von spiraligen Verdickungen, die bei Meyen mit untergelaufen waren, unterschied, (1837) und wie er bereits auf gewisse Vorstellungen von der Molecularstruktur der Zellhäute hingeführt wurde, ohne jedoch zu einem genügenden Abschluß zu gelangen. Noch weniger geschah das Letztere bei Agardh, welcher neue Fälle von Zellhautstreifung bekannt machte; 1853 (bot. Zeitg.) nahm sich Mohl nochmals der Sache an, indem er darauf drang, daß eine Trennung der Streifen oder scheinbaren Fasern weder mechanisch noch chemisch möglich sei, wobei er jedoch unentschieden ließ, ob die in der Flächenansicht sich kreuzenden Linien der nämlichen oder verschiedenen Zellhautschichten angehören. Was bald darauf Crüger und Schacht mittheilten, trug zur Förderung der Sache Nichts bei; auch Wiegand trat 1856 in die Diskussion ein, verfehlte aber von vornherein den rechten Weg, insofern er

die sich kreuzenden Streifen als verschiedenen Hautschichten gehörig annahm. So lange man die Mohl'sche Theorie, daß die concentrische Schichtung der Zellhäute durch Anlagerung neuer Schichten entstehe, festhielt, war betreffs der Streifung ein richtiges Urtheil überhaupt kaum zu gewinnen: dieß wurde vielmehr erst dann möglich, als Nägeli in seinem großen Werk über die Stärkekörner 1858 bewies, daß die concentrische Schichtung dieser Gebilde ebensowohl, wie die der Zellhäute überhaupt gar nicht darin besteht, daß gleichartige Schichten einfach an einander liegen, daß vielmehr abwechselnd dichtere, wasserarme und minder dichte, wasserreiche Schichten in der Substanz mit einander abwechseln, und daß diese Form der Schichtung unmöglich durch Anlagerung im Sinne Mohl's erklärt werden könne, wogegen sie durch Einschlebung neuer Molecüle zwischen die schon vorhandenen und durch entsprechende Differenzirung des Wassergehaltes zu erklären sei. Daß das Flächenwachsthum der Zellhäute durch derartige Intussusception stattfindet, war ohnehin gewiß, von Unger gelegentlich betont, und die Erscheinung, welche man als Streifung der Zellhaut bezeichnet, konnte nun auf dasselbe Princip, wie die concentrische Schichtung, nämlich auf eine regelmäßig abwechselnde größere und geringere Wassereinlagerung zurückgeführt werden. Nägeli zeigte aber, was den anderen Beobachtern entgangen war, daß die Strukturverschiedenheit, welche in der Flächenansicht der Zellhaut als gewöhnlich doppelte, gekreuzte Streifung auftritt, die ganze Dicke einer geschichteten Zellhaut durchsetzt. Nägeli gewann so eine Differenzirung in der Substanz jedes kleinen Zellhautstückchens nach drei Richtungen des Raumes, für welche er das schon früher von Mohl gebrauchte Bild treffender als dieser benutzte, daß nämlich die Struktur einer kreuzweis gestreiften und zugleich concentrisch geschichteten Zellhaut derjenigen eines Krystalls vergleichbar sei, welcher nach drei Richtungen spaltbar ist. Diese Vorstellung vom Bau der Zellhaut sprach er zuerst 1862 (Botan. Unterf. I. p. 187) aus, um sie dann 1864 (ebenda II. p. 147) weiter zu begründen.

Der eigentliche Ausgangspunct für Nägeli's Theorie von der Molecularstruktur lag jedoch in der von ihm 1858 so eingehend untersuchten Struktur der Stärkekörner. Aus der Art und Weise, wie diese sich gegen Druck und Austrocknung, gegen Quellungsmittel und Extraktion eines Theiles ihrer Substanz verhalten, kam er zu der Vorstellung, daß die gesammte Substanz eines Stärkekorns aus Molecülen besteht, welche nicht rund, sondern polyedrisch geformt sein müssen, die unter sich im normalen Zustand durch Wasserhüllen von einander getrennt sind, und daß der Wassergehalt der geschichteten Substanz von der Größe dieser Molecüle abhängt, insofern er um so geringer sein muß, je größer die Molecüle selbst sind; eine Darstellungsweise, welche sich nun sofort auch auf die Struktur der Zellhaut übertragen ließ und nach welcher das Wachsthum überhaupt durch Vergrößerung schon vorhandener, sowie durch Einlagerung neuer kleiner Molecüle zwischen die vorhandenen verstanden werden kann. Diese Nägeli'schen Molecüle sind selbst schon sehr zusammengesetzte Gebilde, denn das kleinste derselben würde schon aus zahlreichen Atomen von Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff bestehen, gewöhnlich aber würde ein Molecül aus tausenden von solchen Atomaggregaten, welche die Chemiker Molecüle nennen, zusammengesetzt sein.

