

Grundzüge der philosophischen Botanik / von F.T. Kützing.

Contributors

Kützing, Friedrich Traugott, 1807-1893.
Royal College of Physicians of Edinburgh

Publication/Creation

Leipzig : F.A. Brockhaus, 1851-1852.

Persistent URL

<https://wellcomecollection.org/works/ps5p45ku>

Provider

Royal College of Physicians Edinburgh

License and attribution

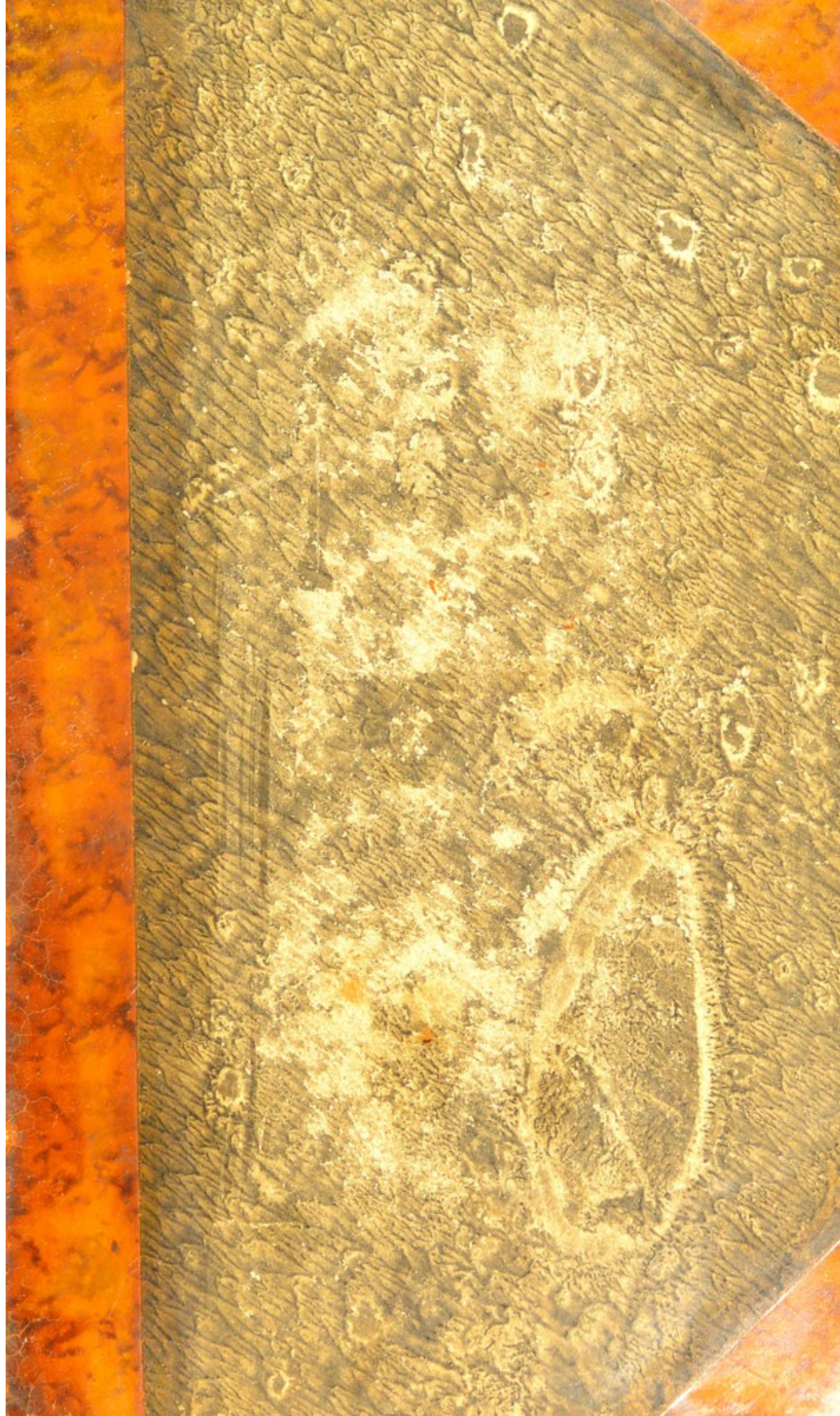
This material has been provided by This material has been provided by the Royal College of Physicians of Edinburgh. The original may be consulted at the Royal College of Physicians of Edinburgh. where the originals may be consulted.

This work has been identified as being free of known restrictions under copyright law, including all related and neighbouring rights and is being made available under the Creative Commons, Public Domain Mark.

You can copy, modify, distribute and perform the work, even for commercial purposes, without asking permission.

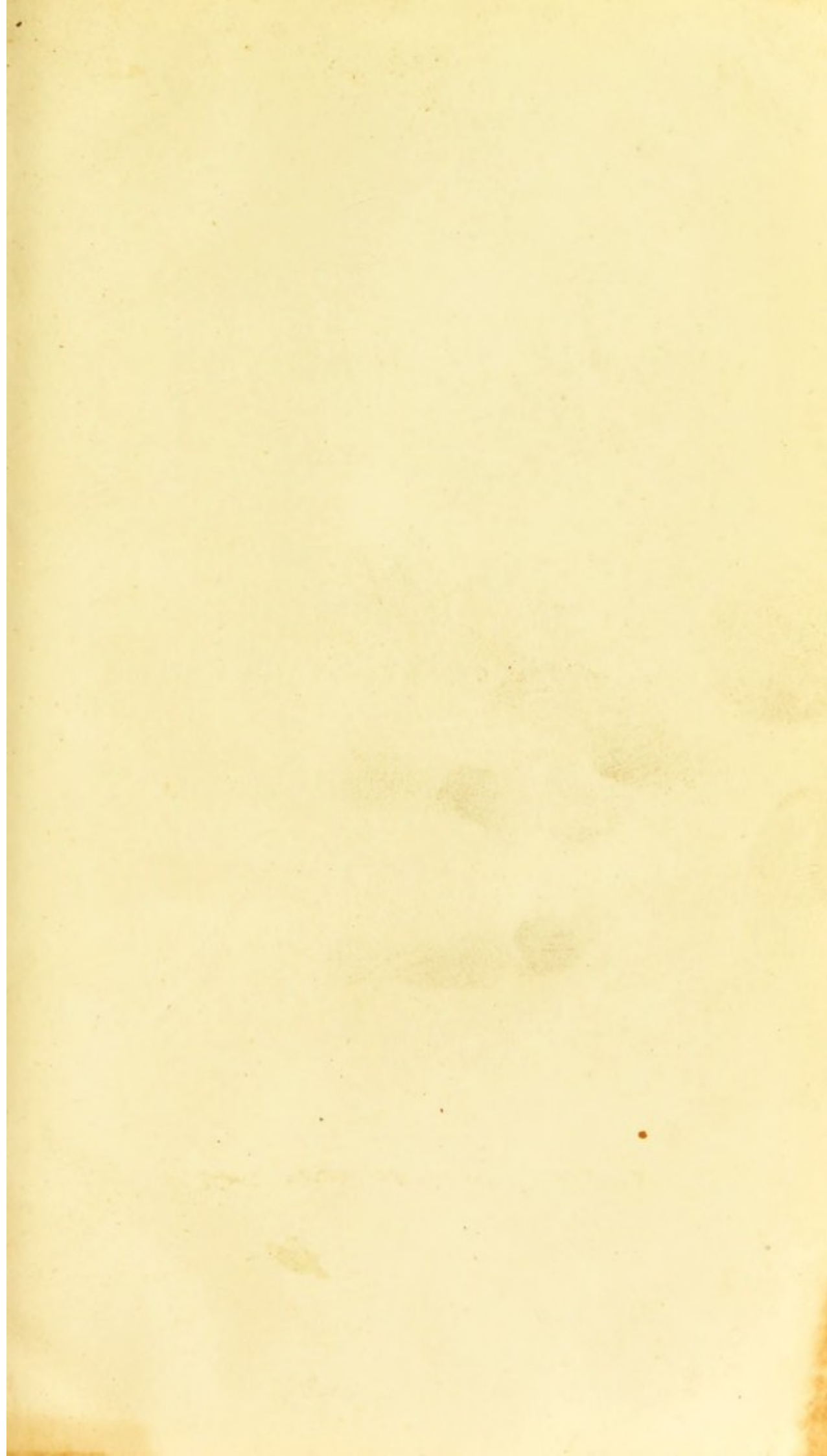


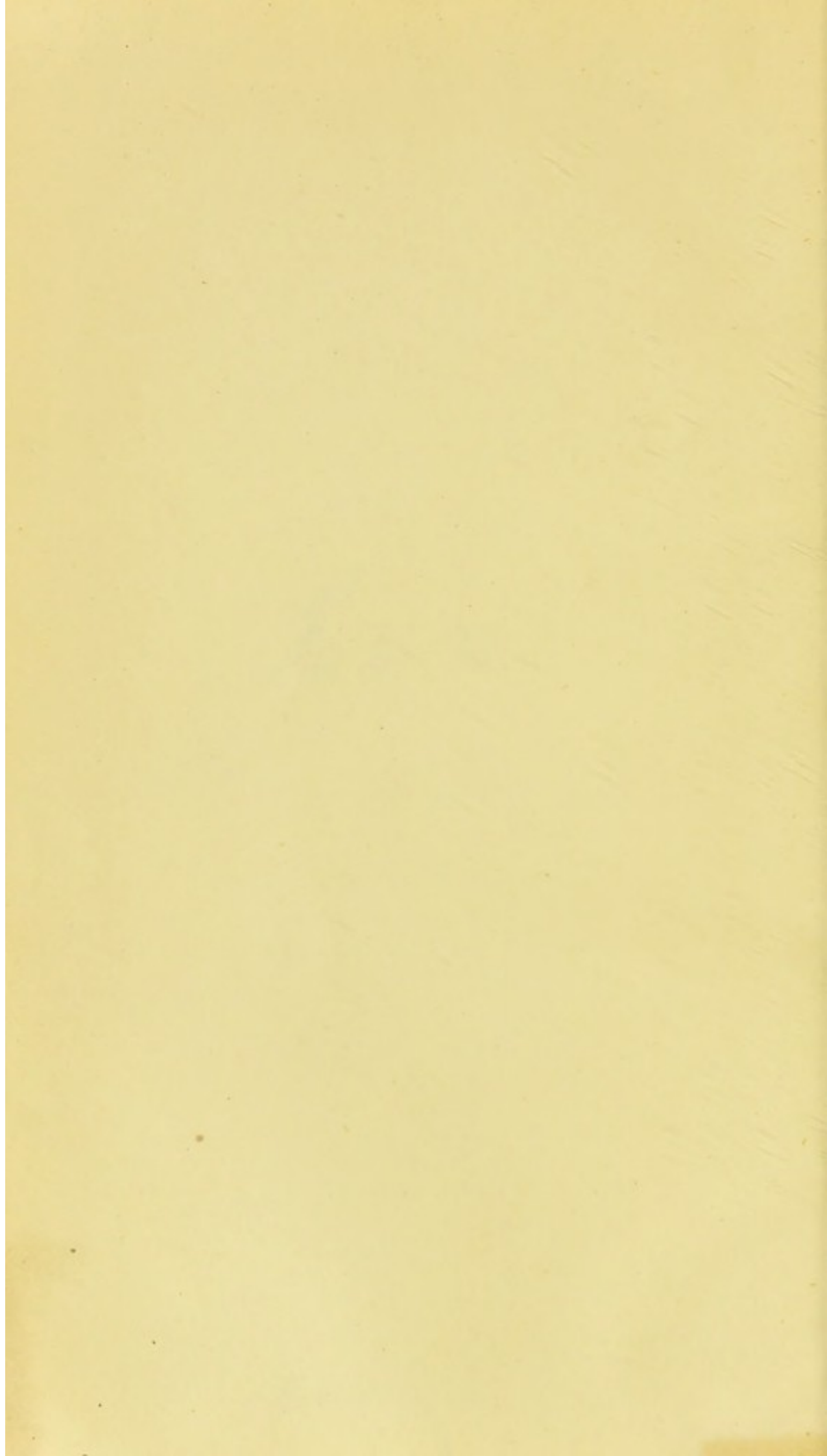
Wellcome Collection
183 Euston Road
London NW1 2BE UK
T +44 (0)20 7611 8722
E library@wellcomecollection.org
<https://wellcomecollection.org>



Pl. 35.

R25730





philosophischen Botanik



Digitized by the Internet Archive
in 2015

<https://archive.org/details/b21905319>

Grundzüge
der
philosophischen Botanik.

Erster Band.

Leipzig:

Verlag von C. F. Winter.

1851.

philosophischen Botanik

Grundzüge

philosophischen Botanik

REC. 1011
CORR. 1011
1011

G r u n d z ü g e
der
philosophischen Botanik

von

Dr. F. T. Kützing,

Professor der Naturwissenschaften zu Nordhausen.

Erster Band.

Historische Einleitung. Methode. Naturleben. Die Pflanzentheile.

Mit 18 Tafeln Abbildungen.

BIBLIOTH.
COLL. REC.
MED. EDIN.

Leipzig:

F. A. B r o c k h a u s.

1854.

Erster Band

von

philosophischen Botanik

von

Dr. F. T. Ketzinger,

Professor der Naturwissenschaften an der Universität zu Bonn.

„Was aber das Allersonderbarste ist: der Mensch, wenn er auch den Grund des Irrthums aufdeckt, wird den Irrthum desshalb doch nicht los.“

Goethe.

(Zur Naturwissenschaft im Allgemeinen. Aelteres.)

Erster Band.

Historische Einleitung, Methode, Naturleben, die Pflanzenwelt.

mit 12 Tafeln Abbildungen.

Leipzig:

N. A. Brockhaus.

1881

RED. EDIT.
COTT. REG.
BIBLIOTH.

Dem Andenken

L i n n é ' s

beim hundertjährigen Jubiläum der Erscheinung der

„Philosophia botanica“

gewidmet

vom

Verfasser.

Dem Andenken

L i n n é ' s

beim hundertjährigen Jubiläum der Erscheinung der

Philosophia botanica

gebunden

Verlag

V o r r e d e.

Mehr als zwanzig Jahre sind verflossen, seitdem ich, nach verschiedenen Seiten hin, in dem grossen Tempel der Natur gearbeitet habe. Bei dieser langen Arbeit ist mein Blick ebenso auf das Grössere, als auf das Kleinere gerichtet gewesen. Je mehr ich mich jedoch durch die Erforschung des Einzelnen, welche durch die Methode jedes gründlichen Studiums geboten ist, von dem grossen Ganzen abgezogen fühlen musste, um so lebhafter und dringender wuchs das Bedürfniss, meine Erfahrungen in der Botanik zu einem harmonischen Ganzen zu vereinigen. Jedes geistige Bedürfniss, wenn es in seiner vollen Stärke sich geltend macht, ergreift die ganze Seele des Menschen. Daher kommt es, dass wissenschaftliche Ueberzeugungen auch auf die religiösen einen unmittelbaren Einfluss haben. Denn die einen werden durch die andern bedingt; daher kommt es, dass ich in den folgenden Blättern eine Saite anschlage, die man in den Arbeiten, welche nur Specialitäten aus der Naturwissenschaft bringen, nicht berührt.

Jede geistige Betrachtung eines Objects von einem höhern Standpunkte aus führt uns ohne Weiteres in das Gebiet der Philosophie. Der Anfang und das Ende derselben ist aber wieder das religiöse Gefühl. Aus ihm schöpft der Philosoph seine Nahrung, und je tiefer es in dem Menschen liegt, um

so dauernder gibt es die Quelle für seine geistige Thätigkeit ab. Nichts ist indessen mehr geeignet dasselbe zu kräftigen oder zu erschüttern, als die innern Vorstellungen von den Erscheinungen in der Natur. Darum haben die Naturwissenschaften, seitdem sie existiren, einen so grossen Einfluss auf unsere religiösen Verhältnisse ausgeübt und dieser Einfluss wächst mit ihren Fortschritten.

Unsere Zeit ist durch und durch in grosser Bewegung begriffen. Es stellt sich immer entschiedener heraus, dass sich Grundsätze, die sich diametral gegenüber stehen, ebenso in der Wissenschaft, wie im socialen Leben, bekämpfen. Bewusst oder unbewusst nimmt jeder Mensch daran Theil; denn es wird Jedermann, entweder innerlich oder äusserlich, davon berührt. Es handelt sich bei diesem Kampfe um nichts Geringeres, als um die Entscheidung der Frage: Soll das Natur- oder das Moralprincip als oberstes gelten? — Ich habe mich für das Moralprincip entschieden und zu zeigen gesucht, dass dasselbe in den Grundsätzen des Christenthums am reinsten ausgesprochen sei und dass die heutige Naturwissenschaft aus ihm entsprungen; ich habe ferner gezeigt, dass das Naturprincip als herrschend dem Heidenthume angehöre, und endlich, dass die neuere Naturwissenschaft berufen sei, das Christenthum von allen anklebenden heidnischen Vorstellungen zu reinigen und dadurch zu fördern, nicht zu bekämpfen. So ist mein wissenschaftlicher Standpunkt zugleich mit dem religiösen ein und derselbe.

Diese Grundsätze wurden von mir in einer kleinen Schrift: „Die Naturwissenschaften in den Schulen als Beförderer des christlichen Humanismus“ (Nordhausen, 1850) auseinander-gesetzt. Durch diese Arbeit wurde aber auch das Bedürf-niss, jene Grundsätze wenigstens in einer naturwissenschaft-lichen Disciplin durchzuführen, auf das lebhafteste gesteigert. So sind die vorliegenden „Grundzüge der philosophischen Bot-anik“ entstanden.

Die Arbeit wurde mir in so fern wesentlich erleichtert,

als die Vertreter der Botanik in neuerer Zeit, theils bewusst, theils unbewusst, einen Weg eingeschlagen, der bei seiner weitem Verfolgung zu denselben Resultaten führen muss. Dennoch hielt bis jetzt der alte Aberglaube an die Existenz der „constanten Arten“ so wie überhaupt an die Auffindung scharfer Unterschiede die Naturwissenschaft gefangen, und obschon es Niemanden gelungen, auch nur eine „constante“ Art zu begründen, so hoffte man doch, dass es der „Zukunft“ gelingen werde.

Mittlerweile aber hat der gesunde Sinn sich an die Erscheinungen selbst gehalten und sich in der Betrachtung des Mannigfaltigen und ewig Veränderlichen nicht stören lassen. Durch diese Praxis aber wurde mit jedem Tage der Widerspruch gegen den alten Aberglauben grösser, und der völlige Bruch musste über kurz oder lang zu Tage kommen.

Auf diese Weise nur wird es erklärlich, wenn das vorliegende Buch in der Auffassung der Erscheinungen mit der neuern Botanik grösstentheils Hand in Hand geht, während es in dem methodologischen Theile so vielen eingewurzelten und fix gewordenen irrigen Ideen entschieden gegenübertritt.

Ich hoffe nicht, dass sich durch die Darlegung meiner Methode einzelne Personen, deren Verfahren hie und da als irrig bezeichnet wird, verletzt fühlen werden; denn nicht die Person, sondern die Sache ist dabei maassgebend gewesen, und der ruhige, besonnene Mann, welcher zwischen den Zeilen zu lesen versteht, wird finden, dass ich gegen eigene Verirrungen am wenigsten nachsichtig gewesen bin.

Die Naturwissenschaft hat vor vielen andern Wissenschaften die Lauterkeit ihrer Quellen voraus; keine Gewalt ist im Stande diese zu verstopfen; werden sie aber durch unreine Hände getrübt, so kann das nur auf kurze Zeit geschehen. Dadurch dass diese Quellen sich selbst reinigen, dadurch dass sie ewig rein fliessen: dadurch wird die Naturwissenschaft sich einen immer grössern Einfluss auf die Geschichte der Menschheit erringen und jeden Widerstand, den

sie von fanatischer Seite her erfahren sollte, besiegen. Das ist sicher, das ist gewiss! Darum täusche man sich nicht über ihre Gewalt. Jede Entdeckung, jede Erfindung ist ein Schritt, der unermessliche Folgen unaufhaltsam nach sich zieht. Ein Rückwärts ist unmöglich.

So gewiss nun das Christenthum in der Naturwissenschaft den kräftigsten geistigen Hebel für sein Verständniss bei den Völkern gewonnen hat, so gewiss wird es auch den Sieg über das classische Heidenthum vollenden, dessen geistige Hinterlassenschaft vermöge ihrer logischen und antik-ästhetischen Vollendung von grossem formalen Werthe, dagegen aber auch theilweise durch seinen Inhalt um so gefährlicher sich ausweist, als derselbe in der antiksönen Form mehr Sinnenreiz und zügellose Phantasien, als moralische innere Befriedigung — d. i. christliche Gesinnung — erzeugt. Dieser moralische Nachtheil, den die alte klassische Literatur überall mehr oder weniger und unmerklich hervorruft, wurzelt einzig und allein in der fabelhaften Naturanschauung, welche ebensowol das Wesen des Griechen- als des Römerthums ausmacht. Wie sehr diese Anschauungsweise noch in vielen classisch erzogenen Köpfen der neuesten Zeit ihr Wesen treibt und die Menschen hindert, den Gottesgeist in der Natur zu erkennen, davon habe ich ein Beispiel in der oben erwähnten kleinen Schrift (S. 25 und 27) angeführt; dazu liefert ferner unsere belletristische Literatur und unser sociales Leben die traurigsten Beläge!

Nur die wahre Naturwissenschaft besiegt den antiken Aberglauben und führt uns aus dieser klassisch-fabelhaften Phantasiewelt zu den Ideen der ewigen Schönheit, welche der wahre, nicht der erdichtete Schmuck der Welt ist.

Diese wahre Naturwissenschaft tritt aber auch mit Entschiedenheit jener modernen Naturphilosophie gegenüber, welche, ein Rudiment des Heidenthums im Christenthume und dem verknöcherten Aberglauben an die constanten Arten sich anschliessend, in ihrer Beschränktheit sich einbildet, „dass

für Physiologie und Systematik Begriffe von absoluter Form gefunden werden können“.*)

Die Anhänger dieser Philosophie scheinen noch nicht zu wissen, dass die absolute Grösse weder einer Vermehrung noch Verminderung fähig, überhaupt unveränderlich ist, und dass wir daher mit derselben gar Nichts anfangen können. Es wird sonach gar nicht schwer fallen, die Spielereien mit dem Formelkram der niedern Mathematik; womit diese Schule, gestützt auf ihre „idealen Zeichnungen“, die Natur der Pflanze hat darstellen wollen, zu beseitigen.

Dieses Werk hat es sich überhaupt zur Aufgabe gemacht, dem verderblichen Schematismus, der in den letzten Jahren in der Botanik eingerissen ist und dahin geht, die wahre Natur durch ein eckiges verzerrtes Schema zu verunstalten, entgegen zu treten. Endlich will es auch darauf aufmerksam machen, dass Viele mit der Firma der „wissenschaftlichen Einheit“ gar ein verderbliches Spiel getrieben. Anstatt, wie es die Einheit erfordert, sich die Aufgabe zu stellen, die Fäden zu suchen, welche die Formenkreise mit einander verknüpfen, hat man die Einheit gesucht in der Aufstellung sogenannter „absoluter Unterschiede“!

Durch absolute Trennungen entstehen nur Einheiten, aber keine natürliche Einheit; denn alle solche Trennungsversuche sind willkürliche Handlungen, die nie in der Natur begründet werden können. Daher kann auch die Aufsuchung der „absoluten Unterschiede“ nie befriedigen, und alle Anhänger dieser Methode kommen zuletzt — wenn sie redlich sind — zu dem offenen Geständniss, dass sie sich eine Aufgabe gestellt, die sie, auch im kleinsten Theile, nicht lösen können; darum sie die Lösung immer „zukünftigen Geschlechtern“ aufbürden müssen, wodurch ein ewiges fruchtloses Fortwälzen von Generation zu Generation entsteht, an dem Niemand Freude erlebt.

*) *Naegeli*, „Zeitschrift für wissenschaftliche Botanik“, 2. Heft, S. 136.

Anders ist es bei der entgegengesetzten Methode, welche in dem vorliegenden Buche zuerst in allgemeinere Anwendung kommt. Sie erkennt in der physischen Welt nur relative — nicht absolute — Einheiten, und ihr Ziel ist die Auffindung der Fäden, welche die Erscheinungen in der Natur nach möglichst vielen Seiten hin ordnend mit einander verknüpfen. (Vergl. S. 94, §. 250.) Diese Fäden sind da, sie können erkannt und gefunden werden, und so schafft sich der Forscher mit jedem Schritte, den er selbständig vorwärts thut, in der Erreichung seines Ziels die schönste geistige Befriedigung, den reinsten Genuss.

Nordhausen, am Ostertage 1854.

Kützing.

Inhalt.

	Seite
I. Historische Einleitung.....	1
II. Methode.....	22
Grundsätze.....	23
Winke für den Lernenden.....	24
Hilfswissenschaften.....	26
Kritik des Begriffs der Pflanzen und Thiere	27
Die Totalanschauung und ihre Grenzen	30
Die Pflanzen und deren Aufbewahrung.....	32
Anforderungen an den Botaniker.....	35
Optische Hilfsmittel bei der Untersuchung.....	38
Mechanische Hilfsmittel.....	45
Chemische Hilfsmittel.....	48
Beobachtung und Begründung.....	54
Darstellung.....	65
Ziel der Botanik	83
III. Das Naturleben.....	93
Anmerkungen.....	99

Grundzüge der philosophischen Botanik.

Die Pflanzentheile.

Erstes Buch. Die allgemeinen Grundformen des Pflanzenlebens als Vergleichungsmittel	108
Zweites Buch. Stoffformen des Pflanzenlebens.....	117
Verzeichniss der Grundstoffe.....	121
a) Aetherformen.	
Lichtformen	122
Electrische Strömungen.....	129
Wärmebewegungen.....	132
b) Substanzen.	
Kohlenstoff.....	134
Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff.....	135

	Seite
Chlor, Jodin	156
Brom, Schwefel, Phosphor, Silicium.....	157
Eisenoxyd.....	159
Kohlensaurer Kalk.....	139
Oxalsaurer Kalk.....	140
Schwefelsaurer Kalk.....	142
Alkalien.....	142
Magnesia und Thonerde	143
Kupfer, Blei, Silber	144
Wasser	144
Ammoniak und Alkaloide.....	146
Salicin, Phlorrhizin.....	148
Glycyrrhizin, Zucker	149
Mannit.....	150
Kautschuk, Wachs	151
Fette Oele	153
Aetherische Oele.....	155
Harze	157
Extractivstoffe	159
Flechtenstoffe.....	160
Gerbstoffe.....	161
Farbstoffe.....	163
Säuren	173
Organstoffe.....	179
Pectinreihe	179
Cellulosereihe.....	182
Proteinkörper.....	214
Humus	217
Summa.....	221
 Drittes Buch. Formen der Pflanzenorgane.....	 225
a) Niedere Organe.	
Erstes Capitel. Das Molekulargewebe.....	225
Zellenbildungen.....	230
Bassorinzellen.....	231
Gelacinzellen	241
Eugelacinzellen	243
Gelinzellen	244
(Amylonformen)	261
Korkzellen.....	272
Ligninzellen	273
Faserzellen.....	273
Porose Zellen.....	278
Versteifte Zellen.....	279
(Gefässe!).....	287
Amylzellen	290
Proteinzellen	290
Kieselzellen	292

	Seite
Zellenbewegungen.....	294
Bewegungen der Spiralfasern.....	297
Zweites Capitel. Das Zellengewebe.....	297
Seine Bildungsweise.....	298
Intercellularsubstanz und Cuticula.....	302
Formen des Zellengewebes.....	308
Schlussbetrachtungen.....	317
b) Höhere oder abgeleitete Organe.	
Drittes Capitel. Das Phytom oder der Pflanzenkörper.....	321
Historisches und Allgemeines.....	321
Das einzellige Phytom.....	323
Das mehrzellige Phytom.....	326
Anmerkungen und Zusätze.....	331

Erklärung der Abbildungen.

Taf. 1. (Sämmtliche Figuren nach 300maliger Vergrößerung.)

- Fig. 1. Zellengewebe aus den Schuppenblättern der Meerzwiebel mit Raphiden. S. 141.
Fig. 2. Epidermiszellen mit einer Oelzelle (a.) und einem Haar (b.), welches mit einer Schleimmasse mit Vacuolen, die aetherisches Oel enthalten, besetzt ist. S. 157. 330.
Fig. 3. a. Krystalldrüsen von oxalsaurem Kalk aus der Rhabarberwurzel. S. 140. — b. Einzelne Krystalle von weinsaurem Kalk (?) aus einer grossen Rosine.
Fig. 4. Zellengewebe aus der Jalapenwurzel mit Harzgängen. S. 159. 316.

Taf. 2. (Die Figuren, mit Ausnahme von 3. a., nach 420maliger Vergrößerung.)

- Fig. 1. und 2. Ulvinaarten. S. 229.
Fig. 3. Mycocoelium rivulare. S. 258.
Fig. 4. Bewegliche Hefezellen, welche sich in einer Zuckerlösung gebildet hatten, die mit coagulirtem Hühnereiweiss in Gährung gebracht war. Sie scheinen von *Schleiden* für Infusorien gehalten worden zu sein. (Dessen „Grundzüge der wissenschaftlichen Botanik“, 3. Auflage, 1. Th., S. 206.)
Fig. 5. Ruhende Hefezellen durch Urbildung in gährendem Weinbeerensaft entstanden. S. 232.
Fig. 6. Hefe aus Bier. S. 233.
Fig. 7. *Palmella cruenta*. S. 238.
Fig. 8. und 9. Zellenbildung durch Vacuolen bei *Stereonema*. S. 254.

Taf. 3. (Sämmtliche Figuren nach 300maliger Vergrößerung.)

- Fig. 1. Entstehung der Bassorinzellen beim Kirschgummi. S. 204 und 254.
Fig. 2. Bassoragummi mit Schwefelsäure und Jodinctur behandelt. Hier, wie in allen Gummiarten, kommen Pilzfäden vor, welche aus Proteingliedern bestehen. (Vergl. Fig. 1. e. f. derselben Tafel.)
Fig. 3. Zellen aus *Tragacantha minor*. S. 203.
Fig. 4. Zellen aus *Tragacantha major*. S. 203.

Taf. 4. (Vergrösserung 300mal.)

- Fig. 1. Zellen von dem Hymenium von *Cantharellus cibarius*; a. b. Tetraden von Sporenzellen.
- Fig. 2. Fasern aus dem Thallus von *Ramalina fraxinea*, in welchen die Zellen aus Vacuolen gebildet werden. S. 234. 281.
- Fig. 3. Entstehung der *Uredo candida*. S. 235. 236.
- Fig. 4. 5. und 6. a. a. a. Schleimzellen. S. 494. — Fig. 5. b. Eiweisszellen von *Plantago Psyllium*. S. 279.

Taf. 5. (Vergrösserung 300mal.)

- Fig. 1. Entwicklungsgeschichte der Sporenzellen von *Aschion nigrum*. S. 236.
- Fig. 2. Sporenzelle von *Lycopodium clavatum*.
- Fig. 3. Entwicklungsgeschichte der Sporenzellen von *Anthoceros laevis*. S. 253.
- Fig. 4. Oberste Zellenlage des Thallus von *Anthoceros laevis*. S. 266.
- Fig. 5. Zellen aus der Beere von *Symphoricarpos racemosa*. S. 253. 255.
Fig. a. im lebenden Zustande, man bemerkt den Cytoblasten mit den netzförmig verzweigten Radialströmchen; Fig. b. die Wandströmchen der Proteinsubstanz, wie sie nach der Behandlung mit Jodintinctur erscheinen; Fig. c. dasselbe Netz von Wandströmchen nach der Behandlung mit concentrirter Schwefelsäure. Die Löcher und andere Erscheinungen, welche die äussere Zelle nach dieser Behandlung zeigt, sind hier absichtlich nicht mitgezeichnet worden.

Taf. 6. (300malige Vergrösserung.)

- Fig. 1. Zellen aus einer Weinbeere. S. 232. 252. 254. — a. und b. Zwei Zellen nach ihrer Behandlung mit Schwefelsäure und Jodintinctur; bei a. kommt die Proteinzelle (der Primordialschlauch) heraus; c. c. Bastzellen; d. grosse saftreiche Parenchymzellen mit dem Cytoblasten, den von ihm ausgehenden radialen Strömchen und Schleimkörperchen (e. f.) welche Vacuolen zeigen.
- Fig. 2. Zelle aus dem Blattstiel einer *Musa*. S. 256.
- Fig. 3. Zellen aus dem Blattstiel von *Beta vulgaris*. S. 255.
- Fig. 4. Zellen aus einer Beere von *Atropa Belladonna*. S. 254.

Taf. 7. (300malige Vergrösserung.)

- Fig. 1. Zellengewebe aus der Zittwerwurzel nach dem Auskochen mit Salpetersäure; a. eine Oelzelle; b. Zellen welche das Netz von Proteinfasern zeigen, das die Stärkekörnchen einhüllt. S. 256. — c. Plattgeformtes Amylon aus der Galgantwurzel. S. 263.
- Fig. 2. Zellengewebe mit den Amylonkörpern aus den Samen von *Ervum Lens*; b. c. durchschnittene Stärkekörperchen; d. sehr kleine, welche aber schon die Vacuole zeigen. S. 262.
- Fig. 3. Zellengewebe mit dem Amylon aus einem Maiskorne; b. das Proteingewebe, welches nach dem Auskochen des Parenchyms mit Salpetersäure in den Gelinzellen zurückbleibt. S. 256. 262. 263.
- Fig. 4. Zellengewebe aus der Altheewurzel nach dem Auskochen mit Salpetersäure; a. das netzförmige, die Stärkekörner einschliessende Proteingewebe innerhalb der Zellen; b. und c. das faserige Protein-

gewebe in den Zwischenzellenräumen; d. und e. Gelinzellen nach der Behandlung mit Jodintinctur und Schwefelsäure; e'. eine derselben nach der Bearbeitung auf dem Objectträger (S. 275.); f. Amylonkörner. — S. 256. 263. 277.

- Fig. 5. Amylon vom Hafer. S. 263. 266.
 Fig. 6. Amylon aus dem Rhizom der *Iris florentina*. S. 263.
 Fig. 7. Amylon aus der *Sassaparillawurzel*. S. 263.
 Fig. 8. Amylon aus der *Ipecacuanhawurzel*. S. 263. 266.
 Fig. 9. Amylon aus der „Muskatnuss“.

Taf. 8. (Meist 300malige Vergrößerung.)

- Fig. 1. Zellen aus dem Samen von *Cardamomum minus*. S. 268.
 Fig. 2. Zellen aus der *Macis*. S. 269.
 Fig. 3. Zellen aus dem Thallus von *Marchantia polymorpha*. S. 273.
 Fig. 4. Zellen aus einer Luftwurzel von *Epidendrum ensifolium*. S. 274.
 Fig. 5. Zellen aus einer Georginenknolle; b. stärker vergrößert. S. 275.
 Fig. 6. Zellen aus einer Zuckerrübe mit Jodintinctur und Schwefelsäure behandelt. Fig. b. auf dem Objectträger bearbeitet. S. 275. 276.
 Fig. 7. Zellen aus *Halidris siliquosa*. S. 277.
 Fig. 8. Zellen aus einer Berberitzenbeere; a. im lebenden Zustande; b. und c. nach der Behandlung mit Jodintinctur. d. nach der Behandlung mit Jodintinctur und Schwefelsäure; e. ein Theil derselben stärker vergrößert. S. 255. 277.

Taf. 9. (300malige Vergrößerung.)

- Fig. 1. Zellengewebe aus *Hoya carnosa*; a. und b. sehr verdickte und mehrschichtige Milchzellen. S. 245 — 247. 270. — c. Runde Zellen, deren ringförmige Zeichnungen die Berührungsstellen anzeigen. S. 313.
 Fig. 2. Milchzellen im Hute von *Agaricus vietus*. S. 238. 245 — 247.
 Fig. 3. Ein Theil der Epidermis des Stengels von *Lavandula Spica*; a. Oelzellen; b. Haar, welches eine schleimige Masse mit Oeltröpfchen ausgeschwitzt hat. S. 157. 244. 279 — 281.
 Fig. 4. Dasselbe von der Seite gesehen.
 Fig. 5. 6. 7. Bastzellen. S. 270 — 281.

Taf. 10. (300malige Vergrößerung.)

- Fig. 1. Zellen aus *Primula sinensis*. a. Aus dem Blattstiel; lebendig; b. eine andere nach der Behandlung mit Jodintinctur und Schwefelsäure. c. d. Haare vom Blattstiel; Cytoblasten. e. Eine Zelle eines dritten Haars mit den innern Proteinströmchen. S. 257. 279. 329.
 Fig. 2. *Oedogonium tumidulum*. S. 280.
 Fig. 3. *Oedogonium Landsboroughii*. S. 280.
 Fig. 4. Haare von *Heliotropium peruvianum*. S. 280.
 Fig. 5. Stück eines Haars von *Cydonia vulgaris*.
 Fig. 6. Zellen von *Stipa pennata*. S. 280 und 281.
 Fig. 7. Brennhaar der *Urtica urens*. S. 281. 330.

Taf. 11. (300malige Vergrößerung.)

- Fig. 1. *Cladophora fracta* nach der Behandlung mit Jodintinctur und Schwefelsäure. a. Cuticula, die sich in Fasern auflöst; b. die Gelinzelle; c. die Proteinzelle.

- Fig. 2. Zellengewebe aus der Steinnuss. S. 271. 289.
 Fig. 3. Steinzeile aus dem Stamm von *Hoya carnosa*. S. 289.
 Fig. 4. Verdickte Zellen der Dattelsamen. S. 270. 289.
 Fig. 5. Verdickte und verhärtete Zellen der Steinhülle einer Pflaume. S. 270. 289.
 Fig. 6. a. Epidermis und Cuticula von *Viscum album*. S. 302. b. c. Holzzellen. S. 283. 312.
 Fig. 7. Zellengewebe aus einer „Kaffeebohne“. S. 271. 283.
 Fig. 8. Zellengewebe vom Blatt des *Dicranum scoparium*. S. 270.

Taf. 12. (300malige Vergrößerung.)

- Fig. 1. Holzzellen aus „*Lignum Sassafras*“. S. 283. 285.
 Fig. 2. Holzzellen aus einer Georginenknolle. S. 284. 285. 286.
 Fig. 3. Holzzellen aus *Abies pectinata* (Prosenchym) mit einem kleinen Harzgange in b_{II}. S. 159. 286. 316.
 Fig. 4. Holzzellen aus der Linde. S. 286.
 Fig. 5. und 6. Holzzellen (Gefäße) aus dem Stuhrohr. S. 287.
 Fig. 7. Spiralfaserzellen aus der Anthere von *Lilium tigrinum*. S. 282. 283.
 Fig. 8. Zellengewebe des Blattes von *Sphagnum squarrosum*. S. 250. 282.

Taf. 13. (300malige Vergrößerung.)

- Fig. 1. Poröse Holzzellen aus dem Bockholze. S. 284.
 Fig. 2. Holzzelle (Treppengang) aus der Sassaaparillwurzel. S. 285.
 Fig. 3. Collenchymzellen aus dem Stengel von *Beta vulgaris*. S. 269.
 Fig. 4. Cuticula von *Allium Porrum*.
 Fig. 5. Cuticula von *Brassica oleracea*.
 Fig. 6. Cuticula von *Bromelia Ananas*. } S. 304.
 Fig. 7. Zellen aus *Tropaeolum majus*. S. 284.
 Fig. 8. Querschnitte von *Caulerpa Freycinetii*; a. von der Blattspitze; b. vom Stengeltheile. c. Cuticula. S. 303.

Taf. 14. (300malige Vergrößerung.)

- Fig. 1. *Zygnema cruciatum*. S. 258.
 Fig. 2. *Spirogyra decimina*. S. 257.
 Fig. 3. *Cladophora flavescens*. S. 258.
 Fig. 4. *Ulothrix zonata*. S. 251. und 304. d. sind Schwärmzellen, welche bei e. sich zu jungen Individuen entwickeln; bei f. wachsen diese Zellen aus, ohne geschwärmt zu haben. S. 296.
 Fig. 5. *Schizomeris dissiliens* in den verschiedenen Entwicklungsstufen. Bei Fig. e. theilt sich die Proteinzelle auf verschiedene Weise. Vergl. S. 300.
 Fig. 6. *Mougeotia genuflexa*. S. 251.

Taf. 15. (300malige Vergrößerung.)

- Fig. 1. *Cladophora elongata*. Man sieht hier die Anordnung des innern Proteingewebes noch schöner als bei *Cl. flavescens*. Vergl. S. 258.
 Fig. 2. Dieselbe mit Schwärmzellen, welche bei a. noch in der Mutterzelle eingeschlossen sind, bei b. aber ausschwärmen. Die Figuren c. sind willkürlich vergrößert. S. 295.
 Fig. 3. *Vaucheria clavata*. S. 244. 245.

Taf. 16. (Meist 300malige Vergrößerung.)

- Fig. 1. Zellengewebe aus dem Blattstiel von *Alisma Plantago* mit Lufthöhlen (§. 520), 100mal vergrößert. a. Sternförmige Zellen; b. Zellen, welche die Wände der Lufthöhlen c. bilden. S. 316.
- Fig. 2. Zellengewebe mit Lufthöhlen und Oelzellen (a.) aus der Blattscheide von *Acorus Calamus*. §. 520. S. 316.
- Fig. 3. a. Oberste Zellenlage (Epidermis) vom Stengel der *Brassica oleracea* mit einer Spaltöffnung c. — b. Theil eines Querschnittes durch die Spaltöffnung. S. 313. 316.
- Fig. 4. Schwammiges Parenchym mit sternförmigen Zellen aus dem Stengel von *Juncus effusus*. In den sehr erweiterten Interzellulargängen (§. 520) sieht man die sehr zarten netzförmigen Interzellularströmen. S. 316. 319.
- Fig. 5. Theil eines Querschnitts durch das Blatt eines Oleanders mit der Einsenkung (a.), welche die Spaltöffnungen (c.) im Grunde enthält. b. Diachym. S. 303. 313. 317.
- Fig. 6. Schwammiges Parenchym aus dem Stengel von *Scirpus palustris*. a. Eigenthümlich geformte Zellen der Wände welche die Lufthöhlen bilden. S. 313. 316.

Taf. 17. (300malige Vergrößerung.)

- Fig. 1. *Protococcus tectorum*. Eine Pflanze in der einfachsten Zellenform. S. 323.
- Fig. 2. *Gloeocapsa sanguinea*. S. 310.
- Fig. 3. *Gloeocapsa atrata*. S. 301.
- Fig. 4. *Zygogonium torulosum*. S. 301. 307.
- Fig. 5. *Zygonium hercynicum*. S. 307.
- Fig. 6. *Sirogonium notabile*. }
- Fig. 7. *Zygnema cruciatum*. } Vergl. S. 298. 299.
- Fig. 8. *Mesocarpus scalaris*. }
- Fig. 9. *Dickieia ulvacea*. a. Natürliche Grösse. b. Kieselzellengewebe. S. 309.
- Fig. 10. Zellengewebe aus *Cystoclonium purpurascens*. S. 250. 278.
- Fig. 11. Zellengewebe aus *Gigartina pistillaris*. S. 309.

Taf. 18. (300malige Vergrößerung.)

- Fig. 1. Epidermiszellen von *Polypodium Filix mas*. S. 315.
- Fig. 2. Theil eines Querschnitts durch den Blattstiel. Man sieht das sogenannte Gefässbündel, umgeben von weiten Prosenchymzellen; die hervorgehobenen Zellen in der Mitte des Gefässbündels sind „Spiralgefässe“. S. 315.
- Fig. 3. Ein Längenschnitt von demselben Pflanzentheile. Vergl. S. 315.
- Fig. 4. Theil eines Querschnitts vom Blattstiel einer *Musa*. S. 315.
- Fig. 5. Theil eines Querschnitts vom Stengel einer *Balsamine*. S. 315.

I. Historische Einleitung.

§. 1.

Bei Allem was der Mensch beginnt, sucht er die Aussenwelt mit seiner Innenwelt in Einklang zu bringen. Es ist ihm diese Arbeit ein angebornes Bedürfniss, und er fängt sie an mit dem ersten Schrei, mit dem ersten Blick in die Welt und endigt sie mit dem letzten Athemzuge.

§. 2.

Der Zweck seines ganzen Daseins ist daher Erkenntniss; — Erkenntniss der Aussenwelt, Erkenntniss seiner selbst, Erkenntniss Gottes.

§. 3.

Er kann aber keine Erkenntniss erlangen ohne vorher Betrachtungen anzustellen, bei denen er jedoch immer mit der stillschweigenden, gleichsam instinctmässigen Voraussetzung anhebt, dass seine Innenwelt mit der Aussenwelt einig sei. Da aber der Mensch in der ersten Kindheit noch keine Erfahrung, also auch noch keinen Verstand, sondern nur Empfindung hat, so kann er auch den Zusammenhang der Mannigfaltigkeit in der Einheit nicht wissen, nur ahnen, daher er seine ersten Betrachtungen rein gefühlsmässig beurtheilt. So kommt es, dass er in der Aussenwelt, ohne Unterschied, auch nur das Gefühl sucht, und da, wo er es nicht anziehend findet, abgestossen wird, oder das Object selbst von sich stösst. Es ist klar, dass das Erste und das Letzte, was der Mensch sucht und will — Mitgefühl = Liebe ist.

§. 4.

Und da er diese in seiner Umgebung nur bei dem Menschen finden kann, weil die Liebe ein Act des freien Willens ist, — die

Natur aber, als unfrei und willenlos, weder liebt noch hasst — so ist die Entzweiung mit der Natur die nothwendige Folge seiner ersten Berührungen mit ihr, und das Anschliessen an den Menschen ihm eine Nothwendigkeit. Daher kann sich der Mensch zunächst auch nur an dem Menschen heranbilden, weil die Natur, die nicht liebt, bei ihm Furcht erweckt. So schliesst er sich ab, bis er es endlich wagt, unter dem Schutz des erfahrenen Menschen, oder auch allein, in ihren unermesslichen Räumen zu wandeln, zu betrachten, zu forschen.

§. 5.

Wie oft er aber auch anfangs bei seiner kindlichen Betrachtungsweise sich von der Natur abgestossen glaubt, immer führt ihn die dunkele Ahnung seiner Einheit mit ihr zu ihr zurück, und je nachdem er Einsicht in dieselbe gewinnt, beherrscht er sie, oder lässt sich von ihr beherrschen. Die erste Einsicht ist auch die erste Wissenschaft von der Natur, denn sie ist Erfahrung. Die geistige (ideale) Verknüpfung der Erfahrung gewährt jedoch dem Menschen allein Befriedigung. Die letzte und innigste Befriedigung aber ist dem Menschen zugleich das Heiligste, weil er sie immer nur in der Verbindung seines Ichs mit dem Höchsten findet und zu allen Zeiten gefunden hat.

§. 6.

Darum ist die Wissenschaft ihrem Ursprunge und ihrer Tendenz nach religiös und es ist daher nicht gleichgültig, ob man das Höchste in das Bedingte oder in das Unbedingte — Absolute — setze.

§. 7.

Die Geschichte bringt uns schon aus grauer Vorzeit Kunde von zwei verschiedenen Geistesrichtungen, in die die Menschheit gespalten war; ich meine das Heidenthum und Judenthum. Beide sind als herrschende Gewalten untergegangen und mahnen in ihren Trümmern ehemaliger Grösse das jüngste Geschlecht an die Irrthümer, denen sie ihren Verfall zu danken haben.

§. 8.

Während das Heidenthum in seiner höchsten Blüte bei den Griechen sich nur dadurch die ideale Einheit und Befriedigung schuf, dass es die Natur vermenschlichte und die Menschen- natur zu einer Götterwelt emporhob, die an Mannigfaltigkeit mit der Natur wetteiferte, wurde zwar die ursprüngliche Entzweiung

mit ihr in der Idee beseitigt; aber dadurch, dass der Mensch sich überall hinsetzte, wo er nicht hingehörte, und zu finden wähnte, wo er doch nicht war, stand sein Ideal auf trügerischem Boden. Dadurch war die Natur und die Götterwelt der Griechen, wie überhaupt im Heidenthum, eine Fabelwelt, der nirgends Wahrheit, sondern Erdichtungen zu Grunde lagen.

§. 9.

Naturwissenschaft konnte sonach in dem lebendigen öffentlichen Treiben, wie es uns durch die Geschichte überliefert worden, bei den Griechen nicht erwartet werden, weil dieselbe nur auf Erforschung der Wahrheit — nicht auf Erdichtungen — beruht. Erst als der Glaube an die alten Götter zu wanken anfang, als die Weisen sich in ihren religiösen Ideen dem Monotheismus näherten, wurde von ihnen der erste Grund zu einer wissenschaftlichen Naturbetrachtung gelegt. Aber sie konnten den Monotheismus nicht in seiner Reinheit erfassen. Daher war dem Zufall in den Erscheinungen mehr eingeräumt, als dem vernünftigen Gesetz. Sie konnten sich in ihren tiefsten Betrachtungen nicht von dem mit der Muttermilch eingesogenen und durch viele Jahrhunderte mit ihrer Geschichte verwachsenen Glauben an das unerbittliche Schicksal, dem selbst die Gottheit unterworfen war, trennen. Mit einem Worte — es fehlte ihnen die Idee der absoluten Einheit.

§. 40.

Aber in der Methode der Naturforschung wurde dennoch durch den Stagiriten ein kräftiger Anfang gemacht. Während griechische Weisheit bisher Alles auf rein speculativem Wege zu ergründen wähnte, und sich daher die Natur nach ihrer menschlichen Unerfahrenheit — also phantastisch — rein subjectiv — construirte, entwand sich *Aristoteles* diesen zügellosen Phantasien, richtete den Blick nach den wirklichen Erscheinungen, fasste diese in allgemeinere Ideen zusammen und wurde so der Gründer der inductiven Methode.

§. 44.

Was er mit dieser Grosses ausgerichtet, beweist seine Thiergeschichte. Aber die Induction allein schafft nur Einheiten, keine Einheit. Sie ist darum nicht im Stande zum Absoluten zu führen, sondern kommt für sich immer in den Fall, die Dinge an und für sich als das Absolute anzusehen — also dieselben für unbedingt zu halten. Dieser Widerspruch erklärt, warum

mit ihr der crasseste Aberglaube Hand in Hand ging. Die inductive Methode allein konnte nicht verhüten, dass *Theophrast*, ein Schüler des *Aristoteles* und nach dessen Tode das Haupt der peripatetischen Schule zu Athen, an das Märchen glaubte, es gebe eine Pflanze, welche einen in den Baum geschlagenen Keil durch blosse Berührung heraustreibe; der übertriebenen Arzneikräfte nicht zu gedenken, die man von jeher in den Pflanzen niedergelegt glaubte und deren Wirkung man von der Befolgung gewisser abergläubischer Ceremonien abhängig machte.

§. 12.

So kann demnach für die Pflanzenkunde von den Griechen, wie überhaupt aus dem Heidenthume, Nichts Erspriessliches zu uns gekommen sein, weil sie dessen selbst baar und bloss waren.

§. 13.

Dass das Judenthum in dieser Erkenntniss weiter gekommen sei, ist nicht anzunehmen. Nur soviel ist gewiss, dass ihr religiöser Glaube an den einigen Gott auch ihren Blick in die Natur leitete und die Schönheit derselben nicht durch fabelhafte Bilder umschleierte, wie das Griechenthum. Das jüdische Volk war das erste, dem der Begriff von Gott als ein rein moralischer, nicht sinnlich erfassbarer, sondern rein geistiger gegeben war. — Dadurch war die ursprüngliche Scheidung des Geistes von dem Sinnlichen ausgesprochen; aber indem das Sinnliche von dem Geistigen bedingt wird, ist es mit ihm unzertrennlich verknüpft. So geht nach diesem Begriff die Sinnenwelt in Gott auf, während im Heidenthum sich die Gottheit in der Sinnenwelt verliert; daher auch nur hier der Sinnengenuss als das höchste Gut gefeiert werden konnte, während der Monotheismus ihn in seine Schranken verweist.

§. 14.

Es ist klar, dass die unzeitliche und unräumliche Fassung Gottes, als moralische Idee, zunächst auch nur die Bildung des moralischen Menschen im Auge haben musste, weil die Vollenendung desselben die erste Bedingung für die reine Weltanschauung ist. Aber wie absolut diese auch ursprünglich hingestellt worden war, so haftete an ihr doch in der Ausführung mancher heidnische Anflug, von dem sich das Judenthum niemals befreien konnte. Ihr Gott war nur ein Gott Israels und das „ausgewählte Volk“ fürchtete ihn mehr, als es ihn liebte. Die Juden konn-

ten also desshalb noch nicht an eine reine wissenschaftliche Weltanschauung denken, weil sie ihre moralische Bildung — wie die Griechen — nicht vollendet, und diese Vollendung, als sie ihnen geboten wurde, von sich wiesen.

§. 15.

So kam es, dass das Christenthum, das die Juden ausgestossen, Weltreligion wurde. Christus war der Erste, der wusste, dass das Erste und Letzte, was der Mensch sucht — Liebe ist, und er zeigte ihm wo er sie findet, in Gott. Jetzt erst konnte der Mensch in Gott seine höchste Befriedigung finden, die er bisher vergebens gesucht hatte. Wie ganz anders die Betrachtungen über die Natur sein müssen, wenn man von christlichen, statt von aristotelischen Ideen ausgeht, ist leicht zu begreifen.

§. 16.

Die langen und schweren Kämpfe, welche das Christenthum hat bestehen müssen, ehe es nur erst in seinem vollen moralischen Werthe von den Menschen begriffen werden konnte, haben die wissenschaftliche Naturbetrachtung so zurückgedrängt, dass es eines Zeitraumes von 1500 Jahren bedurfte, ehe in der christlichen Welt damit ein Anfang gemacht werden konnte. Die ersten Spuren finden sich da, wo man die Schriften des alten Griechenthums aus seinen Ruinen hervorsuchte. Man begnügte sich bei der Pflanzenkunde lange Zeit mit der Erklärung der Schriften des *Theophrast*, *Dioskorides* und *Plinius*. Da erfuhr man denn nun freilich Nichts weiter, als unvollkommene und unverständliche Beschreibungen, viele Fabeln und Einiges über den Nutzen der Pflanzen.

§. 17.

Als man sich an diesem Wenigen gesättigt hatte, fühlten zuerst die Deutschen, dass man doch auch die Natur betrachten müsse, und so kam man denn am Ende des 15. Jahrhunderts — also mit dem Untergange der scholastischen Philosophie — zuerst auf den Gedanken, sich auf seine eigenen Füße zu stellen.

§. 18.

Es ist charakteristisch, dass das erste selbständige Werk in der Botanik ein Bilderwerk ist. Wie schlecht auch der erste Versuch, den *Cuba*¹⁾, ein Augsburger Arzt, machte, ausgefallen war, so war doch die Methode der Darstellung auf diese

Weise so vervollkommnet, dass sie bald ihre wohlthätigen Früchte tragen musste.

§. 19.

Die Menschheit musste einen 400 Jahre langen geistigen Kampf mit der scholastischen Philosophie bestehen, um zu der Einsicht zu kommen, dass der Dogmatismus des Mittelalters, hervorgegangen aus dem nichtverstandenen Christenthum und der heidnischen Philosophie, die man unnatürlicher Weise mit einander verschmelzen wollte, eine der grössten Verirrungen des Menschengeschlechts war, und es zeugt eben von der Göttlichkeit des Christenthums, dass es aus diesen Schrecknissen siegreich und immer reiner, geläuterter hervorging.

§. 20.

Das Christenvolk hatte in jener Zeit seinen Glauben an den Himmel verloren und dafür den Aberglauben eingetauscht. Es musste daher der Messias nochmals zum Menschen kommen, um ihm den Glauben wieder zu bringen und den rechten Weg zum Himmel zu zeigen. Er kam in der leuchtenden Flamme des heiligen Geistes — und an ihr entzündete sich das Licht der christlichen Naturwissenschaft.

§. 21.

Im Jahre 1530 vollendete *Copernicus* sein Werk: „*De orbium coelestium revolutionibus*“, — und seitdem die Naturwissenschaft hiermit dem Menschen den Himmel wieder geöffnet, seitdem hat sie Glauben bei ihm gefunden, einen Glauben, mit welchem er Berge versetzt, das Meer beherrscht und die fernsten Welttheile mit einander verbindet.

§. 22.

Wenden wir uns nun wieder zur Botanik, so ist merkwürdig, dass in demselben Jahre als *Copernicus* sein Werk vollendete, auch das erste botanische Werk mit brauchbaren Abbildungen von *Brunfels*²⁾ erschien. Es ist rührend, mit welcher Einfalt unsere Väter, von denen ich nur noch die Namen *Hieronymus Bock* (gewöhnlich *Tragus* genannt), *Cordus*, *Ruellius*, *Dorstenius*, *Gesner*, *Fuchs*, *Mussa Brassavola*, *Mathiolus*, *Lonicerus*, *Dodonaeus*, *Lobel* und *Clusius* nennen will, die Pflanzen behandeln. Man sieht es dem Texte ihrer Werke an, woran alle von ihnen mehr oder weniger Mangel leiden; — es ist der Mangel der Sprache, in welcher sie noch keinen Ausdruck für das fanden, was sie an

der Pflanze sahen. Darum bei Allen das Bedürfniss sich fühlbar machte, dass sie ihre Werke mit Abbildungen versahen, ein Umstand, wodurch sie einigen klassischen Werth erhielten, während der Text ebenso unbrauchbar und oft ebenso mit Märchen ausgeschmückt ist, als der ihrer antiken Vorgänger.

§. 23.

Von der Idee einer systematischen Verknüpfung der Pflanzenformen war anfänglich ebenso wenig die Rede, als bei den Römern und Griechen. Man führte zum Theil die Pflanzen in alphabetischer Ordnung auf. Aber schon *Bock* suchte die Arten nach einer gewissen Aehnlichkeit zusammenzustellen; er ahnte zuerst den verwandtschaftlichen Zusammenhang der Pflanzenformen. War dieser erste Versuch auch nur ein roher Anfang zu nennen, so reizte er doch schon den durch vielseitige Studien sich auszeichnenden *Gesner*, den man desshalb den *deutschen Plinius* nannte, so, dass er in seiner, durch meisterhafte Abbildungen ausgezeichneten, „*Stirpium historia*“ die Pflanzen in Classen, Gattungen und Arten eintheilte, und schon die Nothwendigkeit einsah, die charakteristischen Merkmale der grössern Gruppen in der Blume und Frucht zu suchen, während man bisher bloss nach der äussern allgemeinen Tracht (*habitus*) oder nach der Aehnlichkeit der Blätter, des Stammes u. s. w. gegangen war.

§. 24.

Jetzt fing auch die Botanik, die bisher eine blosse Dienerin der Medicin gewesen, an, sich als selbständige Wissenschaft abzusondern und für sich auszubilden. Sie glich dem aufsprossenden Jüngling, der sich im Vaterhause durch Fleiss und Anstrengung Ersparnisse sammelt, um damit zu seiner Zeit einen eigenen Herd zu gründen. Die Hauptthätigkeit bestand daher im Sammeln. Man legte Herbarien an und im Jahre 1540 entstand durch *Brassavola* in Padua der erste botanische Garten, dem bald die von Pisa und Bologna folgten.

§. 25.

Der ästhetische Genuss, den der Anblick der Pflanze in der mannigfaltigsten Entwicklung der reinsten natürlichen Schönheit gewährt, wird durch die Conservation der „lieblichen Florenskinder“ im Herbarium und durch ihre Erziehung und Zusammenstellung im Garten erhöht. Es darf daher nicht Wunder nehmen, wenn die meisten sogenannten Botaniker — alter wie neuer

Zeit — meist nur den Liebhaber spielten, der sich in dem Umgange mit der reizenden Schönheit ergötzt, sich aber wol hütet, die Schönheit zu zergliedern, um seine selbstgeschaffenen Illusionen — die des Spielenden, Tändelnden und Schwärmenden Himmel sind — nicht zu zerstören. So erklärt es sich, wenn man grösstentheils — und jetzt noch — bloss der oberflächlichen niedern Aesthetik in der Botanik nachgegangen ist, welche die Menschen verhinderte, die Pflanzen genauer anzusehen und wissenschaftlich zu erforschen; — so erklärt es sich, wenn immer Hunderte von Dilettanten sich mit der Botanik beschäftigten und nur blutwenig wissenschaftliche Wahrheit zu Tage förderten; — wenn immer nur ungeheure Massen von Material aus allen Gegenden der Erde zusammengetragen wurden, welche den wissenschaftlichen Sinn zu ersticken drohten; — endlich, wenn der Botanik — in Folge des modernen Sinnen- und Götzendienstes — das wissenschaftliche Bewusstsein fehlte, das bereits andere naturwissenschaftliche Disciplinen ergriffen hatte.

§. 26.

Der Sammler und Dilettant fragt zunächst nur nach dem Namen des Dinges, das ihn interessirt, seinen wissenschaftlichen Zusammenhang zu erfahren ist ihm kein Bedürfniss; darum tragen auch die ersten botanischen Schriften fast nur den Charakter von Catalogen an sich. Die Namen wurden, wo sie vorhanden, aus der Muttersprache genommen und nicht selten nach Willkür mit denen der griechischen und lateinischen Autoren verkuppelt. Man glaubte, dass dieselben Pflanzen, welche in den Schriften des *Dioskorides* und anderer antiken Schriftsteller genannt waren, stets dieselben sein müssten, welche in Deutschland u. s. w. vorkämen, und trug daher jene Namen auf einheimische Pflanzen über. Man hatte noch keine Ahnung von den klimatischen Einflüssen, welche die Formen der Pflanzenwelt bedingen. Dass auf diese Weise eine grosse Verwirrung in die jugendliche Botanik kommen musste, lässt sich gar nicht anders erwarten. Das ganze 16. und 17. Jahrhundert tragen die Zeichen dieser Verwirrung an sich.

§. 27.

Das einzige wissenschaftliche Streben, welches sich in diesem Zeitraume kund gibt, ist auf die Gründung von Systemen gerichtet, von denen eines das andere verdrängt. Den Anfang macht *Cesalpino* (1583), Oberaufseher des botanischen Gartens in Pisa und Zeitgenosse von *Galilei* und *Kepler*; ihm folgten

Morison, C. und J. Bauhin, Hermann, Knaut (d. ä.), Boerhaave, Ray, Rivin, Knaut (d. Sohn), Ludwig, Tournefort und noch einige Andere. Jeder gründete ein besonderes System, das von dem Nachfolger umgestossen oder verändert wurde. Am meisten Eingang fand das *Tournefort'sche*.

§. 28.

Das System, das man schon jetzt als das Ziel der Botanik hinstellte, galt jedoch nur als ein blosses Fachwerk, das dazu diente, auf die leichteste und schnellste Weise die Pflanzenarten kennen zu lernen und dem Gedächtniss einzuprägen, wie sich der alte *Boerhaave* ausdrückt. Etwas Weiteres ahnete und suchte man in der Botanik noch nicht.

§. 29.

Wie sehr man indessen auch die vielen Versuche zur Errichtung von Systemen bei den Alten getadelt hat, so ist doch der Vorthail daraus hervorgegangen, dass sie Veranlassung zur Entwicklung der botanischen Sprache wurden. Man verfuhr anfangs, wie noch jetzt das gemeine Volk, ziemlich willkürlich in der Bezeichnung und Beschreibung der einzelnen Pflanzentheile; aber nach und nach stellten sich doch gewisse Ausdrücke fest und wurden für die Wissenschaft bleibend. Die Versuche, die Pflanzen nach der Beschaffenheit der Blumen oder der Früchte, oder auch nach beiden zu gruppiren, schärften die Untersuchungsmethoden und den Blick. Die wissenschaftliche Sprache hatte durch die Bemühungen *Tournefort's* nicht weniger, als die systematische Ordnung, gewonnen. Aber die Benennung der Species litt noch an dem grossen Mangel, dass sie aus dem Gattungsnamen mit einer nachfolgenden kürzern oder längern, die Species kurz charakterisirenden Phrase bestand. So hiess z. B. *Corrigiola litoralis* L. bei *J. Bauhin*: *Poligonifolia* s. *Liniifolia per terram sparsa, flore scorpioidis*. Wie lästig das bei der Bezeichnung der Species war, ist leicht begreiflich. Auch war man noch lange nicht über die Namen der Gattungen einig.

§. 30.

Da erschien das 18. Jahrhundert, zu dessen Anfang (1707) *Linné* in Småland geboren wurde. In seinem 18. Jahre lernte er aus den Werken *Tournefort's* zuerst die Idee einer systematischen Anordnung der Gewächse kennen, die sich bei ihm so stark und kräftig entwickelte, dass er als Systematiker einzig und unüber-

troffen dasteht. „*Filum ariadneum Botanices est Systema, sine quo Chaos est Res herbaria*“: diese Worte, welche seiner 1751 erschienenen „*Philosophia botanica*“ p. 98 entnommen sind, zeigen klar, was er erstrebte. Er reformirte nicht nur die Botanik, sondern überhaupt die Naturgeschichte der Organismen von Grund aus, und gab Gesetze, deren Wirkung so tief ergreifend war, dass sie lange als unantastbare Orakelsprüche gegolten haben und zum Theil noch gelten.

§. 31.

Seine wesentlichen Veränderungen in der Botanik bestehen etwa in Folgendem:

1) Er führte eine scharfe Terminologie ein, und wurde so der Schöpfer der systematisch-botanischen Sprache.

2) Er schuf, statt der vielen Beinamen, womit man bisher die Species bezeichnet und das Gedächtniss überladen hatte, einen Trivialnamen für jede Species. Dadurch wurde es ihm möglich, mittelst 2000 generischen und 1000 specifischen Benennungen 30,000 kurze und bestimmte Pflanzennamen herzustellen.

3) War er mit seiner Terminologie und dem logischen Scharfsinn, womit er seine Anordnungen traf, im Stande, auf kürzestem Raume und höchst übersichtlich, die besten Diagnosen zu liefern und die Beschreibungen so zu vervollkommen, dass die Abbildungen bei der Bestimmung der Pflanzen fast überflüssig schienen.

§. 32.

Es ist in der That höchst bezeichnend für den Beginn der Linné'schen Periode, dass die Bilderwerke in der Botanik, ohne die man bisher Nichts glaubte leisten zu können, immer seltener wurden. Man hatte freilich auch den Umstand zum Vorthail, dass man sich bei seinen Darlegungen auf die schon reichlich vorhandenen Abbildungen beziehen konnte.

§. 33.

Da seine Werke in lateinischer Sprache erschienen, so ist es Gebrauch geworden, dass man seitdem in allen Ländern die Pflanzen mit lateinischen Namen belegt und denselben die lateinische Diagnose beifügt; was in ähnlicher Weise, ausser der Zoologie, in keinem Theile der Naturwissenschaft geschieht.

§. 34.

Die Sprache eines jeden Volkes zeigt in dem Besitz des

Artikels, in der Flexion des Adjectivs oder eines andern Wortes, dass der Mensch überall in der Urzeit, wo er sich seine Sprache schuf und die Dinge benannte, geschlechtliche Differenzen annehmen zu müssen glaubte. Die Phantasie sah überall Menschenformen, hörte überall Menschenstimmen und so kam es, dass man Männchen und Weibchen nicht nur bei Pflanzen, sondern auch bei leblosen Sachen, sogar in den Weltkörpern voraussetzte. — In der Botanik bildete sich jedoch nach und nach der anfangs unbestimmte Begriff des Pflanzengeschlechts immer schärfer aus, und namentlich seitdem *Camerarius*, Professor zu Tübingen, in seinen „*Epistolae de sexu plantarum*“ (1694) durch Versuche an *Zea* und *Mercurialis* nachwies, dass die Samen ohne Einwirkung der Staubfäden auf das Pistill nicht zur normalen Entwicklung kämen. Niemand war daher aufmerksamer auf diese Organe als *Linné*, welcher sie in einer Weise und in solcher Ausdehnung untersuchte, wie Keiner vor ihm. So kam es, dass er in diesen Organen den Schlüssel zu einem neuen Systeme fand, das er selbst mit dem Namen des Sexualsystems bezeichnete, wie auch die Benennung seiner Classen und Ordnungen bewies, dass die wirkliche Existenz des Pflanzengeschlechts von ihm in seiner grössten Ausdehnung angenommen wurde.

§. 35.

Dieses System erfüllte, was man für jene Zeiten (1735) zunächst erstrebte, — Ordnung — in hohem Grade, und die Einfachheit, die es vor allen andern auszeichnete, machte seinen praktischen Gebrauch, beim Bestimmen der Pflanzen und bei der Anlegung von Sammlungen, ausserordentlich bequem. Darum erlangte es eine allgemeine Herrschaft in den Zeiten, wo man namentlich die Kenntniss der Species als das Ziel der Botanik betrachtete, wo man das Wesen der Wissenschaft in der Anlegung von Herbarien, dem Bestimmen der bekannten und der Entdeckung unbekannter Arten suchte. Bei den Sammlern, Dilettanten und Speciesmachern hat es diese Autorität noch bis auf den heutigen Tag behauptet.

§. 36.

Grosse Männer, mit solchem Riesengeiste wie *Linné*, werden von ihrer Zeit, und selbst oft lange nach ihrem Tode, nie vollständig begriffen. *Linné* hatte mit seinem Sexualsystem die wissenschaftliche Botanik gar nicht abschliessen wollen, er betrachtete es selbst nur als ein provisorisches Auskunftsmittel,

dessen man sich bedienen könne, bis die natürliche Methode, welche er als das Ziel der Wissenschaft mit den Worten: „*Primum et ultimum hoc in Botanicis desideratum est*“ empfahl, an seine Stelle treten könne. Hiernach hätten seine Anhänger und Nachfolger die Verpflichtung gehabt, zur Herstellung jener Methode, welche allein die natürliche Verknüpfung der zahlreichen Pflanzenformen zu einer harmonischen Einheit in Aussicht stellt, alle ihre geistigen Kräfte aufzubieten. Aber die grosse Masse verstand ihn nicht; sie glaubte wirklich, dass nun die Botanik fertig sei, und man brauche Nichts weiter zu thun, als die Arten in *Linné's Species plantarum* in der Heimat aufzusuchen, ihnen die *Linné'schen* Namen und Phrasen anzuhängen, höchstens noch ein Citat von *Clusius*, *Bauhin* u. s. w. hinzuzufügen und eine neue Species einzureihen, um eine *Flora barbiensis* oder *halensis* u. s. w. vom Stapel laufen lassen zu können.

§. 37.

Es war die Zeit der Specialfloren gekommen, wo die Speciesmacherei auf die Spitze getrieben wurde. Grosse Herbarien wurden angelegt und erst, wenn man Alles so recht hübsch getrocknet, vorläufig bestimmt und in die betreffenden Packete eingereiht hatte, dann wurde genauer zugesehen, ob nicht eine neue Varietät, oder gar eine neue Species sich darunter fände.

§. 38.

So kam es, dass die neuen Species nicht nach der Beobachtung draussen, sondern nach dem Herbarium, wo alles in Ordnung war, gemacht wurden. Darum kam mancher Professor in die Verlegenheit, vor der Austheilung seiner neuen Arten, an seine Schüler oder Freunde, die Exemplare zurecht zu zupfen, hier ein ungehöriges Blatt wegzuputzen, dort einen widerspenstigen Ast zurecht zu biegen, mit einem Worte: die Natur zu verbessern³⁾; darum klagte auch der ehrliche *Ehrhardt* (*Beitr. I, 142*): „Wenn es einmal wieder Mode wird, dass man auf freyem Felde botanisirt und die Kräuter nicht bloss aufgetrocknet und hinter dem warmen Ofen betrachtet, sondern wenn sie noch vom Thau des Himmels triefen, — dann, dann wird man noch viele Irrthümer einsehen lernen, die jetzt einer dem andern nachbetet.“

§. 39.

Indessen wuchs die Zahl der seit *Linné* entdeckten Pflanzenarten immer mehr zu einer kaum zu bewältigenden Masse an.

Zahlreiche Reisende brachten neues Material aus allen Welttheilen zusammen und die Zahl der Species wurde bald so gross, dass ein Einziger nicht mehr im Stande war, sie zu beherrschen. Wo es ein Einzelner — wie zuletzt *Kurt Sprengel* — dennoch gewagt hat, da ist das Ergebniss sehr lückenhaft und oberflächlich gewesen. So ist nun die specielle Botanik auf kleinere Kreise entweder der Erdoberfläche — auf Specialfloren — oder der Pflanzengruppen — Monographien verwiesen.

§. 40.

Unter den Männern der neuern Zeit, mit deren Auftreten der Werth des Sexualsystems und überhaupt der speciellen Botanik in gebührender Weise gewürdigt wird, ragt vor Allen hervor der Engländer *Robert Brown*, welcher im Jahre 1801 den Capitain *Flinders* nach Neuhoiland begleitete und von dieser Reise allein fast 4000 neue Pflanzenarten mitbrachte. Dieser merkwürdige Continent der südlichen Halbkugel lieferte dem grossen Reisenden eine Anzahl von Pflanzenformen, welche in dem Sexualsystem nicht vorgesehen waren. Das brachte ihn auf den Entschluss, die Pflanzen, die er in seinem „*Prodromus florae novae Hollandiae*“ beschrieb, nach der natürlichen Methode zu ordnen.

§. 41.

Es darf bei dieser Gelegenheit nicht unerwähnt bleiben, dass während der Herrschaft des Sexualsystems die natürliche Methode dennoch vereinzelt gepflegt worden war und ihre stillen Anhänger hatte. Schon fünf Jahre nach dem Erscheinen des Sexualsystems machte *Royen*, Professor zu Leyden, seine natürliche Methode, welche sich auf die Beschaffenheit der Colyledonen, der Blumen und Früchte gründete, bekannt, und der grosse *Haller* folgte mit einer ähnlichen zwei Jahre darauf. *Linné* selbst gab in seiner „*Philosophia botanica*“ (1751), in seinen Fragmenten, sehr wichtige Beiträge dazu. Den eigentlichen Grund zu derselben legte jedoch *Bernard de Jussieu*. Er war (1758) zum Aufseher des königlichen Gartens zu Trianon ernannt worden, und hier war es, wo er die Pflanzen nach seiner Methode ordnete. Er selbst hat nichts Erhebliches geschrieben, selbst nicht einmal seine Methode bekannt gemacht, aber noch wenige Jahre vor seinem Tode liess sein Neffe, *Antoine Laurent de Jussieu*, dieselbe in den Memoiren der Pariser Akademie (1774) veröffentlichen. Nach dem Tode seines Oheims bearbeitete sie derselbe weiter, und im Jahre 1789 erschienen seine „*Genera plantarum secundum*

dum ordines naturales disposita," wovon Voigt auch eine deutsche Uebersetzung (Leipz. 1806) bearbeitete. Diese Anordnung bestand anfangs aus 14, später 15 Classen, wie folgt:

I. Acotyledonen.

1) Acotyledonie.

II. Monocotyledonen.

2) Monohypogynie.

3) Monoperigynie.

4) Monoëpigynie.

III. Dicotyledonen.

Monoclinie.

a) Apetale Blumen.

5) Epistaminie.

6) Peristaminie.

7) Hypostaminie.

b) Monopetale Blumen.

8) Hypocorollie.

9) Pericorollie.

10) Synantherie } Epicorollie.

11) Corysantherie }

c) Polypetale Blumen.

12) Epipetalie.

13) Hypopetalie.

14) Peripetalie.

15) Diclinie.

§. 42.