Schon bei der Untersuchung der Stärkekörner kam Nägeli zu der Folgerung, daß Molecüle von verschiedener chemischer Natur an jedem sichtbaren Punkt zusammengelagert sind: durch Extraktion der Körner ließ sich derjenige Stoff vollständig entfernen, welcher mit Jod ohne Weiteres blau wird, die Granulose. Nach der Extraktion dagegen blieb ein sehr substanzarmes Skelet des Stärkekornes zurück, welches im Wesentlichen genau die ursprüngliche Schichtung zeigte, mit Jod aber keine blaue Färbung annahm und von Nägeli als Stärkcellulose bezeichnet wurde. Aus diesem Verhalten folgte, daß im Stärkekorn zweierlei chemisch verschiedene Molecüle überall neben einander gelagert sind, etwa so, wie wenn man rothe und gelbe Ziegeln zum Aufbau eines Hauses so verwendet hätte, daß nach späterer Weg-

nahme aller gelben Ziegel nunmehr die rothen allein noch das Mauerwerk, wenn auch viel lockerer, so doch in seiner Gesamtförmigkeit noch darstellen würden. Zu ähnlichen Ergebnissen kam Nägeli 1862 bei den krystallähnlich geformten Proteinkörpern, welche Theodor Hartig vorher entdeckt, Radlkofer krystallographisch, Maschke chemisch untersucht hatte. Da man in gleicher Weise die sogenannten inkrustirenden Substanzen aus Zellhäuten extrahiren kann ohne ihre feine Struktur wesentlich zu ändern, da man durch Verbrennung derselben Aschensfäule gewinnt, welche die feine Struktur der Zellhaut selbst nachahmen, so gilt das oben angewandte Bild in noch complicirterer Weise auch für die Molecularstruktur der Zellhäute, ja manche Erwägungen führen zu der Annahme, daß Nägeli's bei den Stärkekörnern gewonnene Vorstellungsweise sich auch auf die Struktur des Protoplasma's mit gewissen Modificationen wird anwenden lassen.

Wie oben angedeutet, war Nägeli durch Erscheinungen an den Stärkekörnern zu der Annahme geführt worden, daß ihre Molecüle nicht rund sondern polyedrisch seien und so lag die Frage nahe, ob sie etwa als geradezu krystallinisch gelten dürfen. Ueber diese Frage konnte die Anwendung des polarisirten Lichtes Aufschluß geben, mit welcher sich bereits verschiedene Beobachter beschäftigt hatten. Schon 1847 hatte Erlach, 1849 Ehrenberg das Polarisationsmikroskop zur Charakteristik mikroskopischer Objecte benutzt, ohne jedoch daraus Folgerungen auf die Molecularstruktur abzuleiten; Schacht hatte später sogar die Beobachtungen mit dem Polarisationsmikroskop für eine hübsche Spielerei erklärt, die aber keinen wissenschaftlichen Werth habe. Darauf begegnen wir wieder einer ernstern sorgfältigen Untersuchung Mohl's auch auf diesem Gebiet (Bot. Zeitg. 1858), wo derselbe mit gewohnter Gründlichkeit und unter technischer Verbesserung des Apparates zu Folgerungen über die Natur und Substanz der Zellhäute, Stärkekörner u. s. w. gelangte, welche sofort den Beweis lieferten, daß in den Händen eines denkenden Beobachters das Polarisationsmikroskop nicht ein Spielzeug, sondern ein Mittel zu tief eindringender Forschung