Es liegt in der Natur dieser Methode, dass, so lange uns noch nicht alle wesentlichen Erscheinungen des Gewächsreiches in dem harmonischen Zusammenhange sowol unter sich, als auch mit der ganzen übrigen Natur bekannt sind, an eine Vollendung und Abschliessung derselben nicht gedacht werden kann. Sie bildet daher den wahren Gegensatz zu dem Sexualsystem. Während dieses in sich fertig und abgeschlossen, keiner Erweiterung oder Veränderung fähig, gleichsam absolut auftritt, und mit dem Namen der Classe auch ihren absoluten Charakter ausspricht, dem sich die Natur fügen muss, sie mag wollen oder nicht; — haben den Gründern der natürlichen Methode ursprünglich keine Classen, keine Namen und keine Charaktere, sondern nur die man-

nigfaltigen Formen in ihrer natürlichen Verkettung und Verschlingung vorgeschwebt und man hat die Ketten und Schlingen, die man zunächst bemerkt, nur vorläufig mit Namen und Charakteren belegt, um durch die Mannigfaltigkeit sich nicht verwirren zu lassen und überhaupt mit der Fixirung des ewig Beweglichen und Veränderlichen, aber doch ähnlich Wiederkehrenden, einen Anfang zu machen. Darum ist keine Gruppe, kein Name, kein Charakter als etwas absolut Hingestelltes, sondern nur als etwas relativ Erkanntes anzusehen, das man ändern und verbessern kann.

§. 43.

Aenderungen sind daher auch viele mit dieser Methode vorgenommen worden, aber nicht alle sind zugleich Verbesserungen gewesen. Der leidige Dilettantismus hat sich auch hieran versucht; und seitdem sich einige berühmte Männer wie *R. Brown*, *De Candolle*, *Link* u. A. für dieselbe erklärt haben, ist es auch unter den kleinen systematischen Botanikern Mode geworden, sich derselben zuzuwenden. Der grösste Fehler, den alle neuern Systematiker begangen haben, besteht darin, dass sie das, was *Linné* richtiger Weise als „*Methodus naturalis*“ bezeichnet hatte, als „*Systema naturale*“ behandelten, wodurch ursprünglich zwei ganz heterogene Auffassungsweisen, die *Linné* absichtlich und weislich auseinandergehalten, verkuppelt wurden. Ehe wir jedoch die vorgenommenen Veränderungen näher besprechen können, müssen wir noch einen Rückblick in vergangene Jahrhunderte thun.

§. 44.

Die Fortschritte einer einzelnen Disciplin der Naturwissenschaft sind immer mit abhängig von denen der andern. Ehe daher in der mechanischen Naturlehre die Brillen und Vergrößerungsgläser erfunden waren, war das menschliche Auge auf sich beschränkt; durch jene Erfindung aber wurde das Auge in Stand gesetzt, nicht nur die Welten im unermesslichen Raume sich näher zu rücken und zu betrachten, sondern auch die Organismen bis in die kleinsten Räume zu verfolgen. Eine unendliche, bisher unsichtbare Welt öffnete sich so dem erstaunten Blick, und wie vorher in der sichtbaren, suchte auch hier der Mensch die ihm anfangs als Chaos erscheinende, kleinste Welt in eine harmonische Ordnung und mit der sichtbaren in Verbindung zu bringen.

§. 45.

Die ersten mikroskopischen Arbeiten, welche von Werth sind, rühren von *Malpichi* und *Nehemias Grew* her. Jener schrieb „*Anatome plantarum*“, 3 Theile, welche 1675 — 1679 in London erschienen; *Grew* schrieb „*The anatomy of plants* (1682)“. Diese Arbeiten galten lange Zeit als die wichtigsten. Unter den Nachfolgern, welche zunächst grosse Bedeutung erlangten, ragen besonders *Brisseau-Mirbel* und *Kurt Sprengel* hervor. Beide bearbeiteten wieder die ganze mikroskopische Pflanzenanatomie von Grund aus. Aber es fanden sich grosse Differenzen in ihren Resultaten, welche Veranlassung zu vielen Streitigkeiten wurden. Bald nahmen auch *Bernhardi* und *Link* an diesen Untersuchungen Theil. Da erschien im J. 1806 von der Göttinger Societät der Wissenschaften die Preisfrage, welche neue Untersuchungen über den Bau der Pflanzen verlangte. Es gingen drei Arbeiten ein, wovon die von *Treviranus* das Accessit erhielt, der Preis aber wurde den Schriften *Rudolphi's* und *Link's* zuerkannt. *Treviranus* und *Link* sind noch bis auf den heutigen Tag in diesen Untersuchungen thätig gewesen und haben sehr Bedeutendes geleistet. Bald erschien eine neue Preisschrift über die Organisation der Pflanzen von *Kieser*, welche (1812) von der *Teyler'schen* Gesellschaft in Harlem gekrönt worden war, und so mehrte sich das Interesse an diesen Untersuchungen mit jedem Tage und wuchs besonders mit der Verbesserung der Instrumente. Unter den Männern der jüngsten Zeit, welche nicht nur wichtige Beiträge geliefert, sondern diesen Theil der Wissenschaft von Grund aus reformirt haben, stehen oben an: *Mohl*, *Schleiden*, *Unger*, *Harting*, *Meyen*.

§. 46.

Die mikroskopischen Untersuchungen bieten besonders darin grosse Schwierigkeiten dar, dass man grössern optischen Täuschungen unterworfen ist, als bei der Betrachtung grosser Objecte, die man greifen und fassen und dabei leicht in jede beliebige Stellung bringen kann. Darum konnte es auch nicht fehlen, dass viele Irrthümer in die ersten Darstellungen der Pflanzenanatomie kamen, Irrthümer, deren völlige Beseitigung wol kaum jemals gelingen möchte. Hand in Hand mit diesen anatomischen Untersuchungen gingen die physiologischen und chemischen, bei welchen sich ausser den schon genannten Anatomen noch *Hales*, *Du Hamel*, *Priestley*, *Sennebier*, *Ingenhouss*, *Theodor de Saussure*, *Aubert du Petit Thouars*, *Davy*, und unter den Che-

mikern der Neuzeit besonders *Payen*, *Fremy*, *Mitscherlich* und *Mulder* hervorgethan haben.

§. 47.

Da die Anatomie der Thiere der der Pflanzen weit vorausgeeilt war, so kam es, dass man bei den letztern die Organe der erstern auffinden zu müssen glaubte. Man knüpfte jede neue Entdeckung bei den Pflanzen an eine oder die andere bekannte Erscheinung des Thierlebens, und suchte aus diesem jenes zu erklären. Schon *Malpichi* machte den Anfang. Er hatte die Tracheen bei den Insecten entdeckt und als er die sogenannten Spiralgefässe bei den Pflanzen fand, welche einige Aehnlichkeit mit jenen Organen besitzen, so glaubte er auch die Tracheen bei den Pflanzen nachgewiesen zu haben; bald wurden die Blätter für die Lungen erklärt und *Ad. Brongniart* (*Annal. sc. nat.* 1830) erkannte in der äussern Zellenschicht der Wasserpflanzen sogar Kiemen. *Hedwig* entwickelte seine Befruchtungstheorie der kryptogamischen Gewächse, bei denen er männliche und weibliche Geschlechtsorgane annahm, und welche er durch die gründlichsten Untersuchungen unterstützte; man sprach von lymphatischen und Lymphgefässen, ja *La Hire*, ein älterer Schriftsteller, meinte sogar, dass die Pflanzengefässe auch Klappen hätten, wie die Venen; *Dutrochet* wollte die Rudimente eines Muskel- und Nervensystems erkannt haben; man sprach ferner von Irritabilität, Sensibilität und vitaler Contractilität der Zellen, von peristaltischen Bewegungen der Saftgefässe, von einem Circulationssystem und sogar von Pflanzenexcrementen! — Um aber das Maass des Irrthums voll zu machen, suchte man noch die Meinung zu verbreiten, als könnten die Pflanzen die chemischen Elemente und unorganisch-chemische Verbindungen hervorbringen (*Sprengel*, Grundzüge der wissenschaftl. Pflanzenkunde. Leipzig 1820, p. 296). Zum Glück sind solche phantastische Ansichten von dem Pflanzenleben durch die gründlichen Untersuchungen der Neuzeit bald beseitigt worden.

§. 48.

Es konnte nicht fehlen, dass man die Resultate der Anatomie auch auf die Fortbildung des nun sogenannten natürlichen Systems anzuwenden sich bemühte. Man trennte demnach die Hauptgruppen zunächst in Zellen- und Gefässpflanzen, und letztere (nach der unrichtigen Theorie *Desfontaines'* über das Wachsthum des Monocotyledonen- und Dicotyledonenstammes) in Endogenae und Exogenae. *De Candolle* und *Lindley* haben

besonders zur Verbreitung dieser Ansichten beigetragen. Unter andern Versuchen, die man zur Verbesserung dieses Systems gemacht hat, verdient besonders der von *Endlicher*, welcher dabei durch die anatomischen Untersuchungen *Unger's* unterstützt wurde, hervorgehoben zu werden.

§. 49.

Am meisten haben indessen die mikroskopischen Untersuchungen zur genauern Kenntniss der Kryptogamen (= Zellenpflanzen) beigetragen. Die ersten wichtigen Untersuchungen dieser merkwürdigen Pflanzengruppe, deren Kenntniss wegen ihrer Kleinheit ohne Mikroskop nicht gefördert werden konnte, verdanken wir *Micheli* ⁴⁾ und *Dillen*. Ihre Arbeiten wurden noch von *Linné* benutzt. Die Untersuchung und Beobachtung der Kryptogamen ist um so wichtiger, als sich das Pflanzenleben bei ihnen in seiner grössten Einfachheit ausspricht und manche Frage nur durch die genauere Bekanntschaft mit ihnen gelöst werden kann.

§. 50.

Ihr Studium gehört zu dem schwierigern Theile der Botanik, weshalb die Zahl ihrer Bearbeiter geringer ist. Dennoch hat ihre Kenntniss seit *Linné* so an Umfang und Intensität gewonnen, dass sie mit jenen Zeiten gar nicht mehr verglichen werden kann. Obenan stehen: *Hedwig*, *Weber*, *Mohr*, *Hooker*, *Greville*, *Bischoff*, *Link*, *Roth*, *Agardh*, *Gaillon*, *Lamouroux*, *Leiblein*, *Bory St. Vincent*, *Berkeley*, *Harvey*, *Nees von Esenbeck*, *Vaucher*, *Bonnemaison*, *Fries*, *De Candolle*, *Martius*, *Bertoloni*, *Wallroth*, *Kaulfuss*, *Kunze*, *A. Braun*, *Turner*, *Acharius*, *Flörke*, *Persoon*, *Schaeffer*, *Bulliard*, *Desmazières*, *Klotzsch*, *Montagne*, *Decaisne*, *De Brébisson*, *Lenormand*, *Morgeot*, *Schwaegrichen*, *Hornschuch*, *Lindenberg*, *Gottsche*, *Bridel*, *Bruch*, *Schimper*, *R. Brown*. Ich selbst habe mich viel mit diesen Pflanzen beschäftigt, hauptsächlich aus dem Grunde, weil hier die „Systematik“ mit Anatomie und Physiologie immer Hand in Hand geht, ein Vortheil, den die Kryptogamenkunde vor der Phanerogamenkunde voraus hat.

§. 51.

Zu beklagen ist, dass einige Zeit die Philosophie des Absoluten eine Anzahl Männer von der Methode, welche durch ihren glänzenden Erfolg sich bei den grössten Forschern, wie z. B. *Newton* und *Linné*, bewährt gefunden, und die selbst nicht ohne Einfluss auf die *Kant'sche* Philosophie gewesen ist, abwendig

gemacht hatte. Schon *Link* war derselben (Natur und Philosophie, 1811) mit Entschiedenheit entgegengetreten und hatte manche Irrthümer derselben dargethan; neuerlich ist *Schleiden* („*Schelling's und Hegel's Verhältniss zur Naturwissenschaft, 1844*“) gegen ihre Anwendung in den Naturwissenschaften zu Felde gezogen, und zwar mit solcher Gründlichkeit, dass ein weiteres Eingehen in dieselbe hier überflüssig wird. Nur so viel will ich hier bemerken, dass auch ich in dieser Philosophie einen Rückschritt für die Naturwissenschaft erblicke. Ueber die neuesten Versuche, die Methode dieser Philosophie bei der Botanik in Anwendung zu bringen, werde ich unten (§. 251 u. f.) sprechen.

§. 52.

Um so erfreulicher ist es zu sehen, wie jetzt alle tüchtigen Forscher sich der inductiven Methode zugewandt haben und mit derselben täglich neue Erfahrungen zu Tage fördern.

§. 53.

Ich kann diesen gedrängten historischen Abriss nicht schliessen, ohne noch auf eine besondere Richtung im Studium der Organismen, welche durch *Goethe* angeregt worden ist, aufmerksam zu machen. In der systematischen Botanik ist es von jeher Sitte gewesen, dass man gewisse Formen, welche sich an der Pflanze bemerkbar abtrennten und einen gewissen scheinbar abgeschlossenen Entwicklungskreis hatten, oder auch nur eine gewisse Stellung einnahmen, als besondere Organe betrachtete und mit besondern Namen belegte. Diese Organe unter sich zu isoliren und so scharf wie möglich zu definiren, war besonders das *Linné'sche* Zeitalter und die niedere systematische Botanik bemüht; *Linné* selbst hatte in seiner *Philosophia botanica* dieses scharfe Auseinanderhalten der Organe angestrebt, dieselben definirt, und seine Worte galten als Gesetz. Als die Kenntniss der Species als das Ziel der Wissenschaft angesehen wurde, war jenes Zerstückeln des Organismus, jenes Auseinanderhalten seiner Organe, ja die Aufindung neuer, nothwendig damit verknüpft, denn es förderte die Theilung der Formen ungemein. Wer nun fremd an die Wissenschaft herantrat, hatte sich erst durch das Lexicon einer monströs angeschwollenen Terminologie durchzuarbeiten, welcher zwar eine künstliche Ordnung, aber keine organische Verknüpfung zu Grunde lag. Diese ungeheuern Specialien, die nun theils in der Terminologie, theils in der systematischen Botanik zu überwinden waren, ehe man es nur einigermaßen zu einem erquicklichen Standpunkte

bringen konnte; schreckten manchen guten Kopf von derselben ab. Auch *Goethe* ging es so. In einem Gespräche mit *Eckermann* sagt er: „In die Botanik war ich auf empirischem Wege hereingekommen. Nun weiss ich noch recht gut, dass mir bei der Bildung der Geschlechter die Lehre zu weitläufig wurde, als dass ich den Muth hatte, sie zu fassen. Das trieb mich an der Sache auf eigenem Wege nachzuspüren und dasjenige zu finden, was allen Pflanzen ohne Unterschied gemein wäre, und so entdeckte ich das Gesetz der Metamorphose“. Das wol nicht, aber etwas Anderes, was er gar nicht wusste, nämlich eine neue Methode der Botanik, welche der bisherigen „specifischen“ den ersten Schlag versetzte, indem er die Entwicklungsgeschichte der Pflanzenorgane zuerst zur Sprache brachte.

„Werdend betrachte sie nun wie nach und nach sich die Pflanze, Stufenweise geführt, bildet zu Blüte und Frucht.“

§. 54.

Dieses „Werdend betrachte sie nun“ ist gewichtiger, als alle Resultate, die er bei seiner Betrachtung fand, denn es änderte die bisherige Methode, welche die Pflanzen und ihre Theile als etwas Fertiges ansah und dadurch das Werdende als etwas Fertiges festhalten wollte. Das fühlte man, wenn man auch die Wirkung jener Worte und ihre Tragweite noch nicht klar durchschauete. Wäre es nicht *Goethe* gewesen, man würde gar keine Notiz davon genommen haben; wie auch wirklich manche Systematiker die *Goethe'sche* Anschauung mit einer vornehmen lächelnden Miene eine poetische nannten. Ja, es war auch eine poetische, insofern man darunter die Empfindung der höchsten Schönheit, gepaart mit höchster Wahrheit, versteht. Darum fand auch der grosse Poet, der sich in seinen bessern Productionen immer nur von wahren, nie von überschwenglich krankhaften Empfindungen und von fabelhaften Einbildungen beherrschen liess, so leicht den richtigen Ausdruck, als er, ohne den terminologischen Wust, in grösster schönster Einfachheit seine „Metamorphose der Pflanzen“ schrieb.

§. 55.

Prof. *Voigt* in Jena war einer der ersten, die sich zu Gunsten dieser Lehre erklärten, und *Willdenow* sowol, wie *Usteri* hatten sich vortheilhaft über dieselbe geäussert, wodurch sich *Goethe* sehr geschmeichelt fühlte. *Sprengel* schwärmte für *Goethe*, wenn er in seinen Vorlesungen der Stunden erwähnte, die er

mit dem grossen Dichter im botanischen Garten und im Zwiegespräch über die Pflanzenmetamorphose verlebt hatte.

§. 56.

Dennoch aber hat wol erst *De Candolle*, nicht eigentlich von der Goethe'schen Lehre, sondern von der neuen Methode einigen wirklichen und nicht ganz erfolglosen Gebrauch gemacht, wovon seine „*Théorie du Développement*“ Zeugniß gibt. Ihre eigentliche Weihe empfing sie jedoch erst durch *Robert Brown*, als derselbe zuerst den richtigen Bau der Euphorbien, der Orchideen und der Coniferen mittelst ihrer Anwendung lehrte. Seitdem haben sich die kräftigsten Geister dieser Lehre, welche man mit dem Namen der Morphologie — zum Unterschiede von der frühern geistlosen Terminologie — belegt hat, zugewandt, unter denen *Schleiden* in Jena oben an steht. So hat sich schon jetzt die Morphologie der Pflanzen zu einem schönen harmonischen Gebäude zu entwickeln angefangen. Leider aber sieht man hieran wieder, dass alte versteifte und verknöcherte Gewohnheiten auch in der Wissenschaft nur sehr langsam ausgemerzt werden können. Die Anhänger der niedern systematischen Botanik, deren Ziel noch in einer sogenannten „guten Art“ besteht, haben nichts gelernt und nichts vergessen. Erst im vergangenen Jahre haben einige Floren den Beweis davon geliefert. Um so erfreulicher dagegen ist es, wenn man die Arbeiten *Döll's* (Rheinische Flora), *Röper's* (Z. Flora Mecklenburgs. Rostock.) und einiger Andern betrachtet, in denen die systematische Botanik ihre richtige Würdigung gefunden hat.

II. Methode.

§. 57.

Das ganze Streben der Wissenschaft geht nach Einheit. Nun ist aber bisher der (historische) Grund hiervon ein verschiedener gewesen, nämlich hier ein idealer, dort ein realer. Wir wollen jenen, um ihn noch näher zu bezeichnen, das Moralprincip, diesen das Naturprincip nennen. Es handelt sich jetzt darum, welches Princip als das oberste, welches als das untergeordnete zu betrachten ist. Es ist diese Untersuchung die wichtigste, weil von ihr die ganze Methode für die Wissenschaft abhängig ist.

§. 58.

Sie beantwortet zugleich die Frage: beruht der Glaube auf dem Wissen oder das Wissen auf dem Glauben? Da zeigt sich denn sofort, dass die Wissenschaft, so wie sie in die Erscheinung treten will, den Glauben schon jedesmal voraussetzt, nämlich den Glauben, dass der veränderlichen objectiven Erscheinung, welche sie untersucht oder untersuchen will, etwas Wahres zu Grunde liege.

§. 59.

Daher ist der Glaube an die Wahrheit die Grundlage jeder wissenschaftlichen Forschung. Dieser Glaube ist aber durchaus sittlicher, moralischer Natur, daher auch das Moralprincip als das oberste in der Wissenschaft zu betrachten ist. Soll nun aber die sittliche Gewalt des Glaubens eine durchaus unbedingte sein, so kann derselbe nicht in den, erst durch die Forschung erkannten und bedingten Wahrheiten wurzeln, sondern er muss seinen Ursprung von der unbedingten ewigen Wahrheit herleiten, welche zugleich die Wahrheit der Schönheit, die ewige Liebe ist, Gott — Gott über der Welt — Gott vor der Welt — Gott als Ursache der Welt.

§. 60.

Und so fassen wir nun auf dem reinen Christenthume, dessen Glaube, wie wir gesehen haben, ursprünglich kein physikalischer, sondern ein rein moralischer Begriff ist, der über allen andern Begriffen steht und dem daher auch alle andern untergeordnet werden müssen.

§. 61.

Wir mussten diesen Grund erst suchen, weil alles Folgende erst seine Festigkeit dadurch bekommt. Allen grossen Forschern ist derselbe Bedürfniss gewesen, und Keiner hat ohne denselben in der Naturwissenschaft etwas Grosses ausgerichtet⁵⁾. Aus ihm aber folgt unwiderruflich:

- 1) Es gibt nur Eine Absolutheit, nicht mehrere.
- 2) Alle Dinge sind dieser Absolutheit unterworfen, stehen also nur durch Unterordnung, nicht durch Bei-, noch weniger durch Ueberordnung mit derselben in Verbindung.
- 3) Das Verhältniss der Dinge unter sich ist, eben weil die Dinge bedingt sind, nur ein relatives.
- 4) Daher kann auch unsere Erkenntniss und unser Wissen von den Dingen nur ein bedingtes sein.
- 5) Ist das, so muss jede wissenschaftliche Darstellung dem Zweifel unterliegen.
- 6) Der Zweifel beunruhigt, in ihm ist kein Verharren, darum fordert er eine weitere, tiefergehende Untersuchung und Prüfung, bis die moralische Gewissheit — das mit meinem Innern im Einklang stehende Wissen — erreicht ist.
- 7) Diese moralische Gewissheit ist das Ziel, was jedem Menschen vorschwebt, jedem Menschen erreichbar ist, jedem Menschen völlige innere Befriedigung gewährt⁶⁾.
- 8) In dem Zweifel an unserer Erkenntniss und unserm Wissen ist der Fortschritt der Wissenschaft und der Menschheit — die Annäherung zur Vollkommenheit — begründet; in dem Zweifel an Gott aber ruht der Fluch des Stillstands, der Unwahrheit, des Untergangs der Völker.

So hätten wir die Grundlinien gezeichnet, welche der weitem Entwicklung der Methode als leitende Principien dienen sollen.

§. 62.

Die Naturwissenschaft geht auf Erkenntniss der Natur aus, diese Erkenntniss gründet sich auf die unmittelbare Anschauung der wirklichen Erscheinungen. Es kann daher diese

Erkenntniss nicht aus Büchern gewonnen werden, denn die Bücher können 1) nur den Weg angeben, welchen der Erkenntniss Suchende gehen soll; 2) Beispiele angeben, wie von Andern diese Erkenntnisse gewonnen wurden; 3) die gewonnenen Erkenntnisse als Erfahrungen Anderer mittheilen.

§. 63.

Um jedoch nicht allen Umwegen und Irrthümern wieder ausgesetzt zu sein, die die Wissenschaft erfahren und durch erleuchtete Männer in derselben schon beseitigt sind, hat der Lernende sich zunächst mit dem Standpunkte der Wissenschaft bekannt zu machen und sich dazu der mündlichen oder schriftlichen Belehrung zu bedienen. Die mündliche führt, wenn sie mit zweckmässiger unmittelbarer Demonstration verknüpft ist, schneller zum Ziele, die schriftliche langsamer, aber sie ist bei nöthiger Ausdauer gründlicher, weil man, nach Bedürfniss, länger bei dem Gegenstande verweilen kann und dieselbe in der Regel auch eine grössere Anstrengung veranlasst. Bei der Belehrung ist die Benutzung von Sammlungen und Abbildungen unerlässlich, sie sind aber auch bei weiterer Forschung unentbehrlich.

§. 64.

Nicht minder ist es nöthig, dass sich der Lernende die hinreichende Geschicklichkeit im Präpariren und Experimentiren aneigne. Ich muss gleich von vornherein erklären, dass es nur Eine Naturwissenschaft gibt, und dass, wenn man dennoch eine Trennung derselben in die verschiedenen Disciplinen vorgenommen hat, dies nur darum geschehen ist, um so die Massen von Einzelheiten, deren Darlegung und vollständige Bewältigung jeder gründlichen Erkenntniss eines Ganzen vorangehen muss, leichter, schneller und sicherer zu überwinden. Aber es greift die eine Disciplin in die andere über und nur der wird von irgend einem Gegenstande sich gründlich unterrichten können, welchem sein allgemein wissenschaftlicher Standpunkt gestattet, ihn von allen nur möglichen Seiten zu betrachten⁷⁾.

§. 65.

Ich habe oben gesagt, dass die ganze Naturwissenschaft auf der Anschauung beruhe. Es leuchtet ein, dass hier nur von einer zunächst physischen (= wirklichen) Anschauung des Objects mittelst des physischen Auges die Rede sein kann und dass dieses Auge dann auch nur das Physische an dem Object, d. i.

seine wirkliche Erscheinung, also nicht seine Idee, sein Wesen, erblicken kann. Aber das physische Auge trägt die Erscheinung über auf das psychische Auge, durch welches dieselbe dem Geiste zum Bewusstsein kommt. Dieses erste Wissen von dem Object ist noch ein isolirtes und wird als Wahrnehmung bezeichnet, ein schönes, passendes Wort, denn das geistige Auge nimmt das für wahr hin, was ihm das leibliche bringt.

§. 66.

Aber die blosse vereinzelte Wahrnehmung befriedigt nicht, sie ist an sich für den Geist werthlos; denn nur im Verknüpfen der Wahrnehmungen, also im Schaffen besteht sein eigentliches Wesen. So werden nun die Wahrnehmungen zu Erfahrungen und nur diese sind mittheilbar, während jene unmittelbar erworben werden müssen. Wir müssen diesen Unterschied nothwendig festhalten, weil aus ihm nur der Werth einer erworbenen Erkenntniss beurtheilt werden kann. Wahrnehmungserkenntnisse sind reinere Erkenntnisse als (mittelbare) Erfahrungserkenntnisse, weil sie durch unmittelbare Anschauung erworben werden, also nicht erst ein Mittel vorhanden ist, wodurch die Erscheinung geschwächt oder verändert wird. Das letztere ist bei mittelbaren Erfahrungserkenntnissen immer der Fall. Aber die letztern haben den Vortheil für sich, dass sie schon geordnet und verbunden sind, wodurch sie vom Geiste leichter aufgenommen werden können. Darum sind sie dem Lernenden zu empfehlen, weil er durch sie allein in den schnellen Besitz der historischen Wissenschaft kommen kann.

§. 67.

Die Wissenschaft ist das vom Geiste geschaffene Wissen. Es leuchtet ein, dass, wer nicht ein blosser Lehrling bleiben, wer sich von der Wahrheit des durch die Wissenschaft Erfahrenen überzeugen, wer selbst an dem weitem Fortbau der Wissenschaft thätig sein will, seine Erkenntniss aus unmittelbaren Anschauungen schöpfen muss. Sie sind die einzigen Quellen des Naturforschers, nicht die Bücher, und es liegt ein grosser Vortheil für ihn darin, dass diese Quellen überall für ihn vorhanden, und rein und wahr sind.

§. 68.

Dreierlei ist es, was wir an der Natur bemerken:

1) Gestalt; an dieser sind zur nähern Bestimmung die

Form- und Grössenverhältnisse in Betracht zu ziehen, welche ihre genauere Begründung durch die Anwendung der reinen Formen- und Grössenlehre = Mathematik finden.

2) Bewegung; sie wird erläutert durch die reine Bewegungslehre (Mechanik, Dynamik).

3) Stoff; seine Verschiedenheiten werden erkannt mit Hilfe der Chemie⁸⁾.

§. 69.

Wir sehen hieraus, dass die Darstellung der Naturwissenschaft die wissenschaftliche Bewältigung der Form und Grösse, der Bewegung und des Stoffes voraussetzt. Aber unsere Kenntniss vom Stoff ist, vermöge des unvollkommenen Zustandes der organischen Chemie, nur eine mangelhafte, und dasselbe ist auch der Fall mit der Dynamik, welche nicht eher den Namen einer vollständigen Wissenschaft verdient, bis man sich des Ursprungs und Zusammenhangs aller noch in der Physik geltenden verschiedenen Grundkräfte und ihrer Wirkungen aus einer einzigen Urkraft klar bewusst ist.

§. 70.

Anders ist es mit der reinen (psychischen) Anschauungs- und Bewegungslehre, welche von den sinnlichen Erscheinungen ganz unabhängig ist. Hier können daher Gesetze gefunden und mittelst derselben Eigenschaften und Verhältnisse von That- sachen (doch auch nur bis zu einer gewissen Grenze) construirt werden; in der physischen Welt dagegen finden wir statt der Gesetze nur Regeln. Eine Regel schliesst die Ausnahme ein, das Gesetz nie. Mittelst dieser Regeln sind wir nun im Stande, unsere durch unmittelbare Anschauung gewonnenen Erfahrungen in eine wissenschaftliche Verbindung zu bringen. Es leuchtet ein, dass es hiernach keine reine Naturwissenschaft geben kann; auch sind alle Versuche, dieselbe auf rein idealem Wege zu begründen, nutzlos gewesen.

§. 71.

Wir kommen nun zur nähern Bezeichnung der Botanik. Der Mensch hat schon frühzeitig als Bestandtheile unsers Erdkörpers lebendige und leblose, oder mit andern Worten: organische und unorganische Körper unterschieden, ferner die organischen in Pflanzen und Thiere. So entstanden die sogenannten drei Naturreiche: das Thierreich, Pflanzenreich und Mineralreich, welches letztere die unorganischen Körper enthielt.

§. 72.

Linné charakterisirte die Naturkörper nun folgendermassen: *mineralia crescunt; vegetabilia crescunt et vivunt; animalia crescunt, vivunt et sentiunt*. Aber Linné verstand unter den Mineralien bloss „*lapides*“ also nur die starren unorganischen Körper unserer Erde, nicht zugleich die flüssigen, wie z. B. Luft und Wasser, die auch unorganische Körper sind, wie die Steine. Da ist es aber mit dem „Wachsen“ der unorganischen Stoffe eine missliche Sache, wenn es auf die Luft und das Wasser Anwendung finden soll. Auch dürfen wir bei solchen allgemeinen Bestimmungen, selbst wenn wir bei den starren Anorganismen stehen bleiben wollten, uns nicht an einzelne hervorragende Erscheinungen halten, sondern müssen alle mit zu Rathe ziehen. Da kommt aber ein eigentliches Wachsen, d. i. ein normales Vergrössern eines Einzelwesens, nur beim Krystall vor. Alles Uebrige, Formlose, Zusammengeflossene, Nichtindividualisirte, wenn auch starr, müsste daher von dem Begriff des unorganischen Körpers oder wenigstens des Minerals ausgeschlossen sein, was aber noch Niemand gethan hat. Denn die formlosen ⁹⁾ Körper sind ja auch Körper und man müsste für sie ein besonderes Reich gründen, wenn man sie nicht unbeachtet lassen will.

§. 73.

Das Wachsen kann also nicht der allgemeine Charakter der Anorganismen sein, weil es nur da stattfindet, wo vorher die Individualisirung eingetreten ist. Da jedoch diese bei der Pflanze und noch mehr beim Thiere sich immer entschiedener herausstellt, so gehört diese Erscheinung allerdings mit zu den wesentlichen dieser Körper.

§. 74.

Die Pflanzen und Thiere leben. Das was wir Leben nennen, hat gewöhnlich eine sehr verschiedene Bedeutung; hier im Linné'schen Sinne heisst es das Körperleben im engeren Sinne, oder das organische Leben. Dieses organische Leben besteht aber ebensowol in der Bildung und Umbildung des Stoffs als der Form, und da zeigt sich in Bezug auf den ersten, dass derselbe in einer geringen Anzahl chemischer Elemente besteht, während zur Bildung der Anorganismen alle Elemente beitragen. Was nun die Form der Organismen betrifft, so ergibt sich, dass sich dieselbe auf einer gewissen Stufe nie offen bildet, wie der Krystall, sondern immer innerhalb einer Hülle, und dass die Form, wenn sie zu Tage treten soll, nur durch den Act der

Enthüllung, den wir auch Entwicklungsprocess nennen, stattfindet. Dieser Process ist die Geschichte des Organismus; und da er vom Anfang bis zum Ende verfolgt sein will, wenn er verstanden werden soll, so sind dazu eine vollständige Reihe von Wahrnehmungen nöthig. Diese Wahrnehmungsweisen werden unter dem Ausdruck Beobachtung verstanden, und es geht aus der Natur der Organismen selbst hervor, dass sie nur durch die Beobachtung richtig erkannt werden können,

§. 75.

Die Thiere empfinden. Die Empfindung ist eine rein subjective Erscheinung, die wir an andern Dingen ausser uns gar nicht unmittelbar beobachten können, sondern wir schliessen nur aus Analogie, dass dieser oder jener Körper Empfindung haben müsse. So schliessen wir z. B. auf die Empfindung eines Thieres, wenn dasselbe in Folge eines angewandten Reizmittels gewisse Bewegungen macht. Man kann allerdings sagen, dass alle wahren Thiere die Empfindung des Hungers haben müssen, weil sie darauf angewiesen sind, sich die Nahrung zu suchen, also einen Act ihres eignen Willens vollziehen. Aber es gibt ja auch Empfindungen, welche willenlose Bewegungen bei den Thieren veranlassen und darum nicht weniger thierische sind. Es hält schwer, ja es ist unmöglich, hierbei ins Klare zu kommen. Denn wollte man aus jeder ungewöhnlichen Bewegung, welche ein organischer Körper in Folge eines Reizmittels ausübt, auf Empfindung schliessen, so müsste man diese dann auch den Pflanzen zusprechen, die sich nach dem Lichte hinbewegen; man müsste sie insbesondere den Mimosen beilegen, die bei der Berührung die Blätter zusammenlegen. Sie könnte dann vielleicht als ein Eigenthum der ganzen organischen Welt beansprucht werden und zwar um so mehr, als dieselbe von der niedersten Pflanze bis zum Menschen gegen die Temperatur empfindlich ist. Dass diese Empfindlichkeit bei uns wahres Gefühl ist, wissen wir, aber wir wissen es keineswegs, ob dieselbe bei einer Hydra oder Musa mit der unsrigen oder mit der des Thermometers zu vergleichen ist. Darum können auch Charaktere, wie der eben erörterte, nicht unbedingt zu Begriffsbestimmungen in der Naturwissenschaft dienen.

§. 76.

Auch die willkürliche Bewegung kann nicht zur Bestimmung des Thieres dienen, weil auch diese nicht an allen Thieren beobachtet werden kann, so wenig, wie die Empfindung.

§. 77.

Man hat ferner die Anwesenheit eines Verdauungsorgans — Magen — als Bedingung des Thierlebens festgestellt, und in den allermeisten Fällen kann das genannte Organ auch als ein sicheres Kriterium dienen, aber nicht in allen, nämlich bei sehr kleinen Thieren, wo man selbst durch die sogenannte Fütterung mittelst der Farbstoffe ¹⁰⁾ nicht weiss, ob dieselben verschluckt, oder durch mechanische Anziehung in irgend eine Höhlung des fraglichen Organismus gekommen sind.

§. 78.

Man hat endlich die chemische Zusammensetzung bei der Unterscheidung der Thiere und Pflanzen zu Rathe gezogen und glaubte gefunden zu haben, dass die Pflanzen aus C, H und O, die Thiere dagegen aus C, H, O und N bestünden. Abgesehen von den anorganischen Bestandtheilen, die sich bei den Organismen oft als nothwendiger Bestandtheil vorfinden, ergibt sich allerdings, dass die Hauptmasse des Pflanzenkörpers aus stickstofffreier Substanz gebildet ist, während bei der des Thierkörpers die stickstoffhaltige Substanz vorwiegt; aber es gibt vielleicht keine einzige Pflanze, welche ganz ohne einen stickstoffhaltigen, und kein Thier, welches ohne einen stickstofffreien Bestandtheil wäre. Sonach stellt sich auch hierbei heraus, dass dieser Unterschied in keinem entschiedenen Gegensatze, sondern nur in einem Mehr oder Weniger besteht.

§. 79.

Das könnte uns aber zu der Frage berechtigen, ob denn überhaupt ein Unterschied zwischen Thier und Pflanze in der Natur vorhanden, oder ob er nur eingebildet sei? Wir können allerdings den Unterschied nicht eher als wirklich vorhanden ansehen, bis derselbe auch richtig begründet ist. Es ist dies eine unabweisliche Forderung der inductiven Methode, der einzigen, welche uns bei der Naturforschung Sicherheit gewährt, der einzigen, welche uns gegen eingebildete Kenntniss schützt. Aber daraus, dass irgend Etwas noch nicht wissenschaftlich begründet werden kann, folgt noch nicht, dass eine Begründung überhaupt nicht möglich wäre. Der Mensch hat auch hier, wie überall, anfangs den Unterschied bloss herausgeföhlt, ohne dass ihm dabei ein klares Bewusstsein zur Seite gestanden hat. Aber dieses Gefühl, das seinen Grund in dem unmittelbaren sinnlichen Eindruck hat, wird gestärkt und

verfeinert durch Wiederholung, durch Uebung. Wir werden auch von ihm geleitet, ohne dass wir es merken, weil es durch den unmittelbaren Rapport mit der Sache geweckt wird. Dieses Gefühl ist daher nichts Eingebildetes, sondern etwas Wirkliches und es kommt namentlich beim ächten Naturforscher am höchsten entwickelt vor. Es ist dasselbe, was man in der systematischen Pflanzenkunde den „botanischen Blick“ nennt. Nach diesem, durch den unmittelbaren Eindruck geweckten Gefühle hat *Jussieu* sein System gegründet, hat *Linné* seine Gattungen gemacht, nach denen er erst den Charakter entwarf, wenn sie schon von ihm bestimmt waren. Darum sagt er auch: „*scias characterem non constituere genus, sed genus characterem*“.

§. 80.

Und woher kommt es, dass dieses reine Gefühl so sicher leitet? — Es ist der Totaleindruck, den man von dem Object beim ersten Anblick erhält, in welchem noch Etwas enthalten ist, was die Analyse nie vollständig herausbringt — die Idee, das Wesen des Dinges, das ich sofort als etwas in mir Vorhandenes, aber noch nicht Gewusstes ahne, mit Gewissheit ahne, also glaube, ehe ich es begriffen habe. Und diese Ahnung, die immer durch jede wiederholte Betrachtung von neuem auftaucht und verstärkt wird, leitet mich immer wieder auf die Idee zurück.

§. 81.

Wenn es uns vergönnt wäre, den Totaleindruck — die Idee — aussprechen zu können, so würden wir allerdings bald die vollendete Wissenschaft haben, vollendet und gut, wie die Dinge, aus der Hand Gottes hervorgegangen. Aber wir stehen da, versenken unsern Blick in die Schönheit, in die Vollkommenheit der Natur, erkennen in ihr die Güte des Schöpfers, werden durch das unmittelbare Ergriffenwerden der Idee begeistert; aber sie wirkt in ihrer Fülle so gewaltig auf uns, dass sie uns wieder erdrückt, wir finden keine Worte, keine Sprache für sie, — wir erkennen vielmehr, dass sie unaussprechlich ist. Das ist aber das tiefste (religiöse) Gefühl, was der Mensch haben kann, weil keins, als dieses, seine Schwäche, seine Ohnmacht, seine Abhängigkeit von Gott so sehr bezeugt, als die Unaussprechlichkeit der Natur in der Totalität.

§. 82.

Darum bleibt ihm nichts weiter übrig, als die Dinge zu

zergliedern und sich von der unendlichen Fülle und Grösse in das Kleine, Einzelne, Beschränkte, seinem Vermögen Angemessene zu begeben, weil er nur dies umfassen und begreifen kann. Darum ist auch sein Wissen zerstückt, beschränkt, wie unendlich auch seine Ideen sind, mittelst denen er fähig wird, seinen Gott zu glauben.

§. 83.

Die Welt ist für den Menschen unendliche Vielheit und er kann sie nur begreifen, wenn er sie in endliche Einheiten fasst. Er kann aber die grössten Welteinheiten nur überschauen, wenn sie in gewisser Ferne, also verkleinert, vor ihm sind, wie die Sterne, und die kleinsten, wenn er sie seinem feinsten und schärfsten Tastsinne — dem Auge — in die gehörige Nähe bringen kann, also vergrössert, wie die Moleküle. Sein Begreifen mittelst der Sinne ist daher von der Grösse der Dinge abhängig, die seiner eigenen Grösse angemessen sein muss, und er beherrscht alsdann dieselben um so mehr, je mehr Mittel er entdeckt, jenes beschränkte Verhältniss, welches seine eigene, nackte physische Natur darbietet, zu erweitern und sich von ihr möglichst unabhängig zu machen. Beim Begreifen des Gegenstandes sucht er zunächst eine Schranke, die denselben von dem nächstliegenden Gegenstande trennt, weil er ohne diese Schranke denselben nicht fassen kann. Jetzt hat er den ersten beschränkten Begriff des Dinges. Dieser genügt aber nicht, weil er ein einzelner und oberflächlicher ist und desshalb keinen wissenschaftlichen Werth hat. Bei einer genauen zweiten Betrachtung findet er, dass derselbe Gegenstand nicht mehr der gleiche ist, und eben so ist es bei der 3^{ten}, 4^{ten} bis n^{ten} Betrachtung. Er findet also bei näherer Vergleichung, dass er es mit einem veränderlichen Gegenstande — einem Differentiale — zu thun hat, und dass er bei vereinzeltten Betrachtungen auch nur vereinzeltte Zustände desselben finden könne. Dadurch stellt sich nothwendig heraus, dass ein veränderlicher Gegenstand nur richtig erkannt und beurtheilt werden kann, wenn man ihn von seinem Anfang bis zu seinem Ende beobachtet, d. h. seine Bildungsgeschichte studirt; so nur bekommt er ihn als Ganzes — als Integral.

§. 84.

Wenn der Anfang des Gegenstandes zugänglich wäre, so müsste auch sein Unterschied erkannt werden. Weil das aber nicht ist, so bleibt derselbe problematisch. Es kann

daher hier nur von dem bemerkbaren Anfange die Rede sein. Er ist in der Wirklichkeit da, wo der wahrnehmbare relative Unterschied anhebt.

§. 85.

Der Anfangsgrund liegt für uns um so tiefer verborgen, je umfassender der Begriff ist, den wir suchen wollen, er liegt um so offener, oberflächlicher da, je specieller er ist. Daher sind auch solche, bloss die Kenntniss der Species betreffende Studien nur oberflächliche, die an und für sich auch nur einen niedern ästhetischen Werth haben.

§. 86.

Und so kommt es, dass gerade die Feststellung des relativen Unterschiedes zwischen Pflanze und Thier eine der schwierigsten Aufgaben der Naturwissenschaft ist. Wir lassen sie daher auch jetzt auf sich beruhen, weil wir noch öfters darauf zurückkommen müssen. Vor der Hand aber setze ich voraus, dass der Leser den Anblick von verschiedenen Pflanzen und verschiedenen Thieren gehabt habe und also wisse, was man im Allgemeinen darunter verstehe. Mehr bedarf es zunächst nicht, denn der möglichst deutliche und klare Begriff der Pflanze soll ja erst durch das ganze Buch dargestellt werden, wesshalb ich daher auf den Abschluss desselben vertrösten muss. Es genügt, dass der Verfasser sich seines Gegenstandes möglichst klar bewusst ist.

§. 87.

Der Gegenstand des botanischen Studiums ist die Pflanze in ihrem ganzen Umfange. Also nicht diese und jene, sondern alle möglichen Pflanzen, aus allen Zonen und Regionen unsers Erdballs, aus dem Wasser, der Erde und der Luft. Es leuchtet ein, dass die Erforschung aller eine Unmöglichkeit ist. Daher ist es nöthig beim Studium eine Auswahl zu treffen. Man geht dabei so zu Werke, dass man von den verschiedenen Formen-gruppen gewisse Repräsentanten derselben zur genauern Untersuchung und Beobachtung wählt. Da man aber hierbei, in Folge des jetzigen Standpunktes der Wissenschaft, auf gut Glück wählt, so kommt es, dass man nicht immer das Beste von vornherein trifft. Demnach muss auf diese Weise die Erkenntniss eine lückenhafte bleiben. Sie würde selbst bei dem gründlichsten Studium keine Einsicht von der Verknüpfung specieller Formen geben; desshalb ist es nothwendig, dass jeder Botaniker vom Fach auch auf diesem Felde sich Erfahrungen gesammelt habe. Diese können

aber nur dann von Belang sein, wenn sie sich weder auf einen zu engen Formenkreis noch auf eine Gegend beschränken, die keine oder nur unbedeutende klimatische Abwechselung darbietet. Namentlich aber darf weder das Studium der niedern, noch das der höhern Gewächsformen isolirt dastehen, sondern beide müssen miteinander verknüpft werden.

§. 88.

Dennoch können hierüber nur Winke, keine Vorschriften gegeben werden, weil das Studium der speciellen Botanik sehr von äussern Umständen abhängt, so dass jeder Botaniker von Profession neben seinen starken Seiten immer seine schwachen besitzt. Es hat eben Jeder von ihnen seine „Linde“ oder seinen „Apfelbaum“ vor der Thür¹¹⁾.

§. 89.

Um nun diesem Uebelstande einigermaßen abzuhelfen, werden Sammlungen von getrockneten (Herbarien) oder lebenden Pflanzen (botanische Gärten) angelegt. Wie sehr man auch den Werth der Sammlungen von den verschiedenen Seiten erkennt, so sind sie doch für den Botaniker unentbehrlich. Sie unterstützen das Studium auf eine sehr fruchtbare Weise und können durch kein anderes Mittel ersetzt werden. Den Totalanblick von wissenschaftlich geordneten Gruppen kann man nur durch Sammlungen gewinnen. Aber ich muss dabei aufmerksam machen, dass die meisten Anfänger, durch das niedere oder oberflächliche ästhetische Gefühl verführt, oft die natürliche Lage der Theile beim Trocknen verzerren und verbiegen, auch die Presse so gewaltig wirken lassen, dass man nach dem Trocknen die Pflanze nur selten noch zur Untersuchung gebrauchen kann.

§. 90.

Solche Theile, wie viele Früchte, welche durch die Presse verdorben werden, muss man freiliegend trocknen und in Gläsern, Kästchen oder Schachteln aufbewahren. Saftige und zarte Gegenstände, welche durchs Trocknen unkenntlich werden, bewahrt man am besten in schwachem Weingeist von 50 — 62% auf. Man kann solche selbst zu mikroskopischen Untersuchungen benutzen. Manche schleimige weiche Pflanzen, z. B. Algen und Pilze, kann man ausser in Weingeist auch auf Papier oder Glimmer (ungepresst) auf trocknen lassen¹²⁾.

§. 91.

Zarte fädige Formen, welche im Wasser gewachsen sind, breitet man in einer flachen Schüssel auf Papier unter Wasser aus, zieht dieselben mit dem Papier vorsichtig heraus, lässt sie von dem grössten Theile des Wassers abtrocknen, belegt sie mit einem mit Stearin getränkten feinen Papier (damit sie nicht auf der obern Seite ankleben), bringt sie dann zwischen Fliesspapier unter eine Presse und wechselt das letztere, bis sie trocken sind. Flechten und die dauerhaften Pilze werden am besten in Kästchen — wie die Mineralien — aufbewahrt. Ebenso Hölzer zu mikroskopischen u. a. Untersuchungen. Aber man darf nie vergessen, dass eine Sammlung nur zum Nothbehelf dient. Zur genauern Untersuchung muss durchaus die lebende Pflanze gewählt werden und da ist ein Garten, wenn auch noch so klein, von grossem Werth.

§. 92.

Viele Gegenstände kann man sich auch im Zimmer ziehen. Ich habe schon seit vielen Jahren neben verschiedenen Farnkräutern und Moosen in Töpfen unter Glasglocken auch Algen in Wassergläsern gezogen. Besonders eignen sich dazu grosse Medicingläser, in welche man die Algen mit gewöhnlichem Wasser aus dem Fluss oder dem Brunnen bringt. Diese Gläser werden durch einen Papierdeckel vor Staub geschützt, und sie gewähren vor andern Gläsern mit weiter Oeffnung den Vortheil, dass das Wasser nur sehr unbedeutend verdunstet. Ein solches Glas habe ich nun mit seinem Inhalt bereits seit 12 Jahren stehen, ohne eine andere Mühe davon gehabt zu haben als vielleicht ein- bis zweimal des Jahres das verdunstete Wasser durch frisches zu ersetzen.

§. 93.

Da ein Einziger nie das ganze Material, selbst wenn er darüber nach Willkür verfügen könnte, zu bearbeiten fähig ist, so muss er schon die Arbeiten Anderer benutzen. Aus den Erfahrungen sämtlicher urtheilsfähiger Forscher kann erst die Wissenschaft aufgebaut werden.

§. 94.

Als unfähige Forscher müssen diejenigen betrachtet werden:
1) Welche sich wegen allgemeiner Geistesschwäche nicht auf den Standpunkt der höhern Wissenschaft emporschwingen können. Solche finden meist nur Gefallen an der äussern

Form, den bunten Farben, begnügen sich mit dem Namen des Dinges, merken sich höchstens einige Synonyme dazu, streiten sich über Arten und Varietäten, jagen gern Seltenheiten nach, wissen von einzelnen Sachen artige Anekdoten zu erzählen, haben oft sehr schöne Sammlungen, machen bei ihren Bekanntmachungen gern lange historische Einleitungen, und sind nie zu belehren.

2) Welche nicht wahr und redlich sind. Als warnendes Beispiel für unsere Jugend führe ich den verunglückten *Corda* an, von dem selbst seine intimsten Freunde sagten, dass ihn seine reiche Phantasie von dem richtigen Wege abgebracht hätte; — mit einem Worte: er war unwahr. Er hat viele Arbeiten hinterlassen, von denen man keine ohne Misstrauen betrachten kann. Sie sind daher für die Wissenschaft verloren.

3) Welche keine gesunden Augen haben. Ein gesundes scharfes Auge ist erstes, nothwendigstes Bedürfniss für jeden Naturforscher. Wer aber daran Mangel leidet, möge sich hüten, mehr leisten zu wollen, als sein eigenes Bedürfniss verlangt. Es gibt Personen, welche die eine oder die andere Grundfarbe mit ihrem physischen Auge nicht erkennen. Wer daher kein Blau sieht, sieht auch kein Grün, kein Violet und keine von den Farbensnuancen, wo die genannten Farben vorkommen. Ist derselbe ehrlich genug und gesteht diesen Mangel, wie *F. A. Römer* in der Vorrede zu seinen „*Algen Deutschlands*“, ein, so kann man sich danach richten und vor den Urtheilen solcher Schriftsteller über Farben sich dadurch sicher stellen, dass man keinen Werth darauf legt¹³⁾; ist aber das nicht der Fall, so kann durch solche Personen viel Unwahres in die Wissenschaft kommen. In andern Fällen liegt der Mangel in natürlicher Schwäche oder Trägheit des Auges, wegen Mangel an Uebung. Letzteres ist namentlich bei mikroskopischen Untersuchungen der Fall. Staubtheilchen, Luftblasen und andere Zufälligkeiten werden von Ungeübten oft für interessante und wichtige Sachen genommen, während der Geübte gar nicht von ihnen incommodirt wird. Das Schlimmste aber ist, dass solche Personen über scharfe und gewissenhafte Beobachtungen Anderer gewöhnlich misstrauisch und absprechend urtheilen, die sie gar nicht zu machen im Stande sind, und dadurch den grossen Haufen an der Wahrheit irre machen. Mir ist es in meiner Correspondenz mit solchen „*Botanikern*“ oft vorgekommen, dass sie mich über meine publicirten Arbeiten durch ihre besondern Erfahrungen belehren wollten, während aus ihren Darlegungen hervorging, dass sie entweder den eigentlichen Gegenstand

ganz unrichtig verstanden, oder statt dessen einen ganz andern aufgefasst hatten.

4) Welchen die nöthige Geschicklichkeit mangelt zum Untersuchen, Präpariren und Experimentiren. Es kann Jemand mit dem besten Sehapparat eingerichtet sein und sieht doch Nichts genau und richtig. Das kommt daher, dass er den Gegenstand nicht zu behandeln versteht. Es gehört auch hierzu ein angebornes Talent. Eine unsichere, schwere, zitternde Hand kann nie etwas Ordentliches zu Tage fördern. Der Untersuchende muss volle Gewalt über seine leisesten Bewegungen haben. Es steht fest, dass die gründlichern Untersuchungen durchaus von der Untersuchungsmethode und von der Geschicklichkeit des Untersuchenden abhängen, nur durch diese bekommt er den Gegenstand in seine volle Gewalt.

5) Welchen die nöthige Geduld, Ruhe und Ausdauer fehlt. Die Natur lässt sich Nichts abzwängen. Nur wer sie verständig behandelt, dem zeigt sie sich und dem steht sie Rede. Ein Ungeduldiger, der Berge einreißen will, richtet gar Nichts aus. Der mag wegbleiben. An dieser Ungeduld ist schon Mancher verunglückt.

§. 95.

Man kann nie sagen, dass man diese oder jene Entdeckung machen wolle. Wer mit diesem Vorsatz an die Naturbetrachtung geht, sieht Alles, nur das Rechte nicht. Er wird von seiner Phantasie, nicht von der Wahrheit beherrscht. Geduld überwindet Alles, auch hier. Wie die Ungeduld die innere Ruhe stört und den Beobachter aus der nöthigen geistigen Fassung bringt, so stört sie auch die äussere Ruhe. Dem Ungeduldigen fehlt immer das ruhige Blut. Das ist aber durchaus nöthig zu einer sichern Hand bei der Untersuchung. Wallendes Blut macht die Hand zittern. Aber auch auf das Auge wirkt die Unruhe nachtheilig. Bei bewegter Stimmung ist kein ruhiger, fester, sicherer und scharfer Blick möglich. Feine zarte Objecte verschwimmen vor dem Auge, es fehlt die Klarheit, die Reinheit des Blickes.

§. 96.

Darum kann man auch auf Excursionen und Reisen, wo man in beständiger Bewegung ist, nie so ruhige und sichere Beobachtungen machen, als im Studirzimmer, und darum ist es eben auch hierbei von grossem Vortheil, dass man bei feinern Untersuchungen sich den zu beobachtenden Gegenstand in unmittelbare Nähe bringt.

§. 97.

Der Naturforscher darf durch Nichts weiter bewegt oder bestimmt werden als von seinem Gegenstande; alles Dazwischliegende, alles ihn davon Abziehende muss er entfernen. Dann kann er sich so ganz in denselben versenken, kann sich in ihn hineinfühlen, hineindenken, er kann ganz in ihm leben und aus ihm herausprechen. So wird er selbst mit dem Gegenstande Eins, so wird die Forschung ein unaussprechlicher Genuss, nur so gewährt sie eine hohe Befriedigung.

§. 98.

Wer aber mit vorgefassten, vielleicht unsaubern Absichten kommt, wem vielleicht immer nur seine Carrière, sein Ruhm, seine Eitelkeit vorschwebt, wer im Dienste eines Andern arbeitet und sich nach dessen Ideen richtet, der findet jene Befriedigung nicht; ihm fehlt der Genuss, den der Reichthum der Natur gewährt, er muss in sich selbst gerechtes Misstrauen setzen, er fühlt seine eigene Armuth und muss sich daher nach einer äussern Stütze für seine Darlegungen umsehen, damit sie geglaubt werden.

§. 99.

Darum wendet sich so Mancher mit seiner Arbeit an eine Akademie, um ihr Anerkennung zu verschaffen und sich ein *testimonium paupertatis* ausstellen zu lassen. Mit diesem tritt er nun auf den Schauplatz, denn er meint nun eine Stellung gewonnen zu haben. Aber bei den Akademien können nicht immer die stärksten Seiten vertreten sein, es wird mit der Zeit jede Kraft durch die Reibung geschwächt, und so kommt es bisweilen, dass Arbeiten Anerkennung finden, die sie nicht verdienen, und andere in ihrem Werthe nicht erkannt und deshalb ungerecht herabgesetzt werden. In solche Verlegenheiten kommt der wahre Forscher nicht; ihm ist nicht das Urtheil der Menge, sondern die Wahrheit massgebend. Darum findet sich auch nur bei ihm die Ausdauer im Forschen, während der von Aeusserlichkeiten Abhängende seine Untersuchungen quittirt, wenn er seine Carrière gemacht hat. Es ist aber ein bewährter Grundsatz: Eine gute Arbeit führt sich selbst ein und findet bei Verständigen immer Anerkennung.

§. 100.

Nach diesen Erörterungen über die Anforderungen, welche

die Wissenschaft an die Person des Forschers macht, gehen wir zu der Betrachtung der Mittel und Apparate und ihres Gebrauchs über, welche der Botaniker zur Untersuchung der Pflanzen nöthig hat. Sie zerfallen zunächst in dreierlei, nämlich 1) in optische, welche sein Auge unterstützen; 2) in mechanische, welche zur Analyse der Pflanzenorgane; 3) chemische, welche zur Erkennung der Pflanzenstoffe dienen.

Optische Hilfsmittel.

§. 101.

Wir haben oben gesehen, dass die Pflanze nur genau aus ihrer Bildungsgeschichte erforscht werden kann. Wir haben also den Anfang ihrer Bildung zu beachten und denselben zu verfolgen, bis wir am Lebensende derselben angekommen sind. Aber der wirkliche Anfang ist für uns mit einem undurchdringlichen Schleier bedeckt, wir können es daher nur mit einem für uns bemerkbaren Anfange zu thun haben, und nur von diesem kann hier die Rede sein. Das blosse Auge ist mit seinem Erforschen des Anfangs bald am Ende und wir würden ohne eine kräftige Unterstützung desselben vielleicht noch in derselben Unwissenheit über die Bildung der Pflanze aus ihren Elementarorganen schweben, als unsere Väter vor mehrern hundert Jahren. Diese kräftige Unterstützung hat das Mikroskop gewährt, und man kann dasselbe als ein zweites, für die unsichtbaren Erscheinungen der Natur geschaffenes Organ ansehen, das der Beobachter nach Belieben anlegen oder ablegen kann.

§. 102.

Es liegt in dem Wesen der Natur, dass sie sich vervollkommnet. So weit es nöthig war, hat die Natur selbst unmittelbar für den Menschen gesorgt. Als sie ihn aber als selbständiges Wesen aus sich hatte hervorgehen lassen, überliess sie die Vervollkommnung seiner Mängel ihm selbst. Und er hat diese Aufgabe in den Naturwissenschaften so vortrefflich auszuführen begonnen, dass er jetzt weit über den ursprünglichen Menschen hinaus ist. Die Naturwissenschaft ist die Fortsetzung seiner organischen Entwicklung. Viele Mittel, die er für sich in Bewegung setzt, sind, obschon natürliche, doch ursprünglich übermenschliche. Ein solches ist auch das Mikroskop.

§. 403.

Es ist die Aufgabe der Physik, die Gesetze, nach denen dasselbe construirt wird, darzulegen. Ich muss diese Kenntniss hier voraussetzen, oder auf ein physikalisches Lehrbuch verweisen. Aber über die Auswahl eines solchen Apparates und seinen Gebrauch bei Pflanzenuntersuchungen will ich hier sprechen, weil ohne diese Kenntniss grosse Täuschungen vorkommen können. Die Täuschungen sind hier um so leichter möglich, als wir das mikroskopische Auge nicht so, wie das blosse, durch die andern Sinne, z. B. den Tastsinn, controliren können. Wie durch ein fehlerhaftes Auge subjective, also äusserlich gar nicht vorhandene, Erscheinungen vorgeführt werden können, so durch das Mikroskop mikroskopisch-subjective. Das muss der Beobachter wissen, und darum hat er sich vor allen Dingen mit dem besten — wenn auch nicht immer mit dem theuersten — Instrumente zu versehen.

§. 404.

Der Botaniker ist dabei durchaus von dem Künstler abhängig. In Deutschland haben bisher die Instrumente aus den Werkstätten von *Schick* in Berlin und *Plössl* in Wien den Vorzug behauptet und ich kann diesen Vorzug aus eigener Anschauung bestätigen; ausserdem sind aber auch die Instrumente von *Nobert* in Greifswalde sehr empfohlen worden, die ich aber nicht kenne. In Frankreich sind die besten Mikroskope durch *Chevalier* und *Oberhaeuser* in Paris geliefert worden. Die Vortrefflichkeit der Oberhaeuser'schen Instrumente kann ich ebenfalls aus eigener Kenntniss bestätigen. Unter den italienischen Instrumenten sind die *Amici'schen* ausgezeichnet. Es hält schwer zu sagen, wessen Instrumente die besten sind, zu einer Zeit sind es diese, zur andern wieder jene, weil gewöhnlich jeder der Künstler sich die Verbesserungen des andern aneignet und die eignen damit in Verbindung bringt¹⁴). Muss man mit einem Instrumente aus einer andern Werkstatt sich begnügen, so hat man vor allen Dingen auf achromatische Gläser zu sehen.

§. 405.

Das **einfache Mikroskop** (Loupe u. s. w.) dient zur Untersuchung mässig kleiner Gegenstände, die man entweder bei durchgehendem oder zurückgeworfenem Lichte betrachtet. Im ersten Falle ist es am zweckmässigsten, wenn das Object zwischen zwei Glasplatten von einer Flüssigkeit umgeben ist. Im zweiten Falle

muss es eine möglichst trockne Oberfläche haben, damit durch die obenauf haftende Flüssigkeit keine Spiegelung hervorgerufen werde, die die genaue Betrachtung des Objects hindert. Man hat auch Linsen, bei denen die sphärische Abweichung beseitigt ist — applanatische Linsen — die allen übrigen vorzuziehen sind. Wo man starke Vergrösserungen braucht, bedient man sich des

§. 406.

Zusammengesetzten Mikroskops. Man hat hierbei die Auswahl zwischen kleinen, mittlern und grossen, wohlfeilern und theuren, mit einfacher und complicirter Zurichtung. Auf Reisen ist ein kleines sehr bequem, in der Studirstube ist dagegen ein grosses zu empfehlen, ein mittleres wählt man, wenn man sich nicht zwei Instrumente anschaffen will. Es ist auch ausreichend zu allen Untersuchungen. Die Zurüstung muss einfach sein, alle Spielerei und unnützer Plunder, der oft das Instrument vertheuert, muss wegfallen. Sonnenmikroskope und Hydrooxygengas-Mikroskope sind für das gaffende Publikum, das sich am Bunten und am Schattenspiel einmal ergötzen will, aber nicht zu wissenschaftlichen Untersuchungen zu gebrauchen, weil den Vergrösserungen die nöthige Deutlichkeit und Schärfe mangelt.

§. 407.

Die Güte eines Mikroskops hängt nicht davon ab, wie stark es vergrössert, wie viel Objectivlinsen und wie viel Oculare es hat, ob der Tisch gross oder klein, beweglich oder fest, ob das Aeussere elegant u. s. w. ist, sondern, dass es ein möglichst klares, deutliches, scharfes und ungefärbtes Bild gebe. Das Gesichtsbild soll nicht bloss in der Mitte, sondern auch bis an die Peripherie rein und farblos sein. Doch leisten das auch die besten Instrumente nicht vollkommen; ein schwachblauer Umkreis zeigt sich bei allen. Bei den gewöhnlichen Mikroskopen mit chromatischen Linsen schillert jedoch das Object mit allerhand prismatischen Farben, was für den Dilettanten zwar sehr ergötzlich, für den Forscher aber sehr lästig und widerwärtig ist. Ein solid gearbeiteter Fuss ist nöthig, damit es nicht so leicht umgeworfen werden könne. Vereinigt es gewisse Bequemlichkeiten, so sind diese als dankbar mitzunehmen; sie dürfen aber nie bei der Wahl den Ausschlag geben, weil man sich an jedes Instrument bei öfterm Gebrauch gewöhnt und gewisse Unbequemlichkeiten dann nicht mehr fühlbar sind.

§. 408.

Bei den meisten Untersuchungen ist eine 100malige Vergrößerung ausreichend, bei den kleinsten genügt eine 300—400malige. Jede Vergrößerung wird nur auf Kosten der Deutlichkeit und Schärfe gewonnen. Bei 600—1000maliger Vergrößerung sieht man nicht mehr als bei den vorigen. Diese starken Vergrößerungen sind auch unbequem, weil das Object weniger deutlich, bei der geringsten Erschütterung leicht zu verschieben und das Gesichtsfeld sehr beschränkt ist. Ich habe sie nur angewandt, um sehr kleine Objecte danach zu zeichnen oder zu messen. Diejenigen Instrumente, denen ein applanatisches Ocular beigegeben ist, sind besonders zu empfehlen, sie werden aber dadurch freilich auch sehr vertheuert. Uebrigens wird bei guten Instrumenten die sphärische Abweichung dadurch ziemlich aufgehoben, dass man 2—3 Objective mit einander verbindet und die Convexseite der Ocularlinse nach unten bringt, die Planseite (oben) aber mit einer breiten Fassung, etwa bis zur Hälfte, deckt.

§. 409.

Zur Prüfung seiner Güte benutzt man die Schuppen der Flügel von *Hipparchia Ianira*, deren Rippen sich in deutliche Querstreifen auflösen müssen. Ausserdem schlage ich noch die Parenchymzellen der Kartoffeln vor, bei welchen man mit einem guten Mikroskop die spiralig-faserige Structur und die Löcher dazwischen sehen kann, ohne Anwendung von Jodinctur u. s. w.

§. 410.

In der Regel besieht man mit dem Mikroskop nur durchsichtige Objecte und zwar werden diese gewöhnlich mit Wasser, bisweilen auch mit Zuckerlösung, Gummilösung, Weingeist, Aether, Oelen u. s. w. umgeben. Manche fossile Gegenstände, wie Bacillarien u. s. w., werden auch mit venetianischem Terpentin, canadischem Balsam oder Copaivabalsam eingeschmolzen.

§. 411.

Mikroskopische Präparate bewahrt man entweder trocken, zwischen zwei Glas- oder Glimmerblättchen, oder zwischen einer nicht austrocknenden Flüssigkeit auf. Man vereinigt die Gläser oder Blättchen durch Zusammenkleben mittelst einer Harzauflösung in Alkohol oder Terpentinöl. Zur Flüssigkeit, in welcher man das Präparat eintaucht, eignet sich vor allen der Oelzucker

oder Glycerin, weil derselbe nicht in Gährung übergeht wie eine andere Zuckerlösung, ferner nicht trocknet und nicht nachtheilig auf das Präparat wirkt. Man hat auch Chlorecalciumauflösung empfohlen, die ich jedoch nicht so zweckmässig finde, obschon sie der Billigkeit wegen sich empfiehlt. Zu Deckgläsern muss man sich entweder eines sehr dünnen Glas- oder Glimmerblättchens bedienen. Wendet man bloss Glimmer an, so braucht man denselben nur an einer Seite aufzuspalten und das Präparat in die Spalte zu legen. Die trocknen Präparate werden jedesmal mit Wasser benetzt, bevor sie unter dem Mikroskop besichtigt werden. Auch Collodium habe ich zum Bedecken der Präparate zweckmässig gefunden. Man giesst nämlich die flüssige Collodiummasse auf eine Glasfläche und lässt sie trocknen, worauf man sie als ein zartes, klares, äusserst durchsichtiges Häutchen abziehen kann. Diese kann man auch durch flüssige Collodiummasse leicht verbinden.

§. 112.

Hat man es beim Mikroskop mit einem opaken Körper zu thun, so muss auch hier zunächst dafür gesorgt werden, dass seine Oberfläche trocken ist. Die Beleuchtung geschieht aber von oben durch eine Linse oder ein Prisma.

§. 113.

Die Beleuchtung geschieht bei durchsichtigen Körpern und bei durchgehendem Lichte von unten mittelst eines Plan- oder Convexspiegels; gewöhnlich sind beide vorhanden. Zu genauen Untersuchungen benutzt man das Tageslicht, welches weder zu blendend, noch zu matt sein darf. Unter dem Objectivtisch befindet sich gewöhnlich eine bewegliche Scheibe mit Oeffnungen in verschiedener Grösse, wodurch man das Licht vermehren oder vermindern, auch in verschiedenen schiefen Winkeln auf das Object fallen lassen kann; dasselbe erreicht man oft schon durch die verschiedene Stellung des Spiegels. Man kann aber auch das Lampenlicht zu Untersuchungen gebrauchen, wenn dabei die genaue Bestimmung der Farben nicht erfordert wird. Doch ist das Tageslicht immer vorzuziehen.

§. 114.

Die verschiedenen Vergrösserungen eines Mikroskops sind mit den entsprechenden Combinationen der Linsen bei jedem Instrumente angegeben. Sie sind gewöhnlich nach der Linie be-

rechnet, und diese Angaben sind auch bei wissenschaftlichen Darstellungen nur üblich. Charlatane und Taschenspieler geben jedoch die wahre Vergrößerung ihrer Instrumente in der dritten Potenz an, wodurch ungeheure Zahlen entstehen, die das unwissende Publicum täuschen.

§. 445.

Von besonderer Wichtigkeit ist nun die Bestimmung der Grösse des Objects. Es muss dabei eine Messung vorgenommen werden, die auf verschiedene Weise stattfinden kann. Die einfachste Art besteht darin, dass man den scheinbaren Durchmesser des vergrößerten Gegenstandes taxirt, indem man mit dem linken Auge in das Instrument und mit dem rechten Auge auf ein Täfelchen blickt, auf welchem ein Maassstab verzeichnet ist und so die entsprechenden, wo möglich genau sich deckenden Grössen mit einander vergleicht. Diese gefundene Grösse (z. B. $\frac{1}{4}''$) dividirt mit der Vergrößerung (100mal) gibt die wahre Grösse des Objects ($\frac{1}{400}''$) an. Bei einer 400maligen Vergrößerung muss daher dasselbe Object einen scheinbaren Durchmesser von $1''$ haben.

§. 446.

Besser und genauer sind jedoch die Messungen mittelst eines Glasmikrometers, welcher den kleinern Instrumenten oft beigegeben wird und den man auch von jedem tüchtigen Mechanikus bekommen kann. Auf einer Glasplatte ist eine genaue Theilung einer Linie oder eines Millimeters mit dem Diamant eingeschnitten. Auf diese Theilung wird der zu messende Gegenstand ins Wasser gelegt und seine Grösse mit dem Maassstab, den die Theilungsstriche angeben, verglichen. Aber man kann diesen Mikrometer nur etwa bis zu 100- höchstens bis zu 200maliger Vergrößerung gebrauchen, weil man bei einer stärkern Vergrößerung das Object und die Theilungsstriche nicht zugleich im Focus haben kann, wodurch die Messung sehr kleiner Objecte sehr erschwert und unsicher wird. Man kann sich aber einigermaassen dadurch helfen, dass man sich die scheinbare Entfernung der Linien des Mikrometers, zu jeder Vergrößerung des Mikroskops, möglichst genau — etwa mittelst der Camera lucida — auf ein Täfelchen verzeichnet und danach den Maassstab selbst noch beliebig theilt, wodurch man auch für die kleinsten Gegenstände ein möglichst directes Maass bekommt, wenn man sie damit vergleicht. Es ist diese Methode zu messen sehr bequem und am wenigsten Zeit raubend.

§. 417.

Genauer sind aber wohl die Messungen mittelst des von dem berühmten *Fraunhofer* erfundenen Schraubenmikrometers, welcher meist den grössern Mikroskopen beigegeben wird. Man kann mittelst desselben den Durchmesser eines Objects bis auf $\frac{1}{100000}$ Zoll finden. Das Messen geschieht auf folgende Art:

Wenn man von dem Ocular des Mikroskops die obere Linse abnimmt und in seine Röhre hineinsieht, so erblickt man in derselben eine in der Mitte geöffnete und geschwärzte Messingscheibe, welche das Diaphragma genannt wird. In diesem Diaphragma ist ein feiner Spinnwebfaden, wie eine durch den Mittelpunkt des Kreises gezogene Sehne angebracht, oft wird derselbe noch von einem zweiten Faden in normaler Richtung durchschnitten. Dadurch entsteht das „Mikrometerkreuz“, welches man sieht, wenn man mit aufgesetztem Ocular durch das Mikroskop blickt. Der Schraubenmikrometer ist an dem Objectivtisch angebracht. Eine Messingplatte, der „Schlitten“, steht mit der Mikrometerschraube, die gewöhnlich auf einen Zoll 100 Umgänge hat, in Verbindung. Dadurch wird nun der Schlitten bei einer Umdrehung um $\frac{1}{100}$ “ fortbewegt, bei einer Viertelumdrehung $\frac{1}{400}$ “ u. s. w. Um nun den Grad der Umdrehung genau bestimmen und messen zu können, ist an dem einen Ende der Schraube eine in 100 Grade getheilte Scheibe angebracht neben einem feststehenden Zeiger, an welchem man die Grade ablesen kann; zur Bestimmung kleinerer Theile als eines Grades dient aber ein Nonius, mit dessen Hilfe man noch $\frac{1}{10}$ Grad, also im Ganzen $\frac{1}{100000}$ Zoll bestimmen kann. Beim Messen wird nun zunächst ein Faden des Mikrometerkreuzes durch Drehung des Oculars so gestellt, dass er normal auf der Axe der Mikrometerschraube steht. Der zu messende Gegenstand wird nun in eine solche Lage auf den Mikrometerschlitten gebracht, dass er mit dem einen Ende den Faden im Diaphragma genau berührt. Jetzt merkt man sich den Stand der graduirten Scheibe, und bewegt die Schraube behutsam so weit und in der angemessenen Richtung, bis der Gegenstand mit dem entgegengesetzten Ende den Faden berührt. Die gemessene Grösse wird nun an der Scheibe abgelesen. Es gehört aber grosse Uebung dazu, das Object in die ordentliche Lage zu bringen. Auch hat man sich zu hüten, dass man nicht beständig mit denselben Schraubengängen misst, weil sie mit der Zeit abgenutzt und dann ungenau werden. Man wechselt daher die Schraubengänge. Auch ist zu beachten, dass die Entfernungen

der Schraubengänge keine absolute Genauigkeit haben können, also Differenzen vorkommen müssen, je nachdem man mit diesem oder jenem Umgange die Messung vorgenommen. Darum ist es, wenn es auf sehr grosse Genauigkeit ankommt, nothwendig, das Object mit verschiedenen Stellen der Schraube zu messen und dann das Mittel aus den Resultaten zu nehmen. Aber selbst bei dem genauesten Messapparat ist es nicht immer möglich eine scharfe Messung zu gewinnen. Sie ist sogar bei Objecten, welche kleiner als $\frac{1}{800}'''$ sind, absolut unmöglich, so dass ein Gegenstand, dessen Grösse zu $\frac{1}{1000}'''$ angegeben wird, in der Wirklichkeit auch $\frac{1}{800}'''$ — $\frac{1}{1200}'''$ gross sein kann. Die Schwierigkeit liegt zum Theil mit darin, dass die Objecte oft selbst keine scharfen Umrisse haben und die Bestimmung derselben zum Theil der Willkür des Beobachters anheim fallen. Die Regulirung des Lichts mit Hilfe des Spiegels oder der durchlöcherten Scheibe ist dabei durchaus nöthig, weil ohne dieselbe Täuschungen unvermeidlich sind.

Mechanische Mittel.

§. 448.

Die mechanischen Hilfsmittel zur Herstellung guter mikroskopischer Präparate sind, neben einer ruhigen und sichern Hand, gute scharfe Messer, feine gefasste Stahlnadeln, feine Spatel von Horn, Elfenbein oder Metall und verschiedene Glasplatten.

§. 449.