sei, vorausgesetzt freilich, daß der Beobachter mit der Physik des polarisirten Lichtes vollkommen vertraut ist. Doch zeigte sich auch bei dieser Gelegenheit wieder die Eigenthümlichkeit Mohl's, welche ihn schon zwanzig Jahre früher gehindert hatte, seine gründlichen und ausgedehnten Untersuchungen über die Zellbildung zu einem theoretischen Abschluß zu bringen; er begnügte sich auch diesmal wieder, gründlich und richtig zu beobachten, das Beobachtete sorgfältig zu beschreiben und es mit den nächstliegenden physikalischen Ansichten so in Verbindung zu bringen, daß dadurch mehr eine Classification der Erscheinungen, als eine neue und tiefere Einsicht in das Wesen der Sache gewonnen wurde. Es fehlte ihm der schöpferische Gedanke, der Drang, die Ergebnisse seiner Untersuchungen bis in die letzten Elemente zu analysiren und sich aus diesem ein klares Bild der inneren Struktur der organisirten Theile zu bilden. Mohl blieb auch hier also bei der Induktion stehen, ohne bis zur deduktiven und construierenden Bearbeitung der vorliegenden Frage überzugehen; das Letztere that, wie wir sehen werden, Nägeli auch in diesem Fall.

Unterdessen erschien 1861 ein umfangreicheres Werk von Valentin über die Untersuchung der Pflanzen- und Thiergewebe im polarisirten Licht, wo der mit großer Literatur- und Sachkenntniß ausgerüstete Verfasser die Polarisationsercheinungen ausführlich untersuchte, die Instrumente und ihre Handhabung ausgezeichnet darstellte, überhaupt die Theorie und Technik derartiger Untersuchungen entwickelte. Er übersah jedoch betreffs der pflanzlichen Zellhülle eine bereits von Mohl erkannte Erscheinung, daß nämlich die vom polarisirten Licht senkrecht zu ihrer Fläche durchstrahlten Membranen Interferenzfarben zeigen, was ihn nothwendig zu einer unrichtigen Deutung ihrer inneren Struktur führen mußte.

Auch Nägeli widmete von 1859 ab den Polarisationsercheinungen langwierige theoretische und physikalische Studien, die im dritten Heft seiner botanischen Beiträge erst 1863 publicirt wurden; aber schon ein Jahr früher machte er die

Hauptergebnisse betreffs der Molecularstruktur der Zellhäute und Stärkekörner (Bot. Mitth. 1862) bekannt. Auch die Polarisationsercheinungen führten ihn wieder, und zwar auf einem ganz anderen Wege zu der Ansicht, daß die organisirten Theile der Pflanzenzelle aus isolirten Molecülen bestehen, zwischen denen sich Flüssigkeit befindet; die neueren Untersuchungen aber ergaben nun auch bestimmtere Vorstellungen von der Natur jener Molecüle, die nach dem optischen Verhalten der untersuchten Gebilde nicht bloß als polyedrisch, sondern als krystallinisch bezeichnet werden durften; die Substanzmolecüle der organisirten Pflanzentheile verhalten sich nach Nägeli wie optisch zweiarige Krystalle, die also drei verschiedene Arien der Aetherdichtigkeit besitzen; in den Stärkekörnern und Zellhäuten sind diese krystallinischen Molecüle so angeordnet, daß jedesmal eine dieser Arien senkrecht zur Schichtung steht, während die beiden anderen in der Schichtungsebene liegen. Die Wirkung der organisirten Zellentheile auf polarisirtes Licht summiert sich aus den Wirkungen der einzelnen Molecüle, wogegen die zwischen ihnen liegende Flüssigkeit optisch inaktiv ist und nur insofern in Betracht kommt, als durch ihr Quantum die Molecüle mehr oder minder weit aus einander oder zusammenrücken.

Es würde die Aufgabe der historischen Darstellung überschreiten, wollte ich es hier versuchen die schon jetzt denkbaren Consequenzen zu entwickeln, welche sich aus Nägeli's Theorie für das Verständniß der Wachsthumsvorgänge, für die Mechanik des Wachsthum's ableiten lassen; jedenfalls ist durch diese Ergebnisse ein Schema von der feinsten Struktur der Organismen aufgestellt, in welchem zugleich eine gewisse Uebereinstimmung des Organischen und des Unorganischen, aber auch der wesentliche Unterschied beider zu Tage tritt; an dieses Schema wird jede weitere Untersuchung anknüpfen müssen, welche wirklich und ernsthaft darauf ausgeht, die Erscheinungen des Lebens nach naturwissenschaftlichen Prinzipien zu erklären.