Die Messer. Man kann sich eben so gut feiner Federmesser, als auch besonderer anatomischer und chirurgischer Messer und der Barbiermesser bedienen. Ich ziehe die letztern vor, weil sie nicht so leicht sind und desshalb sicherer und fester gehandhabt werden können. Die Schnitte, die man auszuführen hat, müssen der Grösse des zu betrachtenden mikroskopischen Gegenstandes angemessen sein. Es kommt daher vor, dass man sehr dünne und zarte Abschnitte, von $\frac{1}{200}'''$ — $\frac{1}{300}'''$ Dicke, und noch dünnere ausführen muss. Es leuchtet ein, dass dabei die Messer sehr scharf sein müssen. Die feinsten Schnitte erhält man, wenn man das Messer auf der, vorher durch einen frisch gemachten Schnitt geebneten, Fläche so allmählich wie möglich ausgehen lässt. An dieser Ausgangsstelle sind die durchschnittenen Membranen und Theilchen am deutlichsten zu erkennen.

§. 120.

Ist das Object, von welchem ein Schnitt genommen werden soll, gross und fest genug, dass man es bequem mit den Fingern halten kann, so kann man die gewünschten Schnitte mit Leichtigkeit ausführen; aber sehr kleine, nicht fassbare, zarte, weiche Gegenstände machen grosse Schwierigkeiten, namentlich wenn ihre Zartheit so gross ist, dass sie auch dem schärfsten Messer nicht den nöthigen Widerstand zum Durchschneiden gewähren. Man muss sich dann, je nachdem der Gegenstand ist, auf verschiedene Weise zu helfen suchen. Ist z. B. die Substanz zu weich (gallertartig), dass sie eben so wenig sicher gefasst noch durchschnitten werden kann, so kann man sie entweder zwischen zwei Plättchen durch Druck flach ausbreiten, oder man legt sie auf kurze Zeit in Weingeist, welcher ihr einen Theil des Wassers entzieht und sie dadurch so verdichtet und verhärtet, dass man sie sicher mit den Fingern fassen und mit dem Messer in beliebigen Richtungen in Plättchen zerschneiden kann. Diese Abschnitte werden dann auf dem Objectträger in etwas Wasser gethan, worauf sie sehr schnell und meist vollständig wieder in ihren Normalzustand zurückgehen. Auch kann man solche im Leben gallertartigen Gegenstände trocken werden lassen, von den getrockneten feine Abschnitte machen und diese in Wasser legen, worauf ebenfalls sehr häufig ein vollständiges Wiederaufquellen stattfindet. Dieses Verfahren ist namentlich bei den Flechten durchgängig, bei den Algen, saftigen Früchten u. s. w. meist anwendbar.

§. 121.

Will man feine Querabschnitte von dünnen aber langen Fasern haben, so bindet man eine Anzahl derselben fest in Bündel zusammen, dass sie gefasst werden können, und durchschneidet sie wie jeden andern grössern Gegenstand. Sehr dünnhäutige Objecte legt man in grösserer Anzahl übereinander und hält sie auf einer Unterlage von reinem Kork mit dem Finger fest. Sind jedoch die genannten Gegenstände nicht in solcher Menge vorhanden, als zur Bildung eines grössern Bündels oder Lagers erforderlich ist, so fasst man sie zwischen zwei Korkplatten und schneidet sie mit diesen durch, bringt auch die sämtlichen Abschnitte unter das Mikroskop, wo sich ergeben wird, welche dem Kork und welche dem andern Gegenstande angehören. Als Unterlage zum Durchschneiden feinerer Objecte kann man auch die kork-

artige Substanz mancher Polyporus-Arten nehmen. Sie stumpfen das Messer noch weniger ab als der Kork.

§. 122.

Sind aber die Objecte so klein, dass man sie auch nicht zwischen den Korkplättchen fassen kann, so muss man das Durchschneiden derselben entweder aufgeben, oder man muss sie zwischen zwei Glasplatten zerdrücken. Kann man sie jedoch in grösserer Menge erhalten, so mengt man sie in steifen Gummischleim, lässt sie mit diesem in Weingeist etwas erhärten und schneidet dann die feinsten Plättchen ab. Werden diese in den Wassertropfen des Objectivträgers gelegt, so löst sich das Gummi auf und der andere Gegenstand bleibt allein zurück.

§. 123.

Will man sehr schöne reine Präparate darstellen, welche namentlich bei Demonstrationen für Schüler, denen das Sehen durch das Mikroskop mancherlei Schwierigkeiten macht, von Wichtigkeit sind, so bedient man sich eines sogenannten Mikrotoms. Die besten werden von *Oschatz* in Berlin verfertigt. Es besteht aus verschiedenen Theilen, wovon der eine dazu dient das Object zu halten und dasselbe mittelst einer Mikrometerschraube gegen das Messer vorzuschieben. Dieses Messer wird von einer in der Mitte geöffneten Metallscheibe geführt, durch deren Oeffnung das Object vorgeschoben wird. Der Vortheil dieses Instruments besteht darin, dass man gleichförmige Abschnitte erhalten kann, welche namentlich bei Sammlungen zweckmässig sind. Später hat *Oschatz* die obengenannte Metallscheibe durch eine geschliffene Glasplatte ersetzt und noch mehrere andere Verbesserungen angebracht. Die Präparate, welche mit diesem Mikrotom erzielt werden, sind sehr schön. Dennoch halte ich diesen Apparat für entbehrlich ¹⁵⁾.

§. 124.

Da der Phytotom sich seine Messer auch selbst schärfen muss, so halte ich die Bemerkung nicht für überflüssig, dass *Oschatz* sich, statt der ebenen Schleifsteine, matt geschliffener Glasplatten von verschiedener Feinheit bedient, auf den gröbern Schmirgel, auf den feinern aber Zinnasche in Oel als Schleifmittel gleichmässig vertheilt.

§. 125.

Die **Stahlnadeln** benutzt man zum Zertheilen und Zerreißen des Zellengewebes auf Glasplatten unter Wasser.

§. 126.

Der **kleinen Spatel** bedient man sich, um eine Zellenmasse u. s. w. zu zerdrücken, besonders wenn einzelne Zellen isolirt werden sollen. Dass man das letztere, übrigens auch mit einer Messerklinge bewerkstelligen kann, leuchtet von selbst ein.

§. 127.

Das Zerreißen und Zerdrücken muss oft an so kleinen Gegenständen vorgenommen werden, welche man kaum mit bloßem Auge wahrnimmt. In diesem Falle präparirt man auch den Gegenstand unter dem Mikroskop mit einer schwachen Vergrößerung. Hierzu aber gehört viel Uebung, theils wegen der Kleinheit des Gegenstandes, theils aber auch weil das Mikroskop denselben in verkehrter Lage zeigt. Die letzte Schwierigkeit kann man aber auch dadurch umgehen, dass man sich eines einfachen Mikroskops bedient. Bei sehr kleinen Sachen gelingt mir die Trennung der Theilchen meist, wenn ich sie mit Glimmer bedecke und von oben auf die bestimmte Stelle mit einem Hölzchen oder Hornstiel drücke.

Chemische Mittel.

§. 128.

Die Anwendung chemischer Hilfsmittel bei der mikroskopischen Untersuchung der Pflanzen steigert sich von Tage zu Tage. Der Botaniker muss diese Mittel kennen und ihre Benutzung verstehen, weil er sonst rathlos bei vielen seiner Untersuchungen dastehen würde, indem viele Chemiker, *Liebig* an der Spitze, nicht fähig sind, einen Gegenstand unter dem Mikroskope zu beurtheilen. Die wenigen Chemiker, welche davon eine rühmliche Ausnahme machen, werden wir in der Folge näher kennen lernen. Die chemischen Mittel dienen theils dazu, die verschiedenen Stoffe von einander zu trennen, theils die einzelnen durch gewisse Reactionen deutlicher erkennbar zu machen, als es ohne dieselben möglich wäre. Da jedenfalls in der Folge noch mehr Stoffe als bisher unterschieden werden müssen, und von ihrer chemischen Verschiedenheit höchst wahrscheinlich gewisse Formen-

reihen und Formverhältnisse abhängig sind, so werden die mikroskopischen Reagentien für die Folge immer wichtiger werden. Ich nenne unter den nöthigsten chemischen Mitteln folgende:

§. 429.

Aether. Man wendet ihn an bei der Prüfung des Milchsaftes auf Kautschuk oder ähnliche Stoffe, ebenso zur Auflösung von Wachs (welches die Oberfläche der Pflanzen überzieht) und Harzen.

§. 430.

Alkohol in verschiedener Stärke. Der schwächere Weingeist dient zur Aufbewahrung mancher Pflanzen oder Pflanzentheile. Weil derselbe verschiedene Farbstoffe auflöst, so kommt es, dass sich solche Stoffe unter dem Mikroskope oft besser untersuchen lassen, als im lebenden frischen Zustande, auch werden die leeren Zellen und Höhlen, in welchen sich bei der lebenden Pflanze Luft befindet, von derselben befreit, wodurch die Betrachtung des eigentlichen Gewebes weniger gestört wird. Der stärkere Weingeist (60—84 procentiger) wird zur Auflösung des Harzes mancher Pflanzen (z. B. der Coniferen) benutzt, weil man ohne die Entfernung desselben die Structur unter Wasser nicht überall genau erkennen kann. Es gehört aber bisweilen ein mehrtägiges Ausziehen dazu. Ferner wird der Alkohol benutzt, um das Proteingewebe in den Zellen sowol, als manches Schleimgewebe durch Contraction sichtbar zu machen, welche sich ohne dieses Mittel der Betrachtung entziehen.

§. 431.

Aetherische Oele (rectificirtes Terpentinöl) dienen ebenfalls zur Auflösung der Harze; sie können aber füglich entbehrt werden, weil sie der Alkohol und Aether vollkommen ersetzen, und ausserdem doch noch durch einen dieser beiden Stoffe wieder ausgewaschen werden müssen. Nur wo man mittelst ihrer Durchdringung ein Präparat durchsichtig machen will, können sie durch jene Flüssigkeiten nicht ersetzt werden. Die Durchsichtigkeit opaker Gegenstände wird aber auch noch hervorgerufen durch

§. 432.

Fette Oele und **Balsame** (Mandelöl, weisses Olivenöl, Beenöl, Copaivabalsam, canadischer Balsam, venetianischer Terpentin); namentlich wendet man letztere an, um fossile Gegenstände damit zu tränken, was am besten geschieht, wenn man den Balsam

oder das Oel vorher in einem Probirgläschen über der Weingeistlampe erhitzt und die heisse Flüssigkeit auf die zu präparierende Probe tröpfelt.

§. 133.

Glycerin, Zuckerlösung, Gummilösung und Eiweiss werden statt des Wassers benutzt, um manche Präparate zu umschliessen, wenn nämlich durch das letztere in Folge der Endosmose Veränderungen in den Zellen hervorgerufen werden.

§. 134.

Seewasser oder Salzwasser wird aus demselben Grunde bei der Untersuchung lebender Seealgen (z. B. der *Rytiphlaea tinctoria*) angewandt.

§. 135.

Verdünnte Jodinauflösung in Weingeist (Jodintinctur) dient zur Erkennung des Stärkemehls, Inulins, der Cellulose u. s. w.; auch werden manche schleimige oder proteinhaltige Molekularformen durch dieselbe sichtbar gemacht. Die Reaction derselben wird jedoch durch Uebergiessen mit Alkohol oder Aether sofort wieder entfernt. Wird dieselbe in nicht sehr verdünntem Zustande zu einer im Wasser liegenden Probe gegossen, so scheidet sich das Jodin in zahlreichen pyramidalen opaken Kreuzkrystallen aus, welche oft die genaue Betrachtung des Objects verhindern. Desshalb muss man entweder eine wässerige Auflösung des Jodins anwenden, welche jedoch immer nur schwach ausfällt und auch nur schwach reagirt, oder man muss das Object vorher mit etwas schwachem Weingeist tränken. In Weingeist aufbewahrte Gegenstände zeigen jenes Ausscheiden des Jodins nicht, selbst wenn man sie mit ein wenig Wasser angefeuchtet hat. So wie man das Jodin mit Weingeist und Aether wieder aus dem Object entfernen kann, so verflüchtigt es sich auch schon von selbst, wenn man dasselbe nur mit Wasser befeuchtet liegen lässt, noch schneller aber, wenn man die Probe etwas erwärmt oder mit Alkohol auswäscht.

§. 136.

Concentrirte Schwefelsäure. Man wendet sie an, theils um die organische Substanz in eine andere umzuwandeln, theils ganz zu zerstören. Im erstern Falle kann man sie auch wie *Hartig* (Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Pflanzen S. 4) vorschlägt, mit etwas Wasser (5 Gewichtsth. SO_3 , 2 Gwth. Wasser) verdünnen. Ich habe aber vorgezogen, sie immer concentrirt

anzuwenden, weil die Reaction viel schneller geschieht und man dabei auch das Verdünnen nach der erfolgten Wirkung ganz in seiner Gewalt hat. Ich verfahre dabei wie folgt: Die feuchte Probe wird mit Jodintinctur getränkt, dann die Schwefelsäure mit dem Glasstöpsel oder einem Glasstäbchen drauf gebracht, in gewissen Fällen auch darauf geträpelt. Bei jungem Zellengewebe erfolgt sogleich eine sehr bedeutende Anschwellung der Zellwände und die Cellulosesubstanz färbt sich blau. Ist dieser Zeitpunkt eingetreten, so muss die Probe sofort mittelst eines in Wasser getauchten Glasstäbchens mit Wasser benetzt und ausgewaschen werden, indem man den Objecthalter schief hält und das immer neu hinzufügende Wasser ablaufen lässt. Jetzt betrachtet man die Zellen unter dem Mikroskop, deren Zusammenhang so sehr gelockert ist, dass man sie mittelst eines der oben genannten kleinen Spatel durch Druck separiren, oder auch mittelst der Nadeln leicht trennen kann, um jede allein zu haben. Man kann auch die Schwefelsäure verdünnt einwirken lassen, wenn man die Probe vorher mit Wasser benetzt. Will man die Zellen bloss aufquellen lassen, so lässt man die Behandlung der Probe mittelst Jodinauflösung weg und feuchtet sie vorher mit Wasser an. Bei ältern Zellen (Holzzellen) muss man die Schwefelsäure etwas länger einwirken lassen, auch wol erneuern, ehe die gewünschte Wirkung erfolgt. Hartig lässt die mit Jodinauflösung getränkten Objecte erst wieder austrocknen und behandelt sie dann mit Schwefelsäure, was aber unnöthige Weitläufigkeit ist. Lässt man die Schwefelsäure auch dann noch einwirken, wenn die blaue Färbung der Zellen erfolgt ist, so verschwindet die Farbe wieder, das organische Gewebe verliert seinen Halt und zerfließt. Die Cellulose ist dann in Gummi und Zucker verwandelt, die sich in dem umgebenden Wasser auflösen. So kann man die meisten Elementarorgane zerstören und auflösen. Sind dieselben, wie z. B. beim Schachtelhalm und den Gräsern, mit Kieselsäure überzogen, so bleibt die letztere in Form der Zellen als Zellenpanzer zurück.

§. 437.

Chlorwasserstoffsäure (Salzsäure). Auch diese wird am besten im concentrirten Zustande angewandt, weil man nur so jeden Verdünnungsgrad, welcher bei der Untersuchung nöthig ist, in seiner Gewalt hat. Man gebraucht sie meist um den kohlensauren Kalk aufzulösen, welcher sich in Körnern, Krystallgruppen oder auch als Incrustation auf und zwischen den Zellen findet.

Er hat sich gewöhnlich aus dem Wasser abgesetzt und liegt als rauhe Rinde oben auf. Um sie zu entfernen, macht man in einem Uhrschildchen oder andern passenden Gefäss etwas Wasser mittelst einiger Tropfen concentrirter Salzsäure sauer und legt das Object hinein. Die aufsteigenden Luftblasen zeigen das Entweichen der Kohlensäure an und die Kalkrinde ist bald verschwunden.

Ausserdem kann man die Salzsäure noch zur Entdeckung der Gelacinsubstanz u. s. w. anwenden, welche darin sehr aufquillt und eine schön grüne Farbe annimmt, wodurch sie sich von andern organischen Stoffen unterscheidet. Endlich kann man diese Säure noch zum Anschwellen anderer Zellenhäute und zur Trennung des Zellengewebes benutzen.

§. 138.

Salpetersäure. Sie wird verschiedenartig angewandt und zwar, wegen ihrer Eigenschaft die stickstoffhaltigen organischen Stoffe gelb zu färben, zur Entdeckung der Proteinverbindungen. Sie bildet durch ihre Einwirkung auf Albumin, Legumin, Kleber die Xanthoproteinsäure, welche in Wasser und Alkohol unlöslich ist (überhaupt die Form behält, welche die genannten Stoffe vor der Behandlung mit Salpetersäure besitzen), sich durch gelbe Farbe auszeichnet und durch Zusatz von Aetzammoniak orange-gelb wird.

§. 139.

Ferner: Werden Holztheile mit Salpetersäure gekocht, so kann man die Zellen leicht von einander mittelst der Nadeln trennen. Noch vollständiger gelingt die Trennung der Holzzellen nach *Schulz*, wenn man die Holzstückchen in einem Gemenge von Salpetersäure und chlorsaurem Kali kocht. Einige Minuten sind hinreichend die äussern Zellenschichten so aufzulockern, dass sich ihre Elemente leicht trennen lassen. Doch müssen sie nach der Maceration mit Alkohol und Wasser ausgewaschen werden.

§. 140.

Essigsäure (concentrirte) wird angewandt, um die jungen Cambiumzellen, deren Structur durch ihren trüben körnigen Inhalt versteckt wird, deutlicher sichtbar zu machen, indem die Säure einige der trübenden Substanzen auflöst.

§. 141.

Aetzkalilauge dient theils zur Anschwellung der Zellenhäute,

theils zur Auflösung der Proteinkörper, welche den Zelleninhalt bilden. Man kann daher die Zellen durch Maceration in dieser Flüssigkeit von jenen Stoffen befreien, aber man muss hierauf die Probe mit Wasser auswaschen.

§. 142.

Salpetersaures und salpetrigsaures Quecksilberoxydul. Man stellt sich eine Auflösung dieses Salzes dar, wenn man Quecksilber mit dem gleichen Gewichte gewöhnlichen Scheidewassers (dem 2^{ten} Hydrat der Salpetersäure) übergiesst und kalt stehen lässt, bis die Gasentwicklung aufgehört hat; wenn das Quecksilber noch nicht aufgelöst ist, so befördert man die Auflösung durch Wärme, bis sie vollendet ist; dann vermischt man die Flüssigkeit mit 2 Volumen Wasser. Es bildet sich ein krystallinischer Niederschlag, von welchem die überstehende Flüssigkeit abgossen wird. Sie ist das oben bezeichnete Reagenz. Es wird ebenfalls zur Erkennung der Proteinverbindungen angewandt, welche dadurch roth gefärbt werden, selbst wenn sie in alkalischen Flüssigkeiten oder in Schwefelsäure gelöst sind. Cellulose, Amylon und Gummi färben sich davon rosa¹⁶). Noch deutlicher wird die Wirkung dieses Reagenz, wenn die Probe erhitzt wird. Man hält dann dieselbe auf dem gläsernen Objectträger — oder besser auf Glimmer — über die Spiritusflamme.

§. 143.

Die **Weingeistlampe** wird überhaupt manchmal angewandt, um die Gegenstände, während man sie unter dem Mikroskop beobachtet, zu erwärmen. Man bedient sich dazu möglichst dünner und sehr gut abgekühlter Glasplatten als Objectträger, die lang genug sind um über den Objectivtisch hinwegzuragen und hier durch die darunter befindliche Lampe erwärmt zu werden. Besser noch ist die von *Schleiden* vorgeschlagene Methode, wonach man sich einer messingenen Unterlage bedient, die an derselben Stelle eine Oeffnung hat, auf welche man die Probe mittelst eines Glimmerblättchens oder dünnen Hohlgläschens legt, welches letztere man sich aus einem bauchigen Medicinglase, aus einer kleinen Retorte u. s. w. sprengen kann. Hier wird die messingene Unterlage erwärmt. Die Probe muss bedeckt sein, weil durch die entweichenden Dämpfe die Objectivlinse getrübt wird.

§. 144.

Ueberhaupt hat man sich zu hüten die Objectivlinsen, welche

bei achromatischen Instrumenten aus Flintglas gemacht sind, nicht zu viel und anhaltend den Dämpfen der Säuren auszusetzen, weil das Flintglas leicht von diesen Stoffen angegriffen wird. Aehnliche Vorsicht hat man beim Jodin anzuwenden. Bei anhaltenden derartigen Untersuchungen muss man desshalb die Probe jedesmal mit Glimmer oder Glas bedecken und die Objectivlinse nach dem Gebrauch mit destillirtem Wasser oder Alkohol abwaschen, wobei man sich eines weichen leinenen Läppchens bedient, sich aber wohl hütet, dass durch etwaige Sandkörnchen oder andere Staubtheilchen Risse in die Linse gemacht werden. Zum Reinigen der Linsen von Staubtheilchen, welches jedesmal vor dem Gebrauch des Mikroskops geschehen muss, bedient man sich eines dicken Pinsels von feinen Castorhaaren.

Beobachtung und Begründung.

§. 145.

So vorbereitet kann nun der Forscher getrosten Muthes an die Arbeit gehen. Zwar ist Vieles nicht erwähnt, was sich noch während einer Untersuchung zeigt; dieses zu beseitigen, muss der eigenen Thätigkeit des Arbeiters überlassen bleiben; auch lässt sich Vieles gar nicht mittheilen, sondern muss unmittelbar durch den praktischen Gebrauch erlernt werden. Ueberhaupt kann ein Beobachter nur dann erst recht fruchtbringend arbeiten, wenn er die zu den Untersuchungen und Beobachtungen nöthige mechanische Fertigkeit so weit überwunden hat, dass das Mechanische bei der Arbeit ihn nicht mehr stört. Er muss namentlich bei mikroskopischen Untersuchungen so wenig durch den Apparat genirt werden, als wenn er mit demselben verwachsen wäre. Benutzen wir doch beständig unsere Sinne, ohne an diese dabei zu denken und uns ihres Gebrauchs bewusst zu werden. Ganz so muss es sein mit dem Mikroskop, unserm verstärkten Auge. Aber das ist nicht so leicht. Es gehört dazu lange anhaltende beständige Uebung. Denn es ist etwas Anderes mit seinen blossen Augen zu sehen, als mit dem Mikroskop. Es kann vielleicht Jemand ausgezeichnet untersuchen und sehen in der Welt der gewöhnlichen Augen, aber er ist ein völliger Neuling — ein wahres Kind — in der mikroskopischen Welt. Jedes Luftbläschen, jedes Stäubchen, jeden Streifen und Sprung des Objectträgers staunt er eben so an, wie das eigentliche Object, weil ihm in dieser Welt Eins so fremd ist wie das Andere. Es

muss daher jeder Forscher seine Kinderjahre in der unsichtbaren Welt erst durchmachen, ehe er mündig und stimmfähig sein kann. Erst wenn er hier viel angeschauet, geordnet, geprüft, verworfen, ausgewählt und so wiederholt geprüft hat, weiss er auch Etwas von diesen Sachen und kann nun wissend dieselben ferner prüfen und beurtheilen.

§. 146.

Aber Urtheile von unwissenden, unmündigen Mikroskopisten sind eben so werthlos, als Kinderurtheile draussen in der grossen Welt. Wer nun vollends meint, dass der Blick eines Nichtkenners und Nichtwissers durch das Mikroskop unbefangener, genauer und richtiger sei, der irrt sich sehr. Unbefangen ist überhaupt Niemand beim Sehen. Jeder bringt schon seine Erfahrung, seine Gedanken dabei mit. Und die Gedanken eines Unerfahrenen sind doch gewiss befangener, als die des Erfahrenen. Ich frage hier: Wo kommen die meisten Gesichtstäuschungen vor, beim Kinde, oder beim Manne? Wo die meisten falschen Vorstellungen, beim Naturkundigen oder Unkundigen?

§. 147.

Jeder Blick wird, sobald er seinen Ausdruck findet, zum Urtheil. Ein wissenschaftliches Urtheil muss auch wissenschaftlich begründet werden. Es gibt aber in der Botanik eine doppelte wissenschaftliche Begründung, nämlich: 1) die literarhistorische und 2) die naturhistorische. Beide setzen das Wissen des Dinges voraus; jene in Bezug auf die Vorstellung des Dinges von Seiten Anderer, diese in Bezug auf meine eigene Vorstellung, die ich theils durch die Literatur, theils durch Autopsie gewonnen habe. Die Autopsie läutert die vorgefasste Vorstellung und macht sicher in der Beurtheilung. Wiederholte Prüfung durch Autopsie macht die Fassung genauer und schärfer.

§. 148.

Dadurch entsteht ein beständiges Berichtigten bei dem gewissenhaften Beobachter. Wer sich nicht berichtigen kann, wer von dem Aberglauben gefangen gehalten wird, welcher meint, dass man eine einmal gewonnene Ansicht festhalten müsse, weil es inconsequent sei, dieselbe durch eine andere zu vertauschen, der ist unbrauchbar in der Wissenschaft. Unveränderlich und unerschütterlich dürfen nur die Grundsätze sein, welche die Vernunft als ewige Wahrheit, als ewige Nothwendigkeit erkannt hat.

Aber die Ansicht der Dinge ist veränderlich, wie diese selbst. Es ist daher durchaus unwissenschaftlich gehandelt, wenn Jemand sich nicht berichtigen kann, es ist aber unredlich und zeugt von einer eben so grossen Bornirtheit als Eitelkeit, wenn Jemand sich nicht berichtigen will.

§. 149.

Diese Betrachtung führt mich nun auf den Standpunkt, von welchem aus die sogenannten Autoritäten in der Botanik zu beurtheilen sind. Die Wissenschaft hat hier sehr streng zu unterscheiden, welche Autorität als ächt oder unächt zu nehmen ist. Die Autorität ist durchaus an die Person geknüpft; der Werth dieser ist der Werth jener. Die Person hat aber hierbei eine doppelte Bedeutung, nämlich eine moralische und eine wissenschaftliche. Bei dem grossen Haufen kommt endlich noch eine dritte Bedeutung hinzu, welche hier auch oft den Ausschlag gibt, nämlich die äussere Stellung.

§. 150.

Die moralische Bedeutung der Person muss bei Beurtheilung einer Autorität oben an stehen. Wenn es schon wahr ist, dass die Wissenschaft die Person nur nach ihrem wissenschaftlichen Werthe beurtheilen soll, so lässt sich doch nicht leugnen, dass gewisse wissenschaftliche Leistungen mancher Personen erst ihre Erklärung finden, wenn man die moralischen Motive dieser Leistungen, die doch die Grundlage aller menschlichen Handlungen sind, genau kennt. Es ist sogar sehr nothwendig, dass die Wissenschaft über die moralischen Motive aufgeklärt werde, eben weil das Moralprincip das erste ist, worauf die Wissenschaft fusst, obschon es ihr nicht gestattet ist, das Richteramt behufs einer Strafvollstreckung auszuüben. Sie hat das auch nicht nöthig; denn wer die ersten Grundsätze der Wissenschaft nicht anerkennt, schliesst sich selbst von ihrem Heiligthum aus. Aber dann ist es für den Novizen nöthig, die Ausgeschlossenen kennen zu lernen, damit er von ihnen nicht getäuscht werde. Wie nöthig die genaue persönliche Bekanntschaft einer Autorität zur vollständigen Aufklärung ihrer Autorität ist, beweist auch namentlich der Umstand, dass Biographien berühmter Männer für die historische Entwicklung der Wissenschaft wahres Bedürfniss sind, weil man nur aus der Bekanntschaft mit dem ganzen Menschen seine wissenschaftlichen Leistungen genügend beurtheilen kann.

§. 451.

Ich gestehe hierbei gern, dass mich die lichtvolle, ruhige, redliche, besonnene, sich stets berichtigende Weise, womit *Hugo von Mohl* seine Arbeiten publicirt, eben so anzieht, als die Demonstrationen der Cyclose-Sänger mich abstossen, von denen *Schultz-Schultzenstein*, unter russenden düstern Fackeln, sich an seinem Geburtstage die Huldigungen der Scheinwissenschaft darbringen lässt¹⁷). Diese Praxis darf nie die Praxis der Wissenschaft werden, wenn diese nicht in den Fall kommen soll, dass Unerfahrenheit und jugendlicher Uebermuth durch Majoritätsbeschluss ihr die leitenden Maximen dictire. Dass unter so bewandten Umständen die Autorität v. *Mohl's* eine gewichtigere ist, als die *Schultz-Schultzenstein's*, selbst wenn dieser sich die Anerkennung noch von allen europäischen, asiatischen, afrikanischen u. s. w. Akademien zu verschaffen wüsste, leuchtet ein.

§. 452.

Zur Erkennung des wissenschaftlichen Werthes einer Person kommt man nur durch die eigene Prüfung ihrer wissenschaftlichen Arbeiten. Es ist der erste Grundsatz der inductiven Methode, dass, sobald sie die Prüfung einer wissenschaftlichen Leistung — und das ist jede selbständige Beobachtung — vornimmt, sie dieselbe, wenn nicht in Zweifel, so doch in Frage stellt. Auf diesem „in Frage stellen“ beruht die weitere Entwicklung der Wissenschaft. Diese Entwicklung ist aber nichts mehr und nichts weniger, als die Abstreifung der alten Hülle von ihrem Inhalt und die Entstehung und Entfaltung der neuen. Die Wissenschaft muss daher eben so auf ihre Form und Gestaltung bedacht sein, als auf ihren Inhalt. Naturgemäss entsteht immer die Form zugleich mit ihrem Inhalt. Ein neuer Inhalt aber und eine veraltete Form können wol künstlich zusammengekuppelt, aber nie organisch vereinigt werden. Denn entweder ist die alte Form zu enge — und dann erstickt sie den Inhalt, oder sie wird von ihm gewaltsam gesprengt — oder sie ist auf eine andere Weise unpassend — dann verunziert sie.

§. 453.

Es ist nun die sonderbare Zumuthung von manchen Seiten ausgesprochen worden, dass man sich zur Bezeichnung einer neuen Anschauungsweise des Lexicons der alten Anschauungsweise bedienen solle. Das geht nicht, wenigstens nicht durchgängig, ohne mit der alten Bezeichnung auch die alte Vorstellung

wieder zu wecken, oder wenigstens eine Sprachverwirrung durch die verschiedenartige Bedeutung eines Wortes hervorzurufen¹⁸⁾. Daher kommt es, dass manche Schriftsteller sich an den hergebrachten Schulbrauch nicht kehren, sondern da, wo sie den Inhalt neu geschaffen haben, der neuen Schöpfung auch ein neues Kleid geben. Man kann aber darin zu weit gehen, namentlich, wenn man in der Manier der Linné'schen Terminologie verfährt, so dass man zuletzt das Ende solcher terminologischen Bezeichnungen nicht absehen kann.

§. 154.

Leider hat nun aber, durch das sogenannte Prioritätsrecht, auch ein ebenso betrübender Gegensatz dadurch sich herausgestellt, dass man geradezu unrichtige Benennungen für bestimmte Organe und Formen durchaus conserviren will, und so eine der ersten Bedingungen aller Wissenschaft, welche darin besteht, für die Sache den passendsten, richtigsten und besten Ausdruck zu wählen, unerfüllt lässt. Es ist also jede Autorität ebensowol auf ihren Inhalt, wie auf ihre Darstellung zu prüfen.

§. 155.

Was nun die Autorität betrifft, welche die äussere Stellung gibt, so versteht sich von selbst, dass sie an sich ganz werthlos ist, wenn dieselbe nicht durch wissenschaftliche Leistungen erst Werth bekommt.

§. 156.

So wie beim grossen Haufen oft die äussere Stellung den Werth der Autorität entscheidet, eben so kann derselbe leicht durch die äussere Form einer Darlegung bestochen werden. Eine kecke sichere Sprache, äussere Ordnung, schönes Papier, schöner gefälliger Druck, schöne feine Abbildungen, angenehmes oder imponirendes Format u. s. w. sind es, welche oft allein den Werth eines Buches ausmachen.

§. 157.

Auf die literar-historische Begründung eines Urtheils folgt die naturhistorische. Die naturhistorische Begründung eines Urtheils in der Botanik zerfällt in drei Theile:

- 1) In die Selbstuntersuchung und Selbstbeobachtung der vegetabilischen Erscheinungen.
- 2) In die Ordnung derselben unter sich und der Verbindung mit dem Ganzen nach den oben entwickelten leitenden Principien.
- 3) In die Darstellung der gewonnenen Resultate.

§. 458.

Seitdem man angefangen hat, die Pflanze „werdend“ zu betrachten, hat sich der Gang der Untersuchung sehr geändert. Genügte es früher nur einen bestimmten Zustand aufzufassen, so reicht das nicht mehr aus, sondern es wird jetzt zur wissenschaftlichen Charakteristik die Entwicklungsgeschichte verlangt. In vielen Fällen, wo man nur über ein einziges, oder nur wenig lebende Exemplare verfügen kann, muss man daher wirklich an denselben sich die Veränderungen von Anfang bis zu Ende verzeichnen. Aber die wichtigsten Anknüpfungspunkte sind nicht immer die offen daliegenden, sondern sie müssen im Innern des Organismus oft sehr mühsam aufgesucht werden, wodurch eine oder mehrere Sectionen durchaus nöthig sind. Daraus folgt, dass es nie an der hinreichenden Anzahl der Exemplare fehlen darf, wenn man genaue und vollständig ausgeführte Beobachtungen haben will. Am genauesten und vollständigsten kann indessen, besonders bei den kleinern und niedern Gewächsen, die Entwicklungsgeschichte studirt werden, wenn man dieselben so zieht, dass man sie in allen Entwicklungsstufen gleichzeitig vor sich hat. Man kann dann die auf einander folgenden Formen beständig vergleichen, kann sie im frischen Gedächtniss mit einander verknüpfen und bekommt so ein viel lebendigeres und nicht selten auch vollständigeres Urtheil von der Sache. Bei niedern Gewächsformen bietet die Natur sehr häufig alle möglichen Entwicklungsstufen unter und neben einander dar und man hat nur nöthig unmittelbar die Untersuchung vorzunehmen.

§. 459.

Die Entwicklungsgeschichte fängt bei allen Pflanzen — ohne Ausnahme — mit dem kleinsten, dem blossen Auge Unerreichbaren an. Daraus folgt, dass das Mikroskop bei Erforschung derselben unentbehrlich ist. Darum müssen wir noch einige Punkte berühren, welche den Unerfahrenen zu Unrichtigkeiten in der Beobachtung verleiten können.

§. 460.

Ich habe schon oben erwähnt, dass beim mikroskopischen Sehen das Auge nicht durch die andern Sinne unterstützt werden kann; dazu kommt aber noch, dass, während wir durch das gewöhnliche Sehen im Stande sind, die Gegenstände in verschiedener Entfernung mit einem Blick zu überschauen und so ihre

Anordnung nach fern und nahe zu bemerken, zeigt uns das Mikroskop bei durchsichtigen Körpern nur diejenigen Objecte oder Theile eines Objects, welche gerade im Focus — also in einer Ebene — beisammenliegen, und es besteht darin gerade die Vortrefflichkeit eines Instruments, dass es Nichts über und unter dieser Ebene zeigt. Durch das Hinauf- und Hinabrücken des Focus kommt in jedem Momente eine andere, normal auf der Axe der Sehlinie stehende Ebene zum Vorschein. Theils hieraus, theils durch Seitenansichten, die man mittelst senkrechter Abschnitte von den vorgenannten Ebenen erhält, muss sich der Beobachter die wirkliche Gestalt zwar ideal, aber gegründet auf jene empirische Anschauung, zusammensetzen. Das ist schwer, und für solche Personen, welche aus Mangel an Phantasie nicht fähig sind, sich eine richtige Vorstellung von einem Dinge durch blosse Combination der vereinzelt Eindrücke zu machen, rein unmöglich. Wo aber die Phantasie wieder zu rege ist, dass sie nicht durch die gewonnene empirische Ansicht gezügelt werden kann, da entstehen falsche Combinationen und Darstellungen. Es gibt nur einen Weg, sich gegen falsche Beurtheilung eines mikroskopischen Objects zu sichern, nämlich sich seine Ansicht von allen möglichen Seiten, von oben und unten, hinten und vorne, rechts und links, zu verschaffen und diese zu fixiren; und wenn schon es in mancher Hinsicht ein Uebelstand des Mikroskops ist, dass es von einem Dinge immer nur bestimmte, in einer Ebene liegende, Punkte auf einmal zeigt, so bietet auch diese Eigenschaft wieder den grossen Vortheil, dass man durch sie genau erfahren kann, was oben und was unten liegt.

§. 464.

Eine andere Schwierigkeit ist die, dass man in gewissen Fällen zweifelhaft sein kann, ob man den Gegenstand in der Bildebene hat oder nicht. Es lässt sich das schwer angeben, namentlich, wenn wir den Körper auch richtig körperlich beurtheilen wollen. Bei Gegenständen von sehr geringer Dicke oder Höhe gilt allerdings der Satz, dass der richtige Focalabstand gefunden ist, wenn das Bild am kleinsten erscheint. Bei Beurtheilung kegelförmiger Erhöhungen auf einer Membran, so wie horizontal liegender Cylinder ist derselbe jedoch nicht mehr richtig und wir müssen hier durch das allmälige Einstellen aller Theile in die Bildebene uns den Begriff zu bilden suchen; um aber die richtige Dicke des Cylinders zu finden, müssen wir die grösste Durchschnittsebene desselben in der Bildebene haben.

§. 162.

Mit der Entfernung eines Objects über oder unter der Bildebene verliert sich die Schärfe und Deutlichkeit, auch nimmt die Grösse zu. Gleichzeitig erscheinen aber auch, oft selbst bei richtiger Bildweite, unter gewissen Verhältnissen, verschiedene Farbenränder oder andere Lichtbilder, welche nicht dem Gegenstande wirklich angehören, sondern theils durch Beugung, theils durch Schwächung der durchgehenden Lichtstrahlen durch ein getrübttes Mittel hervorgerufen werden.

§. 163.

Die durch Beugung hervorgerufenen Farben entstehen, wenn durchsichtige Mittel von verschiedener Dichtigkeit und verschiedenem Brechungsvermögen neben und über einander stehen. Solche Fälle treten namentlich ein, wenn eine Zelle mit einem ätherischen Oele, oder mit Luft gefüllt ist. Die Lufthöhlen zwischen und in Zellen sind überhaupt eine häufige und lästige Erscheinung. Sie bilden immer sehr dunkle Partien. Wo Luft und Wasser sich begrenzen, ist immer ein breiter, doppelter, dunkler Rand zu sehen, durch dessen Mitte eine mit der Grenze parallele helle Linie geht; bei genauerer Betrachtung sieht man auch in den dunkeln Theilen des Randes noch sehr feine parallele Streifen. Bei Luftblasen scheint der äussere wie der innere Rand unter Umständen mehr oder weniger gefärbt. Ebenso sieht man seine Oeffnungen in diesen Zellenhäuten bisweilen gefärbt. Es tritt hier derselbe Fall ein, wenn wir ein Loch mit einer Nadel in ein Kartenblatt stechen und hindurch sehen. In einer gewissen Entfernung vom Auge sehen wir die Oeffnung mit einem gelben Rande eingefasst und bei noch weiterer Entfernung fliesst derselbe in ein gelbes Bild zusammen. Auch kleine dunklere Moleküle auf einem hellern Grunde werden von zarten Farbenrändern umgeben, die nicht immer verschwinden, wenn man sie genau in den Focus bringt; ebenso erscheinen diese an der Spitze sehr zarter Spiralfasern, wenn sie sich bei einem Querschnitt mit einem Ende von der Wandung ablösen. Die letztern Erscheinungen mögen auch wol von der nicht vollständig beseitigten chromatischen Abweichung der Gläser herrühren.

§. 164.

Ich habe oben gesagt, dass auch durch getrübtte Mittel Farbenerscheinungen hervorgerufen werden können. Sie kommen z. B. vor, wenn die Abschnitte zu dick gemacht werden,

wo dann eine Trübung durch Vermehrung der Masse hervorgerufen wird; ferner wenn man gefärbte Flüssigkeiten, z. B. Jodintinctur, zur umgebenden Flüssigkeit bringt. Es erscheint dann bisweilen eine bläuliche, mitunter auch grünliche Färbung der Zellenhäute, die mit der bekannten chemischen Reaction dieses Mittels auf Amylon nicht verwechselt werden darf.

§. 165.

Alle diese Erscheinungen muss der Beobachter kennen und wissen, damit er sie als unwesentlich von der Beobachtung trenne, denn diese Farben hängen dem Gegenstande in der Wirklichkeit ebensowenig an, als die Abend- und Morgenröthe der Luft, als das dunstige Blau den fernen Bergen.

§. 166.

Nicht minder muss der Mikroskopist wissen, welche andere Erscheinungen die Beobachtung stören und zu falschen Deutungen Anlass geben können. Dahin gehören

1) alle fremdartigen Staubtheilchen, die theils in der Luft schweben und sich sogar während der Beobachtung auf das Object legen können;

2) alle Bewegungen, welche dem Dinge selbst nicht angehören, doch aber auffallend genug sind, um den Neuling zu stören, oder von der richtigen Bahn abzulenken.

§. 167.

Was die erstern betrifft, so ist es nöthig, geradezu Staub auf seine verschiedenen Formen zu untersuchen, um mit ihnen bekannt zu werden. Namentlich ist es gut die Structur der Haare mancher Säugethiere zu kennen, weil diese sehr oft unter den Staubtheilchen — von Kleidungsstücken herrührend — sind und bisweilen in ihrer Structur manchen niedern Pflanzenbildungen ähneln. So hat z. B. *Meneghini* die Haare irgend eines Nagethieres als *Bangia biseriata* (*Giorn. Toscan. med. fis. I. No. 2. p. 3.*) beschrieben.

§. 168.

Die Bewegungen, welche sich bei Untersuchungen von Pflanzenstoffen zeigen, aber denselben entweder gar nicht angehören, oder doch so unwesentlich sind, dass sie bei der Beurtheilung der Beobachtung unberücksichtigt bleiben können, sind verschiedener Art:

1) Kommen mitunter in dem Wasser, womit man das Object

umgibt, Infusionsthierchen vor. Sie sind durch längere Uebung im Untersuchen bald zu erkennen und incommodiren den geübten Beobachter nicht mehr.

2) Entstehen Bewegungen von Körperchen durch Strömungen der Flüssigkeit, welche theils durch Verdunstung derselben, theils durch Capillarität, theils auch durch Vermischen verschiedener Flüssigkeiten z. B. Alkohol und Jodinctur mit Wasser u. s. w. hervorgerufen werden.

3) Sieht man in den Milchgefässen der Blätter von *Chelidonium majus* Strömungen, welche, wie *v. Mohl* nachgewiesen, durch Druck und Biegungen der Blätter beliebig hervorgerufen werden können, aber lange Zeit den Herrn *Schultz-Schultzenstein* getäuscht haben und vielleicht noch täuschen. Wir werden später wieder darauf zurückkommen.

4) Alle Stoffe, mineralische wie organische, zeigen im Wasser, wenn sie sehr fein zertheilt demselben beigemischt werden, eine eigenthümliche zitternde Bewegung, bei welcher sie jedoch nur wenig von ihrem Orte rücken. Mit Pflanzenstoffen kann man sie leicht hervorrufen, wenn man dieselben mit Wasser zwischen zwei Glasplatten zerdrückt und zerreibt. Sie muss von jedem Beobachter gekannt sein, damit er sie nicht für etwas Besonderes hält, wenn sie ihm einmal innerhalb einer Pflanzenzelle an proteinartigen oder andern Molekülen vorkommen sollte. Sie wurde von *Robert Brown* zuerst wahrgenommen und derselbe äussert sich (in seinen „Vermischten botanischen Schriften“ IV. 503) darüber wie folgt: „Aeusserst kleine Theilchen einer starren (nicht flüssigen) Materie, sie sei nun organischen oder unorganischen Ursprungs, zeigen, wenn sie in reinem Wasser oder in irgend einer wässrigen Flüssigkeit schwebend erhalten werden, Bewegungen, deren Grund ich nicht angeben kann, und die in ihrer Unregelmässigkeit und scheinbaren Unabhängigkeit den trägern Bewegungen einiger der kleinsten Infusorien im hohen Masse gleichen. Die kleinsten sich bewegenden Theilchen, die ich beobachtete, und welche ich „Active Moleküle“ genannt habe, scheinen sphärisch oder fast sphärisch zu sein, und zwischen $\frac{1}{20000}$ und $\frac{1}{30000}$ eines Zolls im Durchmesser zu haben. Es kommen aber auch beträchtlich grössere Theilchen von verschiedenem Umfang und entweder von ähnlicher oder von sehr abweichender Gestalt vor, welche unter gleichen Umständen sich auf ähnliche Weise bewegen.“ Man bezeichnet diese Bewegung jetzt allgemein mit dem Ausdruck Molekularbewegung. Mir kommt die ganze Bewegung

nicht wie eine infusorienartige vor, sondern es scheint mir, als wenn alle Moleküle sich abwechselnd anzögen und dann wieder abstiessen, wodurch ein leichtes Gewimmel entsteht, welches vielleicht in electrischen Ladungen und Entladungen seinen Grund hat, was auch *Schleiden* (Grundzüge. 3. Ausg. I. 114) vermuthet.

§. 469.

Nun erst gelangen wir wieder zu der Sache selbst. Und was ist es, was wir weiter von derselben aufzufassen haben? Punkte, Linien und Flächen. Das ist Alles, denn aus ihnen müssen wir das Object begreifen, indem wir es in dieselben zerlegen, und zu fassen suchen, indem wir die erst auseinandergelegten Theile wieder vereinigen. Diese ganze Anschauung, Betrachtung und Beobachtung eines Dinges erzeugt daher eine fortwährende Kette von mathematischen Urtheilen, für welche zuletzt die allgemeine Formel gesucht werden soll. Durch diese allgemeine Formel bezeichnen wir den Charakter des Dinges, nicht aber sein Wesen, was für uns überhaupt nicht erkennbar ist. Aber wir unterscheiden dennoch wesentliche und unwesentliche Merkmale, und verstehen unter jenen diejenigen, welche unverändert sind, während diese veränderlich sein können. Da aber, streng genommen, unter den sinnlichen Merkmalen es kein einziges gibt, welches unverändert wäre, so haben wir in Wirklichkeit nur die Wahl zwischen mehr oder weniger veränderlichen. Das mahnt uns, wo möglich kein einziges Merkmal unbeachtet zu lassen, kurz den Gegenstand so scharf und genau bis in seine kleinsten Theile zu verfolgen und keinen derselben zu vernachlässigen. Denn was heute für ein sogenanntes constantes Merkmal gegolten, ist es vielleicht morgen nicht mehr. Durch eine einzige besondere Ansicht wird nicht selten der Werth eines bisher verkannten Merkmals erkannt und dadurch zur Geltung gebracht.

§. 470.

In allen Fällen, wo die Beobachtung noch nicht geschlossen und daher die logische Verknüpfung mit dem Ganzen unsicher ist, muss die kahle nackte Anführung der Thatsachen genügen. Das ist immer besser, als eine unrichtige Verbindung.

§. 471.

Zu tadeln ist aber das Verfahren, wonach eine Definition an die Spitze gestellt wird, der man nachher die willkürlich herausgesuchten Beweise — oft auch gehörig zugerichtet — anhängt,

die Gegenbeweise aber, die oft in noch grösserer Menge vorhanden sind, ignorirt, als wären sie gar nicht da¹⁹⁾. Der Botaniker muss daher seine ehrliche und wahre Gesinnung nicht bloss darin an den Tag legen, dass er nur Wahres darstellt, sondern auch darin, dass er andere Wahrheiten, die mit seiner Ansicht nicht stimmen, nicht absichtlich verschweigt. Nur dasjenige darf er verschweigen, was er nicht entziffern kann.

§. 172.

Ich habe schon oben (§. 70) gezeigt, dass nur die reine Wissenschaft Gesetze kennt, und dass dieselben in der Sinnenwelt zwar herrschen, aber von uns nicht zu erkennen sind, so dass wir uns mit Regeln helfen müssen. Es kann sich das kein selbständiger Forscher genugsam vorhalten, dass nur die Annäherung an das Gesetz der Pflanzenwelt möglich ist. Die ganze Naturwissenschaft ist immer nur eine Combination von den durch Untersuchung und Beobachtung gefundenen Thatsachen gewesen. Jede neue Entdeckung befestigt oder vernichtet eine solche Combination und erzeugt in dem letztern Falle eine andere. Eine jede solche Vernichtung zeigt, dass immer die Schuld der Unhaltbarkeit einer Combination entweder in dem Mangel an hinreichenden Thatsachen, oder an einer mangelhaften Fassung gelegen hat, bei welcher gewöhnlich der Werth der dabei betheiligten Merkmale nicht gehörig erkannt wurde.

§. 173.

Wer nun seinen Combinationen keine ephemere Dauer geben will, der sorgt schon von selbst dafür, dass er sich in den Besitz eines hinreichenden Vorraths von Thatsachen setze und sich die genaueste Kenntniss über den relativen Werth der einzelnen Merkmale verschaffe.

Die Darstellung.

§. 174.

So sind wir nun da angelangt, wo wir diejenigen Mittel betrachten, womit der Botaniker sein Wissen beschliesst.

Die Darstellung des Wissens ist die Vollendung der Wissenschaft. Jede Darstellung des Wissens ist ein Schaffen desselben, sie zeugt daher nicht bloss von dem Wissen des Menschen, sondern auch von dem Können und tritt so in das Gebiet der Kunst.

Die Darlegung des Wissens ist daher immer eine künstliche Handlung. Eine solche ist aber keine beengte naturgesetzliche, sondern eine menschlich-freie, die jedesmal durch das Subject ihre Bestimmung erhält. Schon die Anschauung der Dinge ist ein subjectiver Act, und so geht es fort, bis die Darstellung gegeben ist. Dadurch bekommt jedes Object in der Darstellung eine individuelle Beimischung, deren Entfernung ein widersinniges Verlangen wäre.

§. 175.

Aber das Verlangen soll und muss an das darstellende Subject gestellt werden, dass es sich den höhern Standpunkt der Subjectivität, den die Wissenschaft gewährt, eigen gemacht habe.

§. 176.

In der Kunst streben wir nun immer nach der Darstellung des Schönen, und die Pflanzenwelt ist nicht eine von den letzten Schönheiten der Natur. Sie legt ihre Schönheit in der unendlichen Mannigfaltigkeit ihrer Formen und der Pracht ihrer Farben mit grösserer Offenheit dem Menschen dar, als irgend ein anderes Naturreich. Darum hat auch die Poesie sich am meisten mit an ihr versucht. Aber die gewöhnliche niedere Poesie kennt nur die oberflächliche Schönheit der Pflanzenwelt; ja, sie erlaubt sich sogar sie zu schminken, indem sie sie mit Illusionen geistesarmer und unwissender Subjecte bemalt. So entsteht oft ein Zerrbild, an dem nur der Gefallen finden kann, der auf gleicher niederer Stufe geistiger Cultur steht²⁰).

§. 177.

Man kann daher die Botanik die höhere Poesie von der Pflanzenwelt nennen, indem sie danach strebt — nicht die Illusionen des Menschen — sondern die Wahrheit der Pflanzenwelt, die ihre höchste (nicht geschminkte) Schönheit ist, darzustellen. Diese höchste Poesie ist erreicht, sobald wir immer für den erhaltenen Eindruck auch den richtigen Ausdruck gewinnen. Ja, man kann sagen, dass, wenn die Pflanze der Ausdruck eines Gesetzes ist, so müssen wir auch dieses Gesetz darstellen, sobald wir den wahren Ausdruck für die Pflanze gewonnen haben.

§. 178.

Darauf kommt Alles an. Und da wir nun die Pflanze erst genauer aus ihrer Zergliederung finden, so wäre unsere nächste Sorge, auch den Ausdruck für diese Glieder zu finden. Jede

Pflanze lässt sich einer mathematischen Betrachtung unterwerfen, weil sie eine Grösse ist. Aber sie ist eine continuirliche und zugleich variable Grösse, und desshalb incommensurabel. Das ist nicht nur beim ganzen Pflanzenreich so, sondern auch bei jeder einzelnen Pflanze und ihren Gliedern. Jedes einzelne Glied ist daher eine Summe von Differentialen, also ein Integral. Es leuchtet ein, dass, wenn wir den mathematischen Ausdruck der Pflanzenformen aus der niedern Mathematik nehmen wollten, dies ein vergebliches Bemühen sein würde, weil diese es nur mit constanten Grössen zu thun hat. Es muss hier ein anderer Weg eingeschlagen werden, und dieser besteht darin, für jedes einzelne Integral ein entsprechendes Sinnbild zu substituiren und es dadurch ausdrücken zu lassen.

§. 179.

So reproducirt der Mensch die Pflanze — wie überhaupt die Natur — welche er nur sinnbildlich auffasst, durch ein selbstgeschaffenes Sinnbild, das ihm als der adäquate Ausdruck der Pflanze seinerseits erscheint. Darum ist der wahrste, höchste, reinste und schönste Ausdruck, den er für die Pflanze, wie für die ganze Natur gewinnen kann, ein Gemälde. Ein Gemälde, welches nicht nur Totalansichten, sondern auch Lebenserscheinungen bis in die innersten Tiefen, zu denen der menschliche Geist sich hinabzusenken vermag, wiedergibt.

§. 180.

Jeder sinnliche Eindruck, der uns in der Pflanzenwelt durch seine Neuheit, seine Schönheit überrascht, bringt zunächst eine stille Verwunderung²¹⁾, eine stumme Verehrung hervor. Die stille Ueberraschung ist daher die zauberische Gewalt, die die Natur der Pflanze auf alle Menschen mehr oder weniger ausübt, sie in ihren Zauberkreis fesselt und verstummen macht, wenn die Sprache, in der sie zu ihm spricht, von ihm nicht verstanden wird. Darum ist auch das erste Bild, was er von ihr empfängt, kein lautes (keine Klangfigur), sondern ein stummes, und dieses stumme Bild ist es, was er zunächst zu reproduciren sucht.

§. 181.

Jeder Mensch, der sich nicht mit der Lautsprache helfen kann, nimmt zum Gestus seine Zuflucht, den er, wenn es nöthig, mit allen seinen Körpertheilen, am meisten aber durch Handbewegungen, ausführt. Der Gestus ist das Zeichnen des Gegen-

standes in der Luft. Das gibt aber nur ein vorübergehendes Bild. Um es bleibend zu machen, ist der Gestus mit dem Griffel auszuführen.

§. 182.

Ich habe nicht ohne Absicht in der historischen Einleitung dieses Buches gesagt: „Es ist charakteristisch, dass das erste selbständige Werk in der Botanik ein Bilderwerk ist.“ Daraus, und aus der ganzen Geschichte der Botanik erhellt, dass die Pflanzenwelt mehr zu dem Auge, als zu dem Ohre spricht, daher durch sie auch mehr die Augensprache als die Ohrensprache geweckt wird, daher auch die Augensprache für die Botanik eine gewichtigere, als die Ohrensprache ist, daher auch das Erkennen der Pflanzenwelt mittelst der Ohrensprache allein (d. i. die Erlernung der Botanik aus Büchern) eine Unmöglichkeit ist.

§. 183.

Aber die Augensprache spricht der Mensch nicht mit der Zunge, sondern mit der Hand, indem er das Bild durch ähnliche Linien zu begrenzen, und ähnliche Farbenlichter in die fixirten Grenzen einzutragen sucht, wie er in der Natur gefunden hat. So ahmt er die Natur nach und sucht von ihr ein Abbild darzustellen.

§. 184.

Dieses Abbild ist zwar nicht das gleiche, aber doch das ähnlichste, was der Mensch von der Pflanze darzustellen vermag. Es gewährt, wenn es mit möglichster Genauigkeit ausgeführt ist, die richtigste und genaueste Vorstellung von der Pflanze, sowol in der Totalansicht, als auch im Einzelnen. Es gewährt ausserdem den Vortheil, dass es in einem leicht zu übersehenden Raume gefasst werden kann, ohne das Detail so vernachlässigen zu müssen, als es bei gleicher Uebersichtlichkeit in der Lautsprache der Fall ist.

§. 185.

Es ist daher für jeden Forscher, welcher die wissenschaftliche Darstellung der Pflanzenwelt sich zur Aufgabe gemacht hat, eben so nothwendig, dass er zeichnen, als sprechen und schreiben könne.

§. 186.

Das Zeichnen hat, ausser dem Vortheil der genauern Darstellung einzelner Momente des Pflanzenlebens, auch noch das Gute, dass man bei demselben genöthigt wird, sich die Sache

viel genauer und öfter anzusehen, als beim Schreiben, weil man keinen Strich an der Zeichnung thun kann, ohne ihn vorher in seiner gehörigen Lage und Grösse mit allen übrigen Verhältnissen verglichen zu haben. Ohne diese Genauigkeit und Schärfe bei der vergleichenden Betrachtung kommt kein richtiges Bild in Stand, und ob eine Darstellung richtig ist, sieht man bei der Vergleichung des Bildes mit dem Original viel leichter, als bei der schriftlichen Darstellung.

§. 487.

Daher kommt es auch, dass Abbildungen, wenn sie gut sind, einen bleibenden, classischen Werth haben, während schriftliche Darstellungen oft sehr schnell veralten und unbrauchbar werden. Das Abbild gewährt auch den Vortheil, dass ich in ihm oft Sachen ausdrücken kann, wofür die Lautsprache gar keinen Ausdruck besitzt, und endlich, dass ich bei der Abbildung am wenigsten von der objectiven Auffassung abweichen kann. Endlich prägt sich das Bild beim Abbilden stärker und bleibender dem Gedächtniss ein, so dass man es leicht und zu jeder Zeit für die innere Anschauung wieder wecken und dadurch sicherer für spätere Fälle wieder benutzen kann.

§. 488.

Das Alles mahnt den Botaniker, dass er sich bei Anfertigung der Abbildungen nicht auf den Künstler verlassen kann und darf, sondern dass er seine Zeichnungen selbst ausführen, ja wo möglich auf dem Stein oder dem Metall ausführen müsse, wenn er befriedigende Darstellungen erhalten will. Die Wahrheit dieser Worte wird Jeder zugeben, der weiss, wie selbst der aufmerksamste, genaueste und gewissenhafteste Forscher bei seinen Untersuchungen immer schärfer unterscheiden lernt und später auch da Heterogenes deutlich gewahr wird, wo er früher nur Homogenes zu erblicken geglaubt hatte.

§. 489.

Ganz besonders wichtig aber ist die Abbildung mikroskopischer Gegenstände, welche man gleichsam der unsichtbaren Welt entrückt und in die sichtbare versetzt. Die Vergleichung mikroskopischer Objecte ist ausserordentlich schwierig, weil man sie meist nur nach einander, nicht neben einander haben kann, wie die Blumen im Garten und die grössern Pflanzen im Herbarium. Man hat also keinen unmittelbaren Totalanblick ihrer

Gruppen. Da ist nun die Abbildung des vergrösserten Objects etwas Unentbehrliches, weil sie allein die mikroskopische Welt in der sichtbaren bleibend macht.

§. 190.

Der gewöhnliche Zeichner sieht auch die Dinge nur mit gewöhnlichen (unwissenden), nicht mit wissenden Augen an. Daher kommt es, dass deren Abbildungen nie wissenschaftliche Genauigkeit und Schärfe haben, namentlich wenn sie nicht durch wissenschaftlichen Beirath unterstützt werden. Ja selbst der Lithograph oder Kupferstecher ist oft genöthigt, sich das Object im Original zu besehen, wenn er die Zeichnung von einem Naturforscher richtig wiedergeben soll.

§. 191.

Der gewöhnliche Zeichner gibt uns die Pflanzenwelt nur in derjenigen Aesthetik, wie sie das unwissende Publicum empfindet, nämlich ganz oberflächlich, weil diese Aesthetik durch das wissenschaftliche Detail gestört wird. Dieses Letztere ist auch für das profane Publicum in der That nicht vorhanden. Darum geht diese Malerei mehr darauf hinaus, das Detail zu verstecken, um so mehr den Gesamteffect festzuhalten; ja sie findet es sogar verdienstlich, hie und da „Verbesserungen“ anzubringen, also das Bild noch mit ihren subjectiven Schönheitsbegriffen zu schmücken.

§. 192.

Das Alles muss bei wissenschaftlichen Zeichnungen wegfallen und darum taugt ein gewöhnlicher Künstler nicht für wissenschaftliche Darstellungen.

§. 193.

Aber es darf jetzt auch nicht übersehen werden, dass der wissenschaftliche Pflanzenzeichner ebenfalls nicht geringen Gefahren ausgesetzt ist, wenn er sich bei der Zeichnung mehr von seiner subjectiven theoretischen Ansicht, als von dem Object leiten lässt, wenn er seine Idee, als das Massgebende betrachtet, dem er nur das verkümmerte Abbild als Beweismittel beizufügen habe; in Summa: Wenn man es den Abbildungen gleich ansieht, dass sie nach dem Texte gemacht sind und dass die Natur höchstens von Ferne darauf influirt habe. Man mag solche Darstellungen für sich oder Andere als Schemata aufstellen und sie als eine vorherrschend subjective Auffassung ausgeben; als treue und

wahre Abbildungen dürfen sie nicht ausgegeben werden, ohne ein wissentliches Falsum zu begehen.

§. 194.

Ich kann hier nicht unterlassen zu bemerken, dass das Höchste in der schematischen Darstellung von subjectiven Pflanzenbildern von *Karl Naegeli* geleistet worden ist. Namentlich geben die Tafeln zu seinem Buche „Die neuern Algensysteme und Versuch zur Begründung eines eignen Systems der Algen und Florideen“ Zeugniß davon. Als Abbildungen von wirklichen Pflanzentheilen haben solche schematischen Figuren gar keinen Werth. Die *Naegeli'schen* Figuren zeigen nur, wie die Algen sein würden, wenn sie nach *Naegeli's* Theorie gebildet wären. Das ist nun zwar in so fern gut, dass man gleich von vorn herein weiss, wie man mit dem Verfasser dran ist; aber daran liegt nur dem Forscher nicht viel, sondern die objectiven Thatsachen sind ihm wichtiger. Wenn er nun diese in solcher verstümmelten, zurecht gezirkelten und geometrisch abgemessenen Weise vorgeführt findet, so kann er nur beklagen, dass der grosse Werth einer getreuen Abbildung so ganz verkannt wird.

§. 195.

Die Zeichnungen der mikroskopischen Bilder haben, wenn man sie frei ausführen will, ihre grossen Schwierigkeiten. Sie erfordern eine ziemlich Fertigkeit im Treffen, die nur durch beständige Uebung erreicht werden kann. Es gibt aber Vorrichtungen, womit man das mikroskopische Bild — mittelst der Camera lucida — unmittelbar auf das Papier fallen lassen kann, so dass man nur nöthig hat, dasselbe mit dem Bleistift zu umziehen. Das Abbild wird dadurch ungemein treu und wahr. Hat man so die Hauptumrisse und die Lage der einzelnen Theile gewonnen, dann kann man leicht die künstlerische Vollendung an demselben anbringen.

§. 196.

Zur Vervielfältigung der Abbildungen dienen ziemlich alle Arten von Kupferstich, Stahlstich und Lithographie. Bei mikroskopischen Objecten müssen jedoch die Lithographien entweder mit der Nadel, oder mit der Feder, verbunden mit dem Crayon, ausgeführt werden. Meine Zeichnungen zur *Phycologia generalis* und den spätern Werken, auch zu diesem, sind mit der Diamantnadel in Stein gravirt. Auch die Zeichnungen vieler

Tafeln, welche *Henry* und *Cohen* zu den *Nova Acta* der Leopoldinisch-Karolinischen Akademie, zu *Nees von Esenbeck's Genera plantarum* und andern Werken geliefert haben, sind in dieser Weise gefertigt. Dagegen sind die Tafeln in der *Linnaea*, der botanischen Zeitung und der *Link'schen Werke*, welche von *C. F. Schmidt* herrühren, mit der Feder und dem Crayon dargestellt. Will sich Jemand diese Fertigkeiten aneignen, so rathe ich zur Lithographie, weil sie am leichtesten auszuführen ist, wenn man im Zeichnen schon hinreichende Uebung hat. Ich rathe dann aber auch noch, sich nur in einer Manier zu üben und in derselben zu vervollkommen, als bald diese, bald jene in Anwendung zu bringen, indem man so in keiner recht fest wird.

§. 197.

Ein grosser Uebelstand herrscht noch — namentlich in den Lehr- und „populären“ Büchern der Botanik — darin, dass gewisse Abbildungen die Runde durch die Bücherwelt machen, indem sie ein Compiler von dem andern copirt. Weil nun in der Regel jeder Copist das Ding etwas verändert, so sieht das letzte dem Original gar nicht mehr ähnlich. Demohngeachtet wird das unwissende Publicum von den gewissenlosen Bücherfabrikanten immer weiter betrogen. Das mahnt uns, dass wir nur da eine Abbildung entnehmen dürfen, wo wir nicht im Stande sind, eine Originalabbildung anzufertigen und die feste moralische Ueberzeugung haben, dass die Abbildung genau ist.

§. 198.

Wie genau aber auch eine Abbildung ist, Eins fehlt ihr, und gerade etwas sehr Wesentliches, das Leben. Die Abbildung kann nämlich immer nur einen Moment ausdrücken; diesen Moment hält sie bleibend fest — wie die getrocknete todte Pflanze im Herbarium — und dadurch liefert sie nur die Pflanze in ihrer Erstarrung. Selbst wenn wir noch so viele Entwicklungsstufen in der Abbildung geben, so sind dies doch nur einzelne, abgerissene, erstarrte Momente, welche sämmtlich durch scharfe willkürliche Einschnitte von einander getrennt sind. Darum reicht die Abbildung nicht aus, wenn man das Leben — die nach ewigen Gesetzen geregelte Bewegung — der Pflanze wiedergeben, wenn man ihre Lebensgeschichte nicht in willkürlich abgerissenen Bruchstücken, sondern im Zusammenhange und in seiner so mannigfaltigen Verschlingung kennen lernen will.

§. 199.

Da tritt nun die Ohrensprache, welche das geistig Aufgefasste durch den articulirten Laut versinnlicht, an die Augensprache heran, um dieselbe zu unterstützen, indem sie die erkannten Vorgänge sinnbildend wiedergibt, die vorher mit dem stummen Auge verfolgt wurden. Durch die Lautsprache wird daher für den Menschen die Natur — wie überhaupt seine Umgebung — höher belebt, indem er durch sie sein geistiges Verhältniss mit ihr fester knüpft. Denn die Lautsprache ist nur sein Eigenthum, sein Wesen, und er kann daher sich ohne dieselbe auch nicht genügend bezeichnen. Sie dient ihm überall, bei allem seinen Thun und als nothwendige Vermittlerin mit seines Gleichen, also auch mit sich selbst. Denn er selbst wird sich erst klar und findet in sich seine volle Befriedigung, wenn er das, was ihn geistig bewegt, in Worte fassen kann.

§. 200.

Das Wort ist daher der nothwendige Begleiter des Abbilds; es dient ihm als Erläuterung und erzeugt und verbreitet so erst die Wissenschaft, indem es dem Bilde seinen (des Wortes) Inhalt und seine Form anpasst. Die Form wird hier ganz aus Sinnbildern, gleichsam mosaikartig, gewoben, aus Sinnbildern, deren natürliche Bedeutung nie eine gleichmässig scharfe Begrenzung zulässt, und daher immer mehr oder weniger willkürlich gefasst werden können und wirklich gefasst werden. Darum ist in jedem Texte immer die Individualität des Darstellers in viel höherem Grade niedergelegt, darum zeigt sich aber auch im Texte die Differenz der Anschauungen, Erfahrungen und Verknüpfungen viel grösser, als in dem Abbild.

§. 201.

Die nächste Wirkung einer solchen Differenz ist immer eine Störung des moralischen Verhältnisses zwischen den Personen. Diese Störung ist um so heftiger und anhaltender, wenn sich in dieses Verhältniss Anmassung, Dünkel, Rechthaberei, Unredlichkeit u. s. w. mischt; kurz, wenn die streitenden Parteien vergessen, dass die Wissenschaft ihrer Person voransteht. Je mehr ich mit der Wissenschaft bekannt geworden bin, um so mehr habe ich mich überzeugt, dass Polemik gar nichts mit ihr zu thun hat. Denn aus der Meinungen Streit geht siegend die Wahrheit niemals hervor. Jeder Streit ist ein gewalthätiger, rein subjectiver Act, bei welchem der Eine dem Andern Etwas aufzwin-

gen will, was er entweder nicht haben mag, oder nicht haben kann.

§. 202.

Selbst die Wahrheit kann Niemanden aufgezwungen werden; denn wo Einsicht herrscht, zwingt sie sich von selbst auf und da weist sie Niemand zurück. Wo Mangel an Einsicht herrscht, da ist nur eine Verständigung möglich.

§. 203.

Wo aber eine offenbare Lüge, ein Betrug oder Irrthum vorliegt, da decke man Alles sine ira et studio auf; wo hingegen Thorheiten und Narrheiten ins Spiel kommen, da hilft auch keine Polemik. Einen Andern aber zu verletzen, weil er anders denkt, dazu hat Niemand ein Recht.

§. 204.

Nur die Kritik werde unnachsichtig geübt; wer diese nicht vertragen kann, taugt nicht für die Wissenschaft. Jede polemische Kritik aber, oder Antikritik verdient keine Beachtung. Die Kritik ohne Bitterkeit ist die schärfste Waffe zur Ausrottung gewisser Missbräuche. Kritiklose Recensionen aber von Leuten oder Schwachköpfen, die der Sache, die sie beurtheilen wollen, ganz und gar nicht gewachsen sind, bringen vielen Schaden und haben auch die Kritik bei Manchem in Misscredit gebracht. Leider sind gewisse Zeitschriften zu ordentlichen Recensirmaschinen herabgesunken, wo man die Worte mit dem Zollstocke misst, oder wo ein Mitarbeiter über Alles aburtheilen muss, wenn er es auch nicht versteht. Eine Unart muss ich dabei noch zur Sprache bringen, welche darin besteht, dass manche sogenannte Recensenten den Verfasser für das tadeln, was er nicht gebracht und auch gar nicht hat bringen wollen. Auch Nichtrecensenten, „welche weniger bei dem verweilen, was ein Buch enthält, als bei dem, was nach ihrer individuellen Ansicht darin gefunden werden sollte“²²⁾, sprechen häufig ungegründeten Tadel aus, während sie wieder sich in Lobhudeleien ergehen, wo die schärfste Kritik am rechten Platze gewesen wäre. Mit solchen Menschen muss man viel Geduld haben.

§. 205.

Dass die Literatur nicht vernachlässigt werden darf, und dass der Verfasser bei der Darlegung wichtiger Thatsachen, die Andere gefunden haben, sich nicht den Anschein geben darf, als rührten

dieselben von ihm her, versteht sich von selbst, obschon ich nicht für nöthig halte, dieses Verlangen so weit auszudehnen, dass bei jeder Kleinigkeit der erste Entdecker nachgewiesen werden müsse. Denn das Meiste hat der tüchtige Schriftsteller doch selbst gesehen, ganz unabhängig vom ersten Entdecker, und er hat daher auch in diesem Fall das Recht, es als sein Eigenthum darzustellen. Mit einem grossen literarischen Nachweis zu prunken, wie wol früher es oft geschah, oder jeden Gedanken, den man ausspricht, noch durch eine Menge Citate zu belegen — um den Beweis zu liefern, dass man nichts Kluges und Dummes sagen könne, was die „Vorwelt“ nicht auch gedacht habe — ist bei einem naturwissenschaftlichen Buche, was nicht gerade die Literatur zu seinem Vorwurfe hat, gar nicht angebracht. Es genügt hier eine Auswahl des Besten. Die Botanik hat hierin gerade am meisten gefehlt, weil sie sich aus dem Mittelalter her schreibt, wo die Citate in höherm Ansehen standen, als die Beobachtungen. Die Physik und Chemie haben diesen Missbrauch längst abgeschafft.

§. 206.

Es versteht sich ebenfalls von selbst, dass der Darsteller sich eines klaren deutlichen Stils befleissige; kann derselbe zugleich schön sein, so ist das desto besser. Denn das rechte Schöne ist auch jedesmal geordnet, ebenmässig und wahr, und alles dies ist der Naturwissenschaft, die das Schönste darzustellen hat, angemessen.

§. 207.

Vor Allem aber ist logische Anordnung des Stoffs zu empfehlen, ohne deren strenge Befolgung man dem Verständniss der Sache schadet. Die *Linné'schen* Werke sämmtlich, namentlich die *Philosophia botanica*, können darin als Muster dienen. Alle übrigen botanischen Schriftsteller, selbst unsere besten neuesten, können sich nicht mit ihm messen. Zum Beweis führe ich *Schleiden* an, weil er gerade von Allen am meisten — und das mit Recht — auf eine philosophische Durchbildung und namentlich logische Durchdringung des Gegenstandes hält. Dieser spricht in seinen Grundzügen zuerst von den verschiedenen Formen des Stärkmehls; im ersten Capitel des zweiten Buches von der Formenlehre der Pflanzenzelle; im ersten Capitel des dritten Buches von der allgemeinen Morphologie (Formenlehre), und im zweiten Capitel von der speciellen Morphologie. Verstösse gegen die Logik kommen aber in allen Büchern vor, selbst in solchen,

welche Logik lehren wollen, und ein Logiker weiss immer des andern Fehler aufzudecken, ohne fähig zu sein, die seinigen ganz zu vermeiden.

§. 208.

Das kommt daher, dass eines Jeden geistiges und physisches Auge seine individuellen Stärken und Schwächen hat. Jene setzen ihn in den Stand die Schwächen Anderer — die nicht gerade die seinigen sind — zu erkennen, diese hindern ihn die eignen Fehler zu vermeiden.

§. 209.

Es ist daher sehr nöthig, dass Jeder seine individuellen Schwächen zunächst kennen lerne, bevor er Andere beurtheilt, oder gar tadeln will; denn es kommt dann nicht selten vor, dass ein solcher seine Schwächen als Massstab anlegt, Etwas zu verbessern meint, in der Wahrheit aber die Sache nur verbalhornt. Zwischen manchen Schriftstellern besteht daher auch die löbliche und allgemein sehr empfehlenswerthe Sitte, dass sie sich ihre Manuscripte zu gegenseitiger Correctur vor dem Druck zusenden.

§. 210.

Hieraus geht hervor, wie nöthig öffentliche Beurtheilungen von Schriften — aber nur von tüchtigen Kennern, nicht von Solchen, die sich unfähig gezeigt haben, selbst etwas Ordentliches zu leisten — sind, wenn keine absichtlich verletzenden Absichten gegen den Verfasser dabei im Spiele sind.

§. 211.

Ferner trägt zu einer guten Darstellung noch bei, dass der Verfasser keinen Stoff mit hineinziehe, den er nicht vollkommen beherrsche. Ein Jeder beherrscht eigentlich nur das, was er kennt. Es gibt aber Schriftsteller, die gern mit einer Fülle von Material kokettiren, um damit ihre ausgedehnten Kenntnisse zu zeigen. Es ist allerdings nöthig, einen Begriff deutlich zu machen, und die inductive Methode bringt es mit sich, dass ein Begriff um so deutlicher wird, je mehr Einzelheiten ihn gebildet haben, darum sind diese von Wichtigkeit, wenn derselbe festgestellt werden soll. Ist das letztere aber geschehen und handelt es sich in einer Arbeit darum, mehr allgemeine als specielle Wahrheiten darzulegen, dann ist es in der That sehr lästig für den Leser und für die Wissenschaft überflüssig, wenn der Verfasser mehr Einzelheiten anführt, als zum Beleg nöthig sind. Man sollte

doch immer allgemeiner einsehen lernen, dass die eignen wissenschaftlichen Untersuchungen einen Jeden mit der Zeit so in Anspruch nehmen, dass er sie nicht bei unnöthig ausgedehnten und weitläufigen Darstellungen, namentlich wenn sie mit vielem leeren Geschwätz gemischt, oder auch mit ewigen Zänkereien und Raufereien unterbrochen werden, vergeuden darf. Es ist in der That Mancher selbst Schuld daran, wenn seine Arbeiten nicht so gründlich angesehen und mit solchem Eifer gelesen werden, wie sie es ihres wissenschaftlichen Inhalts wegen verdienen. Summa: Man hüte sich, seine Darstellung eben so mit Stoff, als mit unschönen Redensarten zu überladen ²³).

§. 212.

Ich komme nun zu dem Ton oder Vortrag, in welchem eine Darstellung gefasst wird. Die Botanik, wie jede besondere Wissenschaft, macht einen Unterschied, wenn sie zu einem Publicum spricht, bei dem es eine allgemein sprachliche und encyclopädisch - wissenschaftliche Bildung voraussetzt, oder zum Volke. Darum unterscheidet man den populären und den wissenschaftlichen Vortrag.

§. 213.

Wenn man das Volk in der Wissenschaft unterweisen will, so hat man die Absicht, die wissenschaftliche Anschauungsweise unter demselben zu verbreiten und durch dieselbe die bisherige volksthümliche, welche mit allerhand Aberglauben und Fabeleien vermengt ist, zu verdrängen, nicht aber beide Anschauungsweisen zu vermengen, wodurch nur die Confusion vermehrt wird.

§. 214.

Das ist löblich und gut, auch ganz in dem Wesen der Wissenschaft begründet. Da kommt es nun darauf an, sich des Volkslexicons in Betreff der Ausdrucksweise zu vergewissern, und die in der Wissenschaft gebräuchliche Terminologie in dasselbe zu übersetzen; aber, wohl gemerkt, behutsam, damit man nicht einen Terminus durch ein solches Volkswort ersetzt, wodurch die bisherige falsche Anschauungsweise festgehalten, also der gute, löbliche Zweck ganz verfehlt würde. In solchen Fällen und in allen denen, wo die Volkssprache den Ausdruck des Dinges gar nicht besitzt, muss der wissenschaftliche Ausdruck — wenn man die Wahl hat, der am leichtesten verständliche — gebraucht werden. Das ist populäre Methode; und nur so wird sie segnen-

und heilbringend. Sie klärt auf, reinigt und erweitert die Volkssprache, macht das Volk gesittet und durch die Gesittung frei.

§. 245.

Aber das Volk hat auch seine Methode. Es ist der Volkston.

„Me schwezt, wie eim der Schnabel gwachse isch.

Gern chönti's besser, aber's will nit goh.

(Hebel.)

Dieser Volkston hat unter dem Volke seine volle Berechtigung und seine tiefe Bedeutung; aber er hat sie nicht in der Wissenschaft, weil er sie herabzieht.

§. 246.

Dennoch gibt es — so viel ich weiss — keinen einzigen populären Schriftsteller, welcher sich das so recht klar gemacht hätte. Vielmehr meinen gerade die Meisten, man müsse mit dem Volke auch im Volkstone aus der Wissenschaft (ein wahrer Widerspruch) sprechen und in dieser Befangenheit glauben sie dann das höchste Ziel erreicht zu haben, wenn sie ihren Text mit volksthümlichen oder kindischen Redensarten beginnen, dann allmählig in den Gegenstand als solchen eingehen und hierauf den wissenschaftlichen Theil des Textes etwa in folgender Weise mit dem Volkston vermischen: „Bei vielen Arten, wie eben beim Kannenkraut (*Equisetum arvense*), sind Stengel, Aeste und Zweige — Blätter gibt es nicht an ihnen (!) — sehr scharf gerieft und rauh, welches daher rührt, dass sich in dem Gewebe derselben eine Menge feiner (!) Kieselerde mit vorfindet, wodurch das Kraut so scharf wird, als wenn der Schleifer den Polirstein mit Smirgel, auch eine Kieselerde (!), bestrichen hätte. Das könnt ihr der Köchin in meinem Namen sagen und ein Compliment dazu“, u. s. w.

§. 247.

Solcher Ton gehört in keine „Naturgeschichte“, auch nicht in eine „für Kinder“. Wenn man die Kinder lieb hat und es nun einmal nicht lassen kann, für sie eine „Naturgeschichte“ zu schreiben, so hat man darauf zu sehen, den Kindern wissenschaftlichen Sinn und nicht umgekehrt, der Wissenschaft kindischen Sinn einzupflanzen, um beide für einander zu gewinnen. Für einen Schriftsteller aber, der in einem solchen Buche öfters sich selbst das Prädicat eines „Naturforschers“ beilegt, geziemt sich solcher Ton desshalb nicht, weil er weder zum populären noch wissenschaftlichen, sondern zum trivialen Vortrag gehört,

welcher darin besteht, das „Erhabene in den Staub zu ziehen.“ Dieser triviale Vortrag wird auch nur von Halbwissern oder unwissenden „Literaten“, „Belletristen“ u. s. w. befolgt, denen bloss daran gelegen ist, sich beim niedern Publicum beliebt zu machen, um einen guten „Absatz“ zu erzielen. Diese Schriftsteller hatte *Goethe* im Sinne, als er den *Mephistopheles* fragen liess:

„So sagt mir doch, verfluchte Puppen!
Was quirlt ihr in dem Brei herum?“

Worauf die Antwort:

„„Wir kochen breite Bettelsuppen.““
„Da habt ihr ein gross Publicum.““

§. 218.

So hätten wir nun noch den wissenschaftlichen Vortrag zu erörtern. Sein Zweck ist, das Höchste zu erstreben, was zu erreichen der Lautsprache möglich ist. Er setzt demnach die völlige Bewältigung der Sprachen durch die Sprache voraus. Ich kann mich nicht mit denen einverstanden erklären, welche in der Ereiferung gegen philologische Verkehrtheiten das Kind mit dem Bade ausschütten und in der Erlernung der Sprachen nur eine Quälerei erblicken. Die Sprache ist das einzige Mittel, welches die Wissenschaft möglich macht, und darum ist sie auch die erste und nothwendigste Grundlage.

Je mehr Sprachen Jemand versteht, einen desto grössern Reichthum an Vorstellungen und Ausdrücken hat er sich auch eigen gemacht.

§. 219.

Nur die Augensprache ist allgemeine Menschengesprache, in so fern sich ihrer eben so die niedrigste, wie die höchste Cultur bedient. Der gemeine Gestus ist aber so niederer Art, dass sogar das Thier Anwendung davon macht.

Dagegen ist die Lautsprache (zwar auch das Resultat der Gesten des Sprachorgans, und die Schriftsprache wieder der der Hand) immer nur der Ausdruck für die Anschauungsweise eines bestimmten Volkes, sie ist immer national und durch diese Nationalität beschränkt.

§. 220.

Nur wenn eine Nation die ganze Menschheit wäre, könnte sie sich rühmen, dass ihre Sprache die andern Sprachen überflüssig mache.

So verschieden nun die umgebende Natur der Nationen ist,

so verschieden ist ihre Anschauungs- und Ausdrucksweise. Es hat daher jede Nation ihre Grundbezeichnungen für die Nationaldinge, ihre Grundworte, welche gewissen Dingen unmittelbar angehören und dadurch unveränderlich sind, weil sie eben die ersten verleblichten Vorstellungen, die noch kein Vergleich trübt, sind.

Jede Vermehrung der Vorstellungen hat aber die nothwendige Vergleichung mit den vorhergehenden zur Folge und so kommt es, dass die erst später erkannten Vorstellungen nicht mehr durch Grundworte, sondern durch abgeleitete bezeichnet werden.

§. 221.

Die Wissenschaft duldet indessen keine nationale Beschränkung, sie strebt über die Nationalität hinaus und ist rein kosmopolitisch. Aber diejenige Nation, welche die Wissenschaft zur höchsten und reinsten Blüte bringt, wird auch den grössten Reichthum an Vorstellungen und Ausdrücken besitzen.

§. 222.

Das Bestreben der Wissenschaft, welche keine Nationalität anerkennt und auch nicht anerkennen darf, wenn sie ihr eigenes Wesen, also sich selbst, nicht aufgeben will, geht unzweifelhaft dahin aus, eben so die Nationen, wie ihre Sprachen zu verwischen und eine Nation, eine Sprache zu bilden; und diejenige Nation und Sprache wird die eine, die durch den Geist — nicht durch rohe Gewalt — herrschende werden, welche die universalste Richtung am unverrücktesten im Auge behält und die grösste Fähigkeit besitzt, die Sprachen der andern Nationen in sich organisch aufzunehmen und so zum leiblichen Eigenthum zu machen.

§. 223.

Dass man da nicht mit der Sprache der Gallas oder der Guaranier anfängt, leuchtet ein, und es ist ein ganz natürlicher, in der Entwicklung der Nationen und Sprachen begründeter Act, dass diejenigen sich zunächst gegenseitig anziehen und assimiliren, welche vermöge ihrer philosophischen Ausbildung und höhern Entwicklung die meiste Verwandtschaft zu einander haben. Und die Gewalt des Geistes in der Sprache ist so gross, dass sie noch lange, lange fortwirkt, wenn der Leib, der sie erzeugte, auch todt ist. Sie lebt fort, indem sie sich eines neuen frischen leiblichen Trägers bemächtigt.

§. 224.

So ist es gekommen, dass Griechen, Römer und andere

alte, geistig hervorragende Völker durch die Hinterlassenschaft ihres Geistes in der Sprache viel weiter geherrscht haben, als durch den rohen Glanz ihrer Waffen, und gerade da am meisten, wo ihre Waffen besiegt wurden, oder auch nicht hinreichten. Ihre und andere rohe Waffen haben dagegen durch die gewaltsame Vermischung der Völker nur Zwitter Sprachen geschaffen.

§. 225.

Und so ist es weiter gekommen, dass sie, die, nächst dem Christenthum, die grösste geistige Bewegung unter den culturfähigen Völkern hervorriefen, und bei ihnen namentlich den ersten Grund zur Wissenschaft legten, diesen Grund behauptet haben und auch ferner behaupten werden; denn ein Kind kann sich nun einmal seines Vaters nicht erwehren, wenn es auch längst mannbar stark geworden und der Vater mit greiser kindischer Altersschwäche kämpft.

§. 226.

Wir haben schon in der geschichtlichen Einleitung gesehen, wie durch die alten Classiker die beiden alten Sprachen in der Botanik zur Anwendung gekommen sind. Wir wissen auch, wie durch *Linné* eine bestimmte Nomenclatur und Terminologie festgestellt wurde. Sie reichte lange aus und hat viel Gutes gewirkt. Aber sie war Nichts Vollendetes, weil viele Benennungen und Bezeichnungen auf mangelhafter Anschauung beruhten. Die natürliche Folge davon war, dass die botanische Sprache sich mit der Wissenschaft verändern und fortbilden musste. *Linné* hatte hierzu Gesetze gegeben, welche vorzüglich waren, wenn sie mit Umsicht und nicht einseitig befolgt wurden. Aber viele seiner Nachfolger verstanden ihn nicht, oder nur halb. Daher kam es, dass unrichtige und schlechte Namen und Termini gebildet wurden, welche der eine oder der andere Nachfolger zu verbessern für nöthig fand. Wieder Andere führten eine vorherrschend aus der griechischen Sprache genommene Terminologie ein, besonders in der Kryptogamenkunde, welche die meisten Veränderungen und Erweiterungen erlitt, weil die *Linné'sche* Hinterlassenschaft hier gar nicht zu gebrauchen war.

§. 227.

Es lässt sich nicht leugnen, dass gerade zur Bildung neuer Namen, welche zugleich einen gewissen Charakter der Pflanze, oder eines Organs ausdrücken sollen, die griechische Sprache die füsksamste ist. Das hat auch wol die meisten Botaniker veranlasst,

griechische Namen und Termini zu bilden. Selbst diejenigen haben sich ihrer bedient, die bei Andern, welche freilich etwas freigebig damit gewesen, ein Aergerniss daran gefunden haben.

Im Ganzen lässt sich aber doch sagen, dass Namen und Bezeichnungen, welche sprachlich und wissenschaftlich richtig gebildet waren, immer auch ihren Werth behalten haben, während andere, die diesen Anforderungen nicht genügen, auch nicht zur Conservirung berechtigt sind. Sie übergeben sich schon selbst der Vergessenheit! Am stabilsten haben sich übrigens unrichtige Namen und Termini in der sogenannten systematischen Botanik erhalten, weil man hier am meisten dem conservativen Grundsatz huldigt, dass der ältere Name vor dem spätern (nicht der richtigere) den Vorzug habe; und die meisten Autoren, die einmal ihren werthesten Namen hinter einem Pflanzennamen gedruckt gelesen haben, sind so eifersüchtig auf dieses „Recht“ (sie nennen es *jus prioritatis* und machen es wie die Kinder, die bei der Vertheilung von Leckereien oder Esswaaren, sich eins vor dem andern vordrängen, mit der Behauptung: „Ich habe es zuerst gesagt!“), dass sie jedes neue Buch, das ihnen unter die Hand kommt, erst nach dieser Eigenschaft hin untersuchen, um dann, wenn der Verfasser als ein „Dissenter“ befunden wird, gegen ihn den Bannstrahl, mit den gewohnten und zum Ueberduss hergeleiteten „systematischen“ Gründen der unsystematischen Botanik, zu schleudern. Der Verständige kehrt sich nicht daran. Er sieht darin nur eine jämmerliche und weitläufige Nothwendigkeit, wenn er seinen Namen, der der Wissenschaft an sich ganz gleichgültig ist, bis in späteste Zeiten in den Namenregistern mit fortschleppen sieht und den Schreiber, Setzer und Drucker u. s. w. belästigt. So lange noch solche eitle Sachen in der Wissenschaft grossen Werth haben, wird sie sich nimmer ermannen.

§. 228.

Die physiologische Botanik hat sich glücklicher Weise freier in der Sprache gestaltet. Es haben an ihr nicht so viel Dilettanten herumgepfuscht, als an der systematischen. Hier ist es daher Grundsatz geworden, dass der richtigste Ausdruck für das Ding der beste ist. Die Sprache bewegt sich auch hier freier, sie darf hier sogar schön werden, während dort Alles uniform, soldatisch ist, ohne mathematische Schärfe und Sicherheit zu gewähren. Darum passt sich auch die lateinische ächt soldatische Sprache so herrlich dazu; darum wird auch die systematische

Botanik meist von Kindern und den kleinen Geistern geliebt, die immer einen Gefallen am Soldatenspielen finden. Die getrockneten Pflanzen im Herbarium sind für Viele wahre Bleisoldaten. Daher ist die ganze Poesie dieser Botanik eine ächte Parade.

§. 229.

Es leuchtet ein, dass diese systematische Sprache nicht die Sprache der Botanik κατ' ἐξοχήν sein kann. Denn die Aufgabe der Botanik ist, die Pflanzenwelt in ihrer höchsten Schönheit und Wahrheit darzustellen. Die systematische, in unveränderliche Termini eingezwängte Sprache für eine variable Grösse, ist nur die abgemessene, nicht die angemessene Form. Sie kann daher in der lebendigen Wissenschaft nur willkürlich bestimmte Punkte bezeichnen, etwa wie man auf einer Landkarte das geographische Netz gebraucht, um die Lage eines Ortes auf derselben bestimmen zu können, oder wie man auch das Fahrwasser im Meer durch feststehende Marken bezeichnet.

§. 230.

Die eigentliche, wahre botanische Sprache aber ist, wie die Wissenschaft, im Werden; sie soll sich erst noch durch Entwicklung zur schönen Blüte gestalten. Darum braucht sie Nahrung durch die Aufnahme aller wichtigen und nothwendigen fremden Sprachelemente.

Diese wahre botanische Sprache wird sich frei entwickeln, wie der Organismus; sie bedarf dazu keines äussern Schutzes, noch weniger drakonischer Gesetze, die gar nichts ausrichten würden.

Das Ziel der Botanik.

§. 231.

Und so wäre ich nun da angekommen, wo ich mich noch genau und bestimmt über den Endzweck und das letzte erreichbare Ziel der Botanik auszusprechen hätte. Um aber dem Leser dasselbe um so eindringlicher vorführen zu können, muss ich bemerken, dass meine Darlegungen im entschiedensten Gegensatz zu den Grundlehren eines philosophischen „Systems“ stehen, welches die Dinge an sich für absolut erklärt, in der Pflanzenwelt absolute Arten, Gattungen und Familien a priori annimmt und dergleichen mehr. Diese Absolutheiten stehen für sie fest,

und nach den Anhängern dieser Philosophie besteht die Aufgabe der Botanik darin, jene a priori ausgesprochenen Axiome in der Natur aufzusuchen, und das Gefundene als Beweismittel der Lehre festzuhalten. Man sieht, die Sache ist eigentlich von vorn herein schon fertig, sie ist abgethan; was kann an allen Specialitäten, denen man nachspürt, weiter liegen? Sie können nur den grossen Gedanken der absoluten Philosophie bestätigen! — So meinen jene Philosophen.

§. 232.

Der Leser fühlt sogleich den Gegensatz dieser Lehre mit der meinigen schwer und tief; er wird sich daher auch nicht wundern, wenn ich in jener Philosophie keine Wissenschaft, sondern nur einen mit Hilfe der scheinwissenschaftlichen Taktik verfeinerten Fetischdienst erblicke.

§. 233.

Denn wenn die Dinge an sich das Absolute sind, also jedes an sich eine absolute Grösse ist, so sind die Dinge nicht mehr bedingt, sondern unbedingt, was ein Widerspruch ist; ferner ist nach dieser Lehre das Absolute in den Dingen aufgegangen, was dieselbe polytheistische Weltanschauung ist, wie sie dem Fetischthum zu Grunde liegt; während die christliche Weltanschauung die Dinge in Gott aufgehen lässt und annimmt, dass der Geist Gottes in ihnen enthalten sei, weil er sie nach seinem Gesetze geschaffen. (*Naturalia composita arte divina. Linné.*)

§. 234.

Wie nun ein Kunstwerk den Geist des Künstlers an sich trägt, aber der Künstler nicht selbst ist, so trägt nach christlicher Weltanschauung auch die Natur den Geist Gottes an sich — welchen wir als das absolute Wesen des Dinges bezeichnen — ohne aber Gott selbst (das Absolute) zu sein.

§. 235.

Jene Philosophie lehrt nun ferner, dass das Absolute — die Welt — im Menschen erst zum Bewusstsein komme; und so wird die Menschheit zur obersten Gottheit in der Natur. Die Vergötterung und Verherrlichung der Natur, des Menschen und alles Menschlichen (also ein modernes humanistisches Heidenthum) ist die nothwendige Folge davon. Weil aber jeder die Verherrlichung für sich (und nach dieser Lehre mit Recht) in An-

spruch nimmt, so tritt das Recht und dadurch der Egoismus an die Stelle der Liebe, und die Menschenliebe, welche das Christenthum lehrt und die Liebe zu Gott schrumpft zur Eigenliebe, zur Liebe der Einzigen zusammen. Denn der Einzige ist er selbst, Jeder, der ist, und der Andere ist nur, als er ihn braucht. Darum wird der Einzige, der braucht, sogleich Tyrann, und der Einzige, der sich gebrauchen lässt, sogleich Sklave. Tyrannei und Sklaventhum haben auch nirgends in höchster Blüte gestanden, sind nirgends so systematisch entwickelt gewesen, als in dem Heidenthume, namentlich bei dem Volke, in dessen Literatur der sublimste Humanismus niedergelegt ist. Wie weit die Menschheit mit diesem Humanismus gekommen, lehrt der Untergang dieses humanen Alterthums. Es kann auch nicht anders kommen, denn diese Welt ist ja keine Einheit, kein Ganzes, dem das Einzelne dient, sondern sie besteht aus unendlich vielen absoluten Einheiten. Kein Band verknüpft sie, sondern absolute Klüfte trennen sie.

§. 236.

So wird die Menschheit zerrissen; so ist die Welt in Stücke zerschlagen. Und wenn wir keine Zertrümmerung unseres Culturzustandes wollen herbeiführen lassen, so ist es wol nöthig, dass wir solchen Lehren mit grösster Entschiedenheit entgegenreten.

§. 237.

Ich bin nun der Wissenschaft schuldig, zu zeigen, in welcher Weise sich ein Anhänger der genannten philosophischen Schule über meine Methode geäussert hat. In einem Buche, welches den Titel führt: „Die neuern Algensysteme und Versuch zur Begründung eines eignen Systems der Algen und Florideen von Carl Naegeli. Zürich. 1847“ beurtheilt der Verfasser mein grösseres Werk über die Algen (*Phycologia generalis*) und äussert sich am Ende der Betrachtung des allgemeinen Theils wie folgt: „Kützing besitzt eine Menge eigner Untersuchungen und Beobachtungen, wie keiner der neuern Algologen. Er hat ferner, wie es vor ihm keiner versuchte, die anatomischen, physiologischen und systematischen Verhältnisse der Algen durchaus auf die Zelle zurückgeführt; er hat sich somit bestrebt, der Phycologie eine rein wissenschaftliche Grundlage zu geben. So sehr ich nun aber das Ziel, das sich der Verfasser gesetzt, als ein richtiges anerkenne, so wenig kann ich mit seiner Methode einverstanden sein. Die Methode Kützing's ist ein systematisches Aufheben jedes absoluten Unterschiedes. Er hat dieser Methode eine grössere An-

wendung zu geben versucht, als es bis dahin geschehen ist. *Kützing* erkennt keinen absoluten Unterschied zwischen Thier und Pflanze an *Kützing* erkennt keine absoluten Unterschiede zwischen den einzelnen Arten, Gattungen, Familien, Ordnungen, Classen des Pflanzenreichs an So wie *Kützing* in der Systematik den absoluten Unterschied nicht gelten lässt, so verwirft er ihn auch in der Physiologie und Anatomie *Kützing* unterscheidet zwar verschiedene Zellenarten, lässt sie aber in einander übergehen Dieses principielle Vernichten der absoluten Unterschiede hat denn die nothwendige Folge, dass nirgends bestimmte, feste und sichere Begriffe entwickelt werden. Der Verfasser, welcher die absoluten Begriffe aus Grundsatz verwirft, begnügt sich überall mit relativen Begriffen. Dadurch entsteht sowol in der Physiologie und Organographie als in der Systematik eine schwankende Unbestimmtheit, welche das Verständniss und das Bestimmen sehr erschwert. Eine zweite ist die, dass dieselbe Pflanze in verschiedenen Entwicklungsstadien zuweilen mehrfach in verschiedenen Familien und Ordnungen aufgeführt wird. Eine dritte Folge ist ein unbegrenztes Vermehren von Gattungen und namentlich von Arten; es ist dies natürlich, denn ein relativer Begriff ist unendlich theilbar. — Es kann hier nicht der Ort sein, die Methode *Kützing's* zu widerlegen. Es lässt sich zwar, wie ich glaube, theoretisch zeigen, dass sie unrichtig ist, weil sie den Gesetzen der Logik widerstreitet, und weil ihre Consequenzen ad absurdum (!) führen. Aber ein theoretischer Beweis, und möchte er auch noch so mathematisch richtig sein, genügt mit Recht in unserer Zeit nicht mehr. Der Gegner würde sich immer der Einsprache bedienen: Die Thatsachen sind doch so. Die *Kützing'sche* Methode muss demnach durch Thatsachen und Begriffe widerlegt werden. Es muss nachgewiesen werden, dass die Beobachtungen, auf die sie sich stützt, theils ungenau sind, theils naturgemäss anders erklärt werden müssen. Es muss ferner nachgewiesen werden, dass es wirklich möglich ist, absolute Unterschiede aufzufinden, und denselben eine solche Form zu geben, dass die Annahme von Uebergängen und Verwandlungen von selbst unmöglich wird“ u. s. w.

§. 238.

Das hat denn auch *Naegeli* in seinem Werke versucht. Wie er aber die Form zu geben verstanden hat und wie er die absoluten Unterschiede nachweist, werde ich dem Leser sogleich mittheilen.

Während ich in meinem Werke (p. x) absichtlich anführe: „Die anatomischen Zeichnungen, welche ich in diesem Werke liefere, sind die Frucht achtjähriger, fast ununterbrochener Untersuchungen; sie sind nach und nach entstanden und ich habe bei ihrer Anfertigung sorgfältig jede vorgefasste Meinung vermieden. Mir lag zunächst ob, das Material herbeizuschaffen, dasselbe einzeln, wie es sich mir gerade darbot, zu bearbeiten, um damit späterhin den Bau auszuführen, von dem ich in den folgenden Blättern den Grundriss gebe. Daher kommt es, dass die Abbildungen auf den Tafeln nicht so geordnet sind, wie sie dem Systeme nach auf einander folgen müssten; denn dieses ist erst entstanden, als die Tafeln bereits gezeichnet waren. Es hat daher auch an diesen nichts zu Gunsten des Systems angebracht werden können.“ Während ich dieses absichtlich erklärte, um voreiligen und unreifen Beurtheilungen auszuweichen, hätte doch nun Jedermann erwarten sollen, dass ein Anderer, der meine Methode (eigentlich mein Princip, aus welchem die Methode hervorgeht) widerlegen will, es mindestens so redlich meinen, und die Sachen, wenn er sie geprüft, nun auch naturgetreu und wahr als Belege vorführen würde. Aber das ist *Naegeli* einestheils viel zu beschwerlich gewesen, und andernteils muss er doch die absoluten Unterschiede auch nirgends haben auffinden können, weil er den Beweis für die Form, die er den absoluten Unterschieden gibt, und welche die Annahme von Uebergängen und Verwandlungen von selbst unmöglich machen sollen, in schematischen, willkürlich veränderten Abbildungen liefert. So hat er nun aber nicht nachgewiesen, wie es „möglich ist, absolute Unterschiede aufzufinden“, sondern wie es möglich ist, sie unterzuschieben.

§. 239.

Wenn wir aber die Sache noch weiter untersuchen, um zu sehen, wie es wol komme, dass *Naegeli* solche Behauptungen mit einer, nur den Anhängern jener Philosophie eignen, Dreistigkeit aufzustellen wage, so ergibt sich eine kolossale Confusion der Begriffe, welche darin besteht, dass *Naegeli* die Pflanzenwelt, welche doch ein System von variablen und unter sich verschlungenen Bewegungen ist, die wol häufig umsetzen, aber nicht absetzen; also ein System von stets veränderlichen und beweglichen Curven, deren Gesamtform in jedem Momente eine andere ist — dass *Naegeli* diese in höchster Schönheit verschlungene Pflanzenwelt für ein niederes System von scharf abge-

schnittenen stabilen Arten, — als erstarrten discreten Punkten — eine Parade von einem bleiernen Armeecorps, eingetheilt in Divisionen, Brigaden, Regimenter, Bataillone und Compagnien — hält. Daher legt er überall den Maassstab der niedern Mathematik an, um die Gesetze des höhern Pflanzenlebens zu begründen, und meint eine Kugel zu sehen, wo ein Sphäroid, einen Kegel, wo ein Conoid, einen Cylinder, wo ein Cylindroid u. s. w. vorhanden ist. Noch deutlicher tritt die grosse Unklarheit und Verworrenheit der Begriffe bei *Naegeli* hervor, wenn man versucht eine absolute Pflanzengrösse zu bestimmen. Abgesehen davon, dass, streng genommen, selbst die Mathematik, ausser der variablen, nur constante, keine absoluten, Grössen kennt, weil es nur eine Absolutheit — Gott — gibt, so ist bekannt, dass man unter den sogenannten absoluten Grössen nur diejenigen versteht, deren Einheiten entweder sämmtlich bekannt sind, oder durch Gleichung mit Hilfe der niedern Mathematik gefunden werden können. Um nun die absoluten Pflanzenarten durch die Gleichung finden zu können, müsste wenigstens eine derselben bekannt sein, denn mit lauter unbekannten Grössen lässt sich doch Nichts anfangen. Man müsste daher zunächst erst eine absolute Art zu bestimmen suchen. Das ginge aber nur auf die Weise, dass 1) alle Glieder derselben (die Individuen der Art), sowol die jetzt vorhandenen, in ihren verschiedensten, durch Boden und Klima hervorgerufenen Abweichungen, als auch die seit der Existenz der Art dagewesenen, untergegangenen und — da die Individuenreihe noch nicht beendet ist, — alle zukünftigen, bis ans Ende der Welt, herbeigeschafft; 2) dieselben untersucht und verglichen würden. Die Untersuchung eines einzigen Individuums führt aber wieder auf secundäre, tertiäre u. s. w. Gliederreihen, von denen keine einzige bis ans Ende verfolgt werden kann. — Ich dünke das wäre genug, um auch dem beschränktesten Kopfe die absolute Unmöglichkeit der Erkennung oder Darstellung auch nur einer Art ad oculos zu führen.

Es liebt der Mensch das Göttliche zu fassen

Und das Erhabne in den Staub zu ziehn!

§. 240.

So bin ich nun da angelangt, wo sich aus den bisherigen Darlegungen von selbst ergibt, dass das Ziel der Botanik nicht in der Kenntniss der absoluten Art — was ein Unding ist — und in der Aufstellung eines Systems von Arten — welches im Widerspruch mit der Natur der Pflanze ist — bestehen kann,

sondern in der Darstellung eines Systems der Bewegungen, welche die Pflanze bilden ²⁴).

§. 241.

Wie verkettet und verschlungen auch diese Bewegungen sein mögen, so ist ihre Darlegung doch von da an möglich, wo man sie in ihrem Ursprunge aufsuchen und zu dem Ende verfolgen kann, bis man gewiss ist, dass sie der Vegetation nicht mehr angehören. Sie allein geben die Lebensgeschichte der Pflanze ab, und nur diejenigen Ströme des Pflanzenlebens, welche sich zu besondern grössern, kleinern und kleinsten Systemen unter sich in dem ganzen grossen Systeme absondern, können als bestimmte Gruppen wieder anerkannt werden.

§. 242.

Daher erscheint in der Botanik die Kenntniss der Species, Gattung, Familie u. s. w. zunächst nur als eine vorläufige Aufstellung und Vertheilung von Marken — eine Constellation — in den verschiedensten Theilen des Pflanzenreichs, um sich von ihnen aus in dem labyrinthischen Getriebe sicherer orientiren zu können ²⁵). Das Artensystem, was immer mehr oder weniger willkürlich ist, dient daher nur als Mittel zum Zweck.

§. 243.

Es muss endlich klar und bestimmt ausgesprochen werden, dass man sich, getäuscht durch eine scheinbare Abgeschlossenheit der Arten in den höher entwickelten Pflanzen- und Thierformen, nun bereits viele Jahrhunderte hindurch vergeblich bemüht hat, eine vorgefasste falsche Idee wahrzumachen; überhaupt eine beschränkte Idee in der Wissenschaft als eine allgemeine zu fixiren, ehe man die mikroskopischen Formen darum befragt hatte.

§. 244.

Und so verderblich es für die Entwicklung der Pflanzenphysiologie gewesen, dass man von vornherein den Maassstab des Thierreichs bei den Pflanzen anlegte, so verderblich ist es auch gewesen, dass man nur die Erscheinungen des höhern Pflanzenlebens zur Norm für die ganze Pflanzenwelt nahm, ehe man untersucht hatte, ob dieselbe auch unten anwendbar war.

§. 245.

Darum muss ich hier noch als unverbrüchlichen Grundsatz

bei allen nähern Bestimmungen des organischen Lebens anführen, dass man den Werth einer noch unbekannten Grösse nur durch Vergleichung mit bekannten ebenbürtigen und möglichst gleichwerthigen Grössen richtig beurtheilen kann. Ist daher die unbekannte Grösse von der Art, dass wir keinen Maassstab dafür besitzen, so muss sie als etwas Eigenthümliches — Totales — betrachtet und beurtheilt werden. Hätte man die niedern Gewächse früher als die höhern gekannt, so würde man gar nicht auf die „fixe Idee“ von der constanten Art und einem Artensystem, als Ziel der Wissenschaft, gekommen sein.

§. 246.

Die Summe unserer methodologischen Betrachtungen besteht nun darin:

1) Die Pflanzenwelt (wie überhaupt die ganze Natur) erscheint uns zunächst als eine totale Grösse. Wir zerlegen das grosse Total in kleinere und kleinste durch Differentiiren und gelangen so zu den Differentialen, den Gliedern eines Integrals, welches wir durch Summirung und Anordnung der Differentiale erhalten.

2) Die Gleichungen geschehen hierbei mit solchen bekannten Grössen, welche ebenfalls Totale sind, deren absoluten Werth wir zwar nicht kennen, deren relativen Werth wir aber durch Erfahrung aus unmittelbarer Anschauung wissen.

3) Die Sprache drückt alle diese Grössen durch Sinnbilder aus, deren Verhältniss sie entweder mehr oder weniger willkürlich oder nach der Natur, als Vorbild, festzustellen sucht.

4) Im gewöhnlichen Leben haben alle jene Sinnbilder die Bedeutung von Totalen, in der Wissenschaft aber bedeuten sie oft — nicht immer — ein Integral.

5) Weil die Zerlegung keines einzigen Totalen bis auf das Aeusserste kommen kann, so ist auch jedes Integral nur in seinem relativen Werthe bekannt, und es unterscheidet sich daher von dem Totalen nur durch eine grössere, nicht durch eine absolute Schärfe.

6) Das Höchste, was wir mit einem Sinnbilde darstellen können, ist ein möglichst lebendiges und treues Naturgemälde. Das Gemälde mit Integralbildern ist genauer, richtiger und daher schöner, als mit Totalbildern.

7) Das Gemälde ist die einzige mathematische Formel für die Natur, aber ihre Glieder gehören nicht der niedern, sondern

der höchsten Mathematik — der Poesie, die sinnbildend vergleicht — an.

„Alle Gestalten sind ähnlich, und keine gleicht der andern.“

§. 247.

Darum fühlte auch der grosse A. von Humboldt, dass der Kosmos nur als ein grossartiges Naturgemälde sich darstellen lasse.

§. 248.

Und Wilhelm von Humboldt sagt: „Es mag wunderbar scheinen, die Dichtung, die sich überall an Gestalt, Farbe und Mannigfaltigkeit erfreut, gerade mit den einfachsten und abgezogensten Ideen verbinden zu wollen; aber es ist darum nicht weniger richtig. Dichtung, Wissenschaft, Philosophie, Thatenkunde sind nicht in sich und ihrem Wesen nach gespalten; sie sind eins, wo der Mensch auf seinem Bildungsgange noch eins ist, oder sich durch wahrhaft dichterische Stimmung in jene Einheit zurückversetzt“ (Kosmos, II. 107). Und ich füge hier noch hinzu: Sie bleiben immer Eins, wenn man sie in ihrer höchsten Reinheit, gesäubert von allem Ungehörigen, Niedern, erfasst, wenn man den religiösen Glauben nicht verlässt, dem sie entsprungen, denjenigen Glauben, der die Welt in Liebe versöhnt, nicht den, der aus geistiger Stumpfheit in ihr des Teufels Werk erblickt, und in wildem Fanatismus die Flamme des Scheiterhaufens entzündet; nicht den, der mit eherner kalter Faust die Welt in absolute Stücke zerschlägt, die Menschheit zerreisst und im politischen Fanatismus die blutige Fahne schwingt ²⁶).

§. 249.

Nichts hat mich mehr von dem religiösen Grunde der Naturwissenschaft überzeugt, als der Kosmos. Die schönen Sinnbilder des grossen Gemäldes sind so harmonisch verknüpft und in solche verhältnissmässige Ferne gestellt, dass man die einzelnen Mosaiksteinchen nicht bemerkt. Ich muss diese Darstellung des Kosmos als das schönste Vorbild für alle folgenden Darstellungen höherer Naturwahrheiten erklären. Es geht mir mit ihm wie mit den Mosaikgemälden in der Kuppel der Peterskirche zu Rom, wenn man sie von den Säulen des Hochaltars aus betrachtet.

§. 250.

So wäre denn der letzte Zweck der Botanik, wie überhaupt der Naturwissenschaft, ein religiöser, ein christlich-religiöser,

welcher nicht darin besteht die Welt zu entzweien, sondern zu versöhnen. Darum muss jetzt alle Untersuchung dahin gehen, die verbindenden Fäden — nicht absolute Arten, nicht scharfe Trennungen — in der Natur aufzusuchen, welche dieselbe mit dem Menschen und zuletzt diesen mit Gott verknüpfen. Diese Fäden liegen überall ausgespannt und wir haben bloss unsere Sinne auf sie zu richten, um sie gewahr zu werden.

§. 254.

In dieser Weise bietet die Naturforschung eine unendliche moralische Wirkung dar; denn nur dadurch, dass der Mensch weder in der Natur noch in dem Menschen einen Feind, ein Anderes, sondern Sich Selbst erkennt, kann er die Worte Christi „Liebet Eure Feinde, segnet, die Euch fluchen, thut wohl denen, die Euch hassen und verfolgen“ erfüllen. Es ist also die höchste Objectivität, die der Mensch als Christ zu erreichen bestrebt sein muss, und zu dieser wird er zunächst durch die Natur, welche nie Leidenschaften entflammt, und welche sich nie verstellt, nie schminkt, geleitet.

So wird der Dualismus, der die Welt zerreisst und zerstückt, schwinden, und so wird die Versöhnung erreicht werden, die durch den Apfel der Erkenntniss das Menschengeschlecht so lange entbehrt hat.

§. 252.

Bisher ist die Versöhnung des Menschen mit der Welt und mit Gott nur durch den Tod erreicht worden. Alle Religionen haben den Tod als Opfer geheiligt. Auch das Christenthum hat dieses Versöhnungsoffer gebracht. Aber indem es dem Christen zugleich die allgemeine Menschenliebe gebot und dieses Gebot („Liebe deinen Nächsten wie dich selbst“) als oberstes hinstellte, zeigte es, wie die Versöhnung durch das Leben möglich sei.

III. Das Naturleben.

§. 253.

Das Leben in seiner physischen Bedeutung ist die relative Bewegung im absoluten Raume, also im Unräumlichen. Dadurch werden relative Räume, relative Grössen, gebildet. Nur diese sind für uns physisch vorhanden, die absolute Grösse ist daher das physische Nichts, aber eben darum das absolute All, aus welchem zeitweise, relative Räume belebt werden. Diese belebten Räume sind das Geschiedene vom Absoluten, die physische Trennung von Gott, aber nicht die geistige. Denn der Geist Gottes — ausserräumlich und ausserzeitlich — wirkt überall als das bewegende Gesetz, als das belebende Wesen, als continuirliche Kraft.

§. 254.

Das Gesetz der Bewegung ist die Beziehung der Zeit auf den Raum. Weil die Zeit continuirlich ist, wie der Raum, die verschwundene aber auf ewig vorüber ist und nie wiederkehrt, so muss das physische Leben, das an die Zeit gekettet ist, veränderlich sein, wie die Zeit. Daher können wol ähnliche, aber nicht gleiche Bewegungen im Raume wiederkehren, weil die Zeit alle physischen Verhältnisse ändert.

§. 255.

Es ist also das ganze Naturleben ein System von continuirlich veränderlichen Bewegungen, und diese Bewegungen sind nur gradweise von einander verschieden.

Die continuirlich veränderlichen Bewegungen sind das einzige, wahre und absolute Gesetz der Natur.

§. 256.

Alle physischen Erscheinungen sind darin gleich, dass sie

einerlei Grundlage haben, welche als Materie bezeichnet wird. Dass die Materie das erste Resultat der Bewegung ist, können wir nur rückgehend erschliessen, nicht wissen, weil die Materie an sich für uns nicht wahrnehmbar ist.

Da, wo die Materie, durch die Bewegungen in sich selbst, sich zu differentiiren beginnt, also aus dem Homogenen in das Heterogene übergeht, bilden sich materielle Differentiale, welche mit dem allgemeinen Namen der Grundstoffe, Elemente, belegt werden.

Durch die Vereinigung der verschiedenen Grundstoffe nach bestimmten Verhältnissen werden die zusammengesetzten Stoffe, die chemischen Verbindungen, hervorgerufen.

Durch die Vermehrung gleichartiger Stofftheilchen und deren maassloser Verbindung werden die Massen gebildet.

Erst aus den Massentheilchen entstehen die für uns sinnlich wahrnehmbaren und tastbaren, concreten Körper.

Die Massentheile werden auch Moleküle genannt. Ich werde jedoch unter der letzten Benennung vorzugsweise die kleinsten, aber mikroskopisch-sichtbaren Körperchen oder Körpertheilchen verstehen.

§. 257.

Ausser den jetzt bekannten 62 Grundstoffen, deren genauere Kenntniss die Chemie lehrt, wird noch allgemein ein Weltäther angenommen. Er ist vielleicht die Materie an sich, die Materie ohne fühlbare Masse. Daher tritt er auch nicht körperlich auf, wol aber wird er an seinen Bewegungen in den Körper erschlossen (§. 501). Man stellt ihn sich als die feinste, dünnste und beweglichste aller Flüssigkeiten dar, welche nicht nur den ganzen Weltenraum, sondern auch alle Körper durchdringt. Die Bewegungsdifferentiale des Aethers zeigen sich als Licht, Wärme, Electricität und Magnetismus. Wärmebewegungen gehen nach Umständen in Licht-, Electricitäts- und magnetische Bewegungen über; ebenso die Electricitätsbewegungen in Wärme-, Licht- und magnetische, und die magnetischen in Licht-, Wärme- und Electricitätsbewegungen.

§. 258.

Die Differentiale der Materie oder die Stoffe bringen durch ihre verschiedenartigen Bewegungen die chemischen Verbindungen hervor. Wir können daher diese Art der Bewegung die chemische nennen. Alle Arten der Aetherbewegung haben auf die Richtung der chemischen Bewegung Einfluss, so dass durch dieselben ebensowol chemische Verbindungen als Trennungen

(Zersetzungen) hervorgerufen werden können. Die Bewegungen der Massentheilchen bringen die Massendifferentiale hervor, welche den Aggregationszustand der Stoffe bedingen.

§. 259.

Alle diese Bewegungen können von uns nicht unmittelbar beobachtet, sondern nur erschlossen werden. Unsern Schlüssen legen wir die Körperbewegungen zu Grunde, die einzigen, welche sinnlich wahrnehmbar sind, indem wir dabei voraussetzen, dass dieselben Regeln, welche in der fühlbaren Körperwelt herrschen, auch in den unfühlbaren Aether-, Stoff- und Massentheilchen vorhanden sein müssen, weil die Körper das Resultat — die Resultirende — jener Urbewegungen sind.

§. 260.

Daher muss uns auch die ganze Welt als der Ausdruck der lebendigen Gedanken Gottes erscheinen, deren Leben Bewegung ist. Daher in der Welt nirgends physische Ruhe, weil diese nur bei Gott — dem Beständigen, Unveränderlichen, Unzeitlichen, Unräumlichen, Ausserweltlichen — wirklich vorhanden ist. Ruhe kann daher in der Physik überall nur eine relative Bedeutung, wie „Kälte“ haben; sie ist nur ein geringer Grad der Geschwindigkeit.

§. 261.

Sowol die Minima als Maxima der Geschwindigkeiten sind auch bei Körpern für uns nicht messbar, wenigstens nicht mit der Genauigkeit, womit wir die mittlern uns zugänglichen Geschwindigkeiten messen. Da nun alle Geschwindigkeiten zugleich variabel sind, so kann auch bei der genauesten Messung nur ein relatives Resultat erlangt werden.

§. 262.

Die Molekular- oder Körperbewegung ist am geschwindesten und gleichmässigsten, je liquider und homogener das Mittel ist, worin sie vor sich geht.

§. 263.

Die Geschwindigkeit und Gleichmässigkeit der Bewegung wächst noch mit der Differenz der Dichtigkeit, zwischen dem bewegten Theil und dem Mittel, vorausgesetzt, dass die grössere Dichtigkeit dem bewegten Körper — nicht dem Medium — zukommt.

Daher die grösste Geschwindigkeit und Gleichmässigkeit der Bewegung der Körper im Aetherraume, wo man nur an dem *Enke'schen* Kometen, aber nicht an den Planeten, eine merkliche Retardation gefunden hat, woraus sich auf eine materielle, ob schon nicht concrete körperliche Beschaffenheit des Aethers schliessen lässt.

§. 264.

In körperlichen Flüssigkeiten kann ein solcher Grad der Bewegung nicht stattfinden, darum herrscht hier aber auch nicht jene Einförmigkeit, sondern unendliche Mannigfaltigkeit.

§. 265.

Von der Bewegung der Körper- und Massentheilchen hängen die Gestaltungsprocesse auf unserm Planeten ab. Diese Gestaltungsprocesse sind zwar alle vorübergehend — weil variabel — aber während die einen so schnell vorübergehen, dass man sie selbst für Secunden nicht festhalten kann, gehen andere so langsam von Statten, dass man hinreichend Zeit findet, sich mit ihnen bekannt zu machen.

§. 266.

Zu den ersten Gestaltungsprocessen gehören die Formen aller leicht beweglichen Flüssigkeiten, der Luft mit ihren Wolken-, Nebel- und Lichterscheinungen, des Wassers, von dem ruhigen See, dem langsam fliessenden Strom bis zu dem plätschernden Bach, dem schäumenden Wasserfall und dem sturmbewegten Meer.

Mehr oder weniger plötzliche Erstarrung des bewegten Flüssigen macht gewisse Momente dieser Formen oft bleibend. Daher erstarrte Ströme in den Laven, Basalten, Graniten, erstarrte Wellen und erstarrte Ebenen auf unserer Erdoberfläche — erstarrte mikroskopische Ströme in der Pflanzenzelle.

Man kann alle diese Gestalten mit einem Ausdruck als massige Formen bezeichnen.

§. 267.

Alle massigen Formen sind sehr mannigfaltig krummlinig und krummflächig (polymorph), nicht formlos (amorph), wie man gewöhnlich in physikalischen Lehrbüchern findet. Aber ihre Formen sind sehr schwer mathematisch (analytisch) zu bestimmen, weil sie sämmtlich der Analysis des Unendlichen anheimfallen, die selbst mit sich noch nicht fertig ist. Ihnen allen liegen die von den Mathematikern so genannten transcendenten und interscendenten

Curven zu Grunde. Man nimmt sie daher als Grunderscheinungen, sinnliche Grundformen an, wodurch sie zu Sinnbildern werden²⁷). Daher rühren in der beschreibenden Naturgeschichte wie in der Poesie Ausdrücke wie wolzig, nebelig, schaumig, stürmisch, welche, wie viele andere Begriffe der Art, als an sich bekannt vorausgesetzt werden, indem sie der unmittelbaren Anschauung entnommen sind.

Alle diese massigen Formen sind noch dadurch ausgezeichnet, dass sie sämmtlich in einander fließen, so dass keine eigentliche Individualisation stattfindet, wie bei den folgenden Formen. Wo dieselbe bemerkt wird, wie z. B. bei den Wolken, ist sie nur scheinbar und selbst dieser Schein wird durch plötzliches Zusammenfließen und Verdichten, oder durch allseitiges Verdünnen und Verschwinden schnell wieder aufgehoben. Es haben daher alle Massengebilde ein sehr vorherrschendes Gemeinleben.

§. 268.

Wenn gewisse Moleküle in einer Flüssigkeit erstarren, so verbinden sich diese häufig zu Körpern von bestimmter Gestalt und zwar an verschiedenen getrennten Punkten. Diese Körper sind daher im Anfang unter sich geschieden, wenn auch gleichartig, und wachsen, indem sie gleichartigen Stoff aus der Flüssigkeit anziehen. Sie sind individualisirt.

§. 269.

Die eine Form dieser Körper zeigt sich immer von (physischen) Ebenen und geraden Linien begrenzt, man muss daher annehmen, dass die Bewegung der Moleküle bei ihrer Verbindung eine geradlinige, oder wenigstens eine solche gewesen, welche der geradlinigen nahe kommt. Man nennt diese Bildungen Krystalle²⁸).

§. 270.

Bei der Bildung der andern Form individualisirter Körper bewegen sich die Moleküle in deutlichen transcendenten Curven. Den Beweis dazu liefert die sichtbare Bewegung der Körpertheilchen in dem flüssigen Medium, welche in vielen Fällen unmittelbar und in den andern mittelbar beobachtet oder wenigstens erschlossen werden kann. Daher haben diese Körper auch keine ebenen, sondern krumme Flächen. Sie heissen organische Körper.

Man stellt ihnen die Krystall- und einen Theil der Massengebilde auch als unorganische Körper entgegen.

§. 271.

Die Unterscheidung der Organismen in Pflanzen und Thiere beruht theils auf uralter Tradition, theils auf unmittelbarer Totalanschauung der sichtbaren Organismen. Der Unterschied ist von Niemand begründet worden und kann auch nicht begründet werden. Wie weit die Begründung relativ jetzt möglich ist, werden wir in der Folge sehen; noch mehr aber und leichter kann man die Verbindung beider Reiche und die Verschlingung ihrer Formen bei der Elementar- und Molekular-Analyse, so wie bei der Beobachtung der Bildungsgeschichte nachweisen. Nur so viel lässt sich bei der Entstehung der organischen Körper jetzt sagen, dass die Pflanze bei ihrer Bildung die unorganischen Körper und das Thier bei seiner Bildung die Pflanzen voraussetzt.

§. 272.

Wir erhalten sonach, wenn wir zurückblicken, für das Naturleben folgende Stufen:

- 1) Leben der Urmaterie (Aetherleben).
- 2) Leben der Stoffe (Elementarleben, chemisches Leben).
- 3) Leben der Massen (Allgemeines Körperleben).
- 4) Leben der Individuen (Besonderes Körperleben):
 - a) der Krystalle (Erstarrung, dann geringster Grad der Geschwindigkeit);
 - b) der Organismen (Starrflüssig, langsame Molekularbewegung);
 - α) der Pflanzen (Zellenbewegung);
 - β) der Thiere (Bewegung der höhern Organe).

Jede höhere Bewegung beherrscht die vorhergehende niedere, aber jede niedere Bewegung kann störend in die höhere eingreifen, wodurch die Hemmungsbildungen oder auch gänzliche Zerstörungen der höhern Bewegungen und ihr Zerfallen in niedere stattfindet ²⁹⁾ (Vergl. Anmerk. 24).

Anmerkungen.

1) Zu §. 18. S. 5. Die ältesten botanischen Schriften sind ohne Namen des Verfassers unter dem Titel „*Herbarius*“ erschienen. Eins derselben, was ich gesehen, trägt den Titel: „*Herbarius Moguntie impressus. 1484. Mogunt. Schöffers.*“ Es sind die ersten Holzschnitte, welche Pflanzen darstellen. — *Cuba* hatte in Begleitung eines Malers Reisen nach Griechenland und dem Orient gemacht und bei dieser Gelegenheit besonders den Pflanzen seine Aufmerksamkeit gewidmet. Er schrieb den „*Garten der Gesundheit*“, welcher zuerst zu Mainz 1485 erschien. Die Abbildungen sind aber fast unbrauchbar.

2) Zu §. 22. S. 6. *Brunfels* war zu Mainz geboren, ging zur lutherischen Lehre über und war dann Prediger und Lehrer daselbst. Neben seinen Aemtern studirte er Medicin und starb zu Bern 1584. Sein botanisches Werk führt den Titel: „*Herbarium vivae icones ad naturae imitationem effigatae.*“ Es erschien 1530 zu Strassburg. Die deutsche Ausgabe erschien 1532—1537 unter dem Titel: „*Contrafayt Kräuterbuch.*“ Es enthält 238 Holzschnitte, welche die Pflanzen in den einfachsten, aber naturgetreuen Umrissen darstellen, so dass man dieselben grösstentheils gut erkennen kann.

Ich kann nicht umhin hier zu erwähnen, dass ich die Bekanntschaft mit der alten botanischen Literatur meinem Freunde *Wallroth* verdanke, in dessen ausgezeichneten Bibliothek man nur wenige dieser Werke vermisst. *Wallroth* ist auch wol der Einzige der noch lebenden Botaniker, welche die alten Schriftsteller wirklich studirt haben, woher es auch kommt, dass er allein ihren Werth genau kennt und daher mehr Gewicht auf dieselben legt, als irgend ein anderer Botaniker.

3) Zu §. 38. S. 12. Von dem verstorbenen *Schrader*, welcher Professor und Director des botanischen Gartens zu Göttingen war und seiner Zeit zu den berühmtesten Botanikern gehörte, erzählt man sich, dass er auf Excursionen mit seinen Zuhörern die Pflanzen öfters erst zugerichtet, indem er die Blätter u. s. w., welche nicht zur Diagnose gepasst, abgezupft, und dann die Pflanze mit den Worten übergeben habe: „Hier ist ein instructives Exemplar, das können Sie einlegen.“

4) Zu §. 49. S. 18. *Micheli* war Aufseher des grossherzoglichen Gartens zu Florenz. Er bemühte sich, besonders die Geschlechtstheile der niedern Gewächse aufzusuchen und gab „*Nova plantarum genera*“ 1729 heraus. Wenige Jahre darauf (1741) erschien von *Dillen*, welcher anfangs Professor in Giessen und zuletzt zu Oxford war, die „*Historia muscorum*“.

5) Zu §. 61. S. 23. Es kann nicht genug darauf hingewiesen werden, dass die grössten Naturforscher durchaus auf christlich-religiösem Boden standen, nicht auf dieser oder jener Philosophie, welche Gott als blosse „Weltseele“ ansieht. Besonders muss ich in dieser Beziehung *Newton* und *Linne* anführen, deren Werke Zeugnis von dem Gesagten geben. So gilt *Linne* die Natur als „lex immutabilis Dei“ und Gott selbst ist nach ihm „opifex rerum“. — Weiter äussert er sich über die Welt und die Bestimmung des Menschen: „Sic totus Mundus gloria divina plenus est, dum omnia creata opera Deum glorificant per hominem.“ (Syst. Naturae. Ed. XII. Tom. I. p. 11. 12.)

6) Zu §. 61. S. 23. Die berührten Punkte sind so einfache Wahrheiten, dass sie sich ganz von selbst verstehen, wenn wir nicht damit umgehen, unsern christlichen Standpunkt, worauf unsere Cultur theils schon beruht, theils vollendet werden soll, zu verrücken oder zu vernichten. Nur eine Verkenntung der Wohlthaten, welche das Christenthum den Völkern erwiesen, kann die Ursache sein, dass man meint, unsere modernen philosophischen Systeme seien berufen, die Cultur zu vollenden; dass man meint, den religiösen Grund zu wissenschaftlichen Studien entbehren zu können. Wissenschaft und Religion müssen sich gegenseitig stützen. Indem die Religion dazu dient, das moralische Fundament zu gründen, was jede Wissenschaft voraussetzt, strebt die letztere dahin den Glauben zu läutern und zu befestigen. Dasjenige missverstandene Christenthum, welches die wahre Wissenschaft verachtet, ist nicht minder in Irrthum, denn es wird mit der Ausweisung der Wissenschaft auch den Glauben aus seinen Hallen verjagen, und es täuscht keinen Rechtschaffenen, wenn es auch noch so oft und noch so kräftig und noch so feierlich vor der Welt ausspricht, dass es wirklich den Glauben besitze; es täuscht sich aber selbst, wenn es meint, den Glauben besitzen zu können, ohne den Aberglauben durch die Wissenschaft zu besiegen. Das Christenthum unter den Völkern ist noch nicht vollendet, sondern in der Entwicklung begriffen, wie die Menschheit. Die Entwicklung kann nicht ohne Bewegung stattfinden; „die Bewegung aber ist ein Kampf, ein Kampf gegen die Ungewissheit, welche in der Zeit den Namen Zukunft trägt. Siegreich und vollendet kann er nur aus dem Glauben geführt werden, welcher weder in Furcht sich lähmt, noch in Aberglauben sich verkehrt, sondern die Waffe anlegt, welche die Gewissheit des Geistes in die Hand gibt. Diese Waffe ist die Wissenschaft. Sie ringt, ein echtes Kind des Glaubens, in der Gewissheit des Geistes nie wankend, niemals zitternd im Kampfe und zweifelnd an dem Siege, mit jedem Schritte vorwärts in die Zeit der Ungewissheit einen Schritt breit Landes ab, um ihn dem Reiche der Wahrheit einzuverleiben, und thut im Namen des Glaubens, der sie sendet, in der Besiegung der sinnlichen Mächte die Zeichen und Wunder, welche um der Schwachen willen gethan werden müssen, damit sie an die Gewissheit des Geistes glauben, den Aberglauben an irgend noch eine andere Zukunft vor dem Ungewissen, das sie fürchten, abthun und Gott anbeten lernen im Geist und in der Wahrheit.“ *Graffunder*, Einleitende Grundzüge zu einer geschichtlichen Betrachtung des Aberglaubens. Erfurt, 1850. S. 19 und 20.

7) Zu §. 64. S. 24. Was die philosophische Grundlage betrifft, welche ich von dem Zögling der Botanik verlange, so schliesse ich mich hierin

den von *Schleiden* in seinen „Grundzügen der wissenschaftlichen Botanik“, 3. Aufl. S. 29 u. f. entwickelten Grundsätzen im Princip grösstentheils an. Ich finde namentlich, dass die *Kant'schen* Lehren noch lange nicht hinreichend für die Naturwissenschaft benutzt und noch weniger erschöpft sind, so dass noch eine Fülle von Gedanken zur weitem Benutzung in ihnen vorhanden ist. *Kant* steht durchaus auf christlichem Grund und Boden und Keiner hat, wie er, die Methode *Newton's* und anderer grosser Naturforscher für die Philosophie zu benutzen verstanden. Namentlich muss ich auf die erste Ausgabe der „Prolegomena zu einer jeden künftigen Metaphysik u. s. w.“ aufmerksam machen.

8) Zu §. 68. S. 26. Ich muss hierbei erwähnen, dass die drei Erscheinungen, welche ich so eben angeführt habe, im Grunde sich auf eine, nämlich auf „Bewegung“ zurückführen lassen. Nur ist uns noch nicht überall ihre Verknüpfung klar geworden. Diese Verknüpfung zu suchen ist die Aufgabe der gesamten Naturwissenschaft.

9) Zu §. 72. S. 27. Formlose Körper gibt es eigentlich nicht, aber es ist Sprachgebrauch, diejenigen Erscheinungen als formlos zu bezeichnen, bei denen die Form entweder im höchsten Grade veränderlich ist, wie bei der Luft und beim Wasser, oder sich nicht auf eine einfach verständliche Weise bestimmen lässt. Vergl. §. 266 u. 267.

10) Zu §. 77. S. 29. So hat bekanntlich *Ehrenberg* in Folge eines Experiments, wodurch blaue Flecken und Punkte im Innern einer Kieselzelle bei einigen Diatomeen entstanden, als er diese in eine blaue Flüssigkeit gebracht hatte, auf die Anwesenheit mehrerer Magensäcke bei den Diatomeen geschlossen und diese daher zu seinen vielmagigen Infusorien gestellt. Aber das Experiment beweist für die Anwesenheit von Magensäcken bei den Diatomeen eben so wenig, als ein ähnliches bei den andern Pflanzenzellen, durch deren sichtbare Poren die verschiedensten Flüssigkeiten mittelst der Haarröhrchenkraft (die hier mit der Endosmose gleichbedeutend ist) aufgenommen werden.

11) Zu §. 88. S. 33. Vergl. *Schleiden*, „Grundzüge der wissenschaftlichen Botanik“ (1. Ausgabe) S. 70.

12) Zu §. 90. S. 33. Ich muss hierbei bemerken, dass auch „eingemachte Früchte“, wie sie in der Küche gebraucht werden, sich oft noch ganz vortrefflich zu mikroskopischen Untersuchungen eignen.

13) Zu §. 94. 3) S. 35. Sehr interessant ist, was *Goethe* in seiner Farbenlehre (Pathologische Farben. Anhang. §. 103 u. f.) über Akyanoblepsie sagt.

14) Zu §. 104. S. 39. Man vergleiche hier auch *Schleiden*, „Grundzüge u. s. w.“ (3. Aufl.) S. 91 u. f.

15) Zu §. 123. S. 47. Weiteres kann man über das Mikrotom des Dr. *Oschatz* nachlesen in v. *Mohl's* und v. *Schlechtendal's* Botanischer Zeitung, 1843. Sp. 400, 733 und 1844. Sp. 865.

16) Zu §. 142. S. 53. Vergleiche *E. Millon*, „Ueber ein Reagenz auf Protein“ in *Erdmann's* und *Marchand's* Journal der Chemie, 1849. Aug. 350.

17) Zu §. 151. S. 57. Vergleiche: Botanische Zeitung, 1847. Personal-Notizen, Sp. 592.

18) Zu §. 153. S. 58. Ich denke, es wird die Zeit nicht mehr fern sein, wo man über alle die alten Zöpfe, welche die Botanik versteift haben und immer noch versteifen, den Stab brechen wird. Es hat sich auch kein tüchtiger Forscher an die „Zöpfe“ gekehrt, selbst diejenigen nicht, welche auf Andere, wegen Bildung neuer Termini, ärgerlich gewesen sind. Als Beispiel führe ich nur *Schleiden* an, welcher in seiner „Entwicklungsgeschichte des vegetabilischen Organismus u. s. w.“ (Beiträge zur Botanik, S. 103) sagt: „Die Worte *testa* und *membrana interna*, so wie die andern vom reifen Samen hergenommenen und nirgend passenden Ausdrücke musste ich aufgeben, da sie wegen der vielen, historisch ihnen anklebenden Irrthümer nur dazu dienen konnten, die Begriffe zu verwirren.“

19) Zu §. 171. S. 65. So führt z. B. *Naegeli* (Die neuern Algensysteme, S. 123 u. f.) nur das von den Palmellaceen, *Pleurococcus vulgaris* u. s. w. an, was zu seinem Dogma passt, während er alles Andere dreist wegleugnet, was *Meneghini* und *ich* noch angegeben haben.

20) Zu §. 176. S. 66. „Es gehört in die Leiden der Gegenwart, dass ein unseliger Hang zu inhaltloser poetischer Prosa, zu der Leere sogenannter gemüthlicher Ergüsse, gleichzeitig in vielen Ländern, verdienstvolle Reisende und naturhistorische Schriftsteller ergriffen hat.“ „Kosmos“, II. S. 73.

21) Zu §. 180. S. 67. Die Zeit der „Wunder“ ist keineswegs vorüber, denn jede neue und unerklärte Erscheinung ist ein solches. Die Natur ist voll davon. Nur muss berücksichtigt werden, dass der Unwissende das Wunder ganz wo anders findet, als der Wissende. Der Wissende, der die Natur zu seinem wie zu Anderer Vorthail auf die glücklichste Weise zu benutzen versteht, ist für den Unwissenden im Grunde ein eben so grosser Wundermann (Prophet), als *Moses* den Kindern Israel war. Jedes Experiment in der Chemie und Physik kann daher als ein Wunder genommen werden, denn es dient uns eben so zum Beweismittel (Zeichen) unserer Lehren, wie die Zeichen und Wunder der Propheten und aller ältern Religionslehrer. Dieses Wunder zwingt auch in der That zum Glauben, weil es durch seine unmittelbare Anschauungsfähigkeit sich jedem Sehenden gewaltsam aufdringt. Die Priester der alten Völker hatten daher auch, weil sie allein es waren, welche die Wissenschaft besaßen und das Experimentiren verstanden, die furchtbarste Gewalt in Händen, der sich nicht nur das Volk, sondern auch die Könige beugen mussten. Durch die Priesterschaft wurde aber mit der Wissenschaft der grösste Missbrauch getrieben, indem sie dieselbe als Sklavenketten für das Volk gebrauchten und so für sich eine unbeschränkte Herrschaft begründeten. Gleichzeitig wurde aber nicht der Glaube, sondern der Aberglaube geflissentlich ins Volk getragen, genährt und methodisch befestigt. Dass sich dadurch die Wissenschaft vor dem Volke verstecken musste und alles Wissen nach Aussen hin zugleich ein Geheimniss war, ist erklärlich. Aber so konnte die Wissenschaft auch nicht gedeihen; denn ihr war in den Mysterien Luft und Licht genommen. Erst mit der Eröffnung der griechischen Philosophenschulen trat die Wissenschaft ins offene Leben ein, aber nur theilweise, denn die esoterischen Lehren blieben für immer ein Geheimniss. Das Christenthum vollendete nun, was das Heidenthum nicht ausführen konnte. „Unleugbar ist es, dass die ersten griechischen Philosophenschulen den Resten vorhistorischer Naturwissenschaft ihre Entstehung verdanken, und namentlich *Thales* und

Pythagoras, so wie *Pherecydes*, *Xenophanes*, *Parmenides*, *Empedokles*, *Demokrit* vorzugsweise als Physiker zu betrachten sind. Und eben so ist es unleugbare Thatsache, dass dieselben griechischen Philosophenschulen, indem sie den Sinn für eigne Forschung erweckten, zum Umsturz des Heidenthums wirkten und dadurch Bahn machten dem Christenthum. Umgekehrt wird sich nachweisen lassen, . . . dass der Aufschwung neuerer Naturwissenschaft zusammenhängt mit dem herrlichen Triumphe des Christenthums, der Abschaffung des alten Sklavenwesens. Eben dadurch nämlich gingen die technischen Geschäfte, z. B. der Bergbau, nach und nach in die Hände freier Menschen über, und an die Stelle der selbst von einem *Plato* in seiner Republik, weil gewisse knechtische Arbeiten schlechterdings gethan sein wollen, für unentbehrlich gehaltenen Sklaven traten unsere Maschinen — gleichsam neue, vom Menschen geschaffene Organismen — „welche Tag und Nacht eben so pünktlich als unermüdlich fortarbeitend, jene unentbehrlichen Sklavendienste besorgen.“ *Schweigger*, „Einleitung in die Mythologie auf dem Standpunkte der Naturwissenschaft“. Halle, 1836, S. 28.

So trat nun die Wissenschaft aus der Priesterkaste heraus ins Volk, und die Wunder werden seitdem nicht mehr in den steinernen Tempeln, sondern in den Laboratorien der Schulen und in den Werkstätten der Techniker verrichtet, und will ja hie und da noch ein Unwissender sich in alter Weise als geheimnissvoller Wundermacher zeigen, so sind die Augen der Polizei schon hinreichend, ihn als Betrüger zu entlarven. Darum ist aber auch der Glaube an die neue Naturwissenschaft gross; darum ist die Gewalt der Schule gross; darum darf aber auch die neue Naturwissenschaft niemals vergessen, dass sie eine Tochter des Christenthums ist und den Beruf hat, dasselbe zu kräftigen und weiter zu entwickeln, eingedenk des letzten Zweckes desselben, welcher in dem Spruche enthalten ist: „Ihr sollt ein priesterliches Volk sein.“ Das ist das letzte grosse Wunder, was die Gesamtwissenschaft auf christlichem Standpunkte auszuführen hat.

22) Zu §. 204. S. 74. *A. v. Humboldt*, „Kosmos“, II, 145. — Ich muss bei dieser Gelegenheit noch Etwas erwähnen, womit mich selbst meine besten Freunde immer ennuyirt haben. Ich habe nicht einmal, sondern wiederholt in meinen Schriften erklärt, dass ich keine absoluten Arten, Gattungen u. s. w. anerkenne und dass ich den von mir gegründeten neuen Gattungen und Arten selbst von Haus aus nur relativen Werth beilege. Demungeachtet schrieb mir Dieser und Jener: Ihre Gattung x und die Art y werden sich nicht halten, ich besitze Uebergänge zu m und n. Solche „Uebergänge“ waren mir aber gewöhnlich schon viel früher und besser bekannt, als meinem verehrlichen Correspondenten.

23) Zu §. 211. S. 77. Viele Artikel in unsern botanischen Zeitschriften leiden besonders häufig an einer ganz unnöthigen Breite. Es ist, als ob es hauptsächlich nur darauf abgesehen wäre, so und so viel Seiten und Spalten zu liefern. Reicht der Stoff nicht aus, so werden eine Menge unnöthiger Nebensachen, wässeriger Redensarten oder überflüssiger Citate aus allerhand Schriftstellern darunter gemengt, um die „breite Bettelsuppe“ als Gericht aufzutischen zu können. Unsere Zeitschriften würden alle ein gesunderes und kräftigeres Ansehen haben, wenn ihre Gründer und Herausgeber nicht den Inhalt vorher nach der Elle bestimmt hätten, sondern nach seinem Werthe. Wozu müssen denn jährlich gerade so und so viel Bogen ausgegeben werden?

Man würde gern denselben Preis für die Hälfte der Druckbogen zahlen, wenn man dabei den Vortheil gewänne, den bessern Inhalt nicht durch viel leeres und wässeriges Gewäsch homöopathisch verdünnt zu erhalten und durch das Lesen kürzerer inhaltvoller Arbeiten viel kostbare Zeit zu sparen.

24) Zu §. 240. S. 89. Erst jetzt habe ich den letzten Faden durchschnitten, der mich noch — obschon nur schwach — mit der herrschenden Ansicht verknüpfte, welche die Auffindung der sogenannten absoluten Unterschiede als das Ziel der Botanik erstreben zu müssen glaubte. Es wird mir dadurch so recht wohl ums Herz, denn ich fühle, dass meine mühsamen, ins Einzelne gehenden Untersuchungen, denen ich die schönste Zeit meines Lebens gewidmet, die mir aber auch so manchen schönen geistigen Genuss bereitet haben, nicht vergeblich gewesen sind. Die speciellen Studien sind das einzige Mittel, welches die Fäden zur Verknüpfung des Einzelnen zur Einheit liefert. Ihr Zweck ist also: der Einheit, dem Ganzen zu dienen, nicht sich selbst.

25) Zu §. 242. S. 89. Wenn etwa Jemand auf den Gedanken kommen sollte, die von mir dargelegte Methode als eine neue zu bezeichnen, den muss ich wiederholt darauf aufmerksam machen, dass sie schon von Linné und allen den ältern Forschern angebahnt wurde, welche nicht das „System“ oder die „Art“, sondern die „natürliche Methode“ als „*primum et ultimum in Botanicis*“ erkannten. Ich lege auch besonders darauf Gewicht, dass Linné nicht von einem „*Systema naturale*“ wie De Candolle und seine Nachfolger, spricht, sondern von einem „*Methodus naturalis*“. Das ist um so wichtiger, als Jedermann weiss, wie Linné seine Worte abwog. Das „System“ selbst aber galt ihm nur als ein Mittel zur Orientirung, wesshalb er es auch sehr treffend mit dem Faden der Ariadne verglich. Dass er ferner weit entfernt war, zu glauben, dass man absolute Arten begründen könne, geht aus der Aeusserung „*Nullus character infallibilis est*“ hervor. Vergleiche §. 43.

26) Zu §. 248. S. 91. Ich mache, in Bezug auf die hier und an andern Stellen ausgesprochenen Ideen, noch auf eine von mir vor Kurzem erschienene kleine Schrift: „Die Naturwissenschaften in den Schulen als Beförderer des christlichen Humanismus. Nordhausen, 1850.“ aufmerksam.

27) Zu §. 267. S. 97. Nur ein Theil dieser Linien ist mathematisch entwickelt. Die mathematische Behandlung ist aber hier bei der Darstellung des Lebendigen von wenig Nutzen, weil man sich bei der Untersuchung immer nur mit einzelnen Merkmalen befassen kann. Darüber geht aber die Anschauung des ganzen Bildes verloren. Und doch soll dieses dargestellt werden. Man bedenke, dass zur vollständigen Entzifferung des mathematischen Grundes nur einiger weniger transcendenten Curven ganze Bände von Formeln und Rechnungen nöthig sind. Man versuche es nur die Curven einer einzigen kleinen auf das Papier gezeichneten Wolke vollständig in eine mathematische Formel zu bringen und man wird sehen, wie weit man damit kommt. Und, wenn man damit fertig ist, so ist immer nur erst ein willkürlich herausgenommenes und sehr unvollständiges Moment dargestellt worden.

28) Zu §. 269. S. 97. Die Moleküle, woraus die Krystalle sich bilden, sind auch unter dem Mikroskope nicht sichtbar. Aber wol kann man die

Bewegung der kleinen Krystallkörperchen beobachten, welche sich zu den zusammengesetzten krystallinischen Gebilden (Krystallvegetationen, Dendriten u. s. w.) vereinigen. Ebenso kann man das Wachsen der Krystalle in geradliniger Richtung beobachten. Besonders leicht ist das beim geschmolzenen Schwefel zu sehen, wenn man ihn wieder so weit hat erkalten lassen, dass er hellgelb und dünnflüssig erscheint und ihn so durch Neigen des Glasgefässes an die innere Wand dünn ausbreitet. Es entstehen nach einander an den verschiedenen Stellen, jedenfalls entsprechend der verschiedenen Abkühlung, Krystallisationscentra, von wo aus die Weiterbildung sich nach allen Seiten strahlig und geradlinig ausbreitet, bis diese Bildungen sich berühren und dadurch gegenseitig begrenzen. Dasselbe oder Aehnliches bemerkt man auch bei dem plötzlichen Anschliessen verschiedener Salzlösungen unter dem Hydro-Oxygengas-Mikroskop. Giesst man eine ammoniakhaltige schwefelsaure Kupferoxydlösung auf ein flaches Glas und bringt daneben vorsichtig Alkohol, so entsteht zunächst zwischen beiden Flüssigkeiten eine Membran, welche aus Molekülen von schwefelsaurem Kupferoxydammoniak besteht, und endlich wachsen von dieser Membran aus, nach beiden Flüssigkeiten zu, lange spiessige Krystalle desselben Salzes.

29) Zu §. 272. S. 98. Zu diesen Hemmungsbildungen und Störungen gehören:

- 1) Bei den Thieren: die Pilzbildungen, Harnsteine, Bezoare, Eiterungen u. s. w.
- 2) Bei den Pflanzen: die übermässige Ansammlung von kohlensaurem Kalk, das Zerfliessen und Zersetzen der Zellenmembran u. s. w.
- 3) Bei den Krystallen: das freiwillige Zerfliessen und Zerfallen.
- 4) Bei den Massen: das Zersetzen, Verwittern, in Folge chemischer Einwirkung u. s. w.
- 5) Bei Allen aber die Veränderungen, welche Licht, Wärme u. s. w. hervorrufen.

Aus allen diesen und den noch folgenden Darlegungen wird der Leser finden, dass ich ausser dem Aberglauben von der absoluten Art, auch noch den Aberglauben von der Lebenskraft, der Anziehungs- und Abstossungskraft, der Cohäsionskraft und wie das übrige Heer der Kräfte noch heisst, völlig abgestreift habe. Ihre Existenz ist wirklich nicht vorhanden, wofür der triftigste Beweis der ist, dass wir sie gar nicht nöthig haben, um Aufschluss über die Erscheinungen zu erhalten. Der Unsinn, den man mit der Lebenskraft getrieben hat, ist auch wirklich so gross gewesen, dass sich jeder selbständige Forscher jetzt schämt, mit ihr Arm in Arm, wie sonst, über die Strasse zu gehen. Den Naturforschern ist es bisher mit der Erklärung der Natur gegangen wie den Kindern mit dem Spiegelbilde. Es war ihnen das nicht genug, was sie vorn sehen und begreifen konnten, es sollte durchaus immer noch Etwas dahinter stecken. Und weil sie doch nun bei aller Mühe nichts dahinter bemerken konnten, so wurde ein Name, Kraft, als Gespenst dahinter versteckt. Um diesen Popanz aber ja nicht zu verlieren, wenn er in seiner beschränkten Fassung nicht ausreichen wollte, hatte man immer noch eine Anzahl kleiner Popanzchen, wie Katalyse, Metabolie, Bildungstrieb und noch andere allerliebste Namen in Reserve, und bildete sich ein oder auch nicht ein, dass man, wenn auch nicht wirklich, so doch unwirklich, nun dahinter gekommen wäre. Sollte daher irgendwo

in diesem Buche der Ausdruck „Kraft“ in einer andern, als §. 253 dargelegten Weise vorkommen, so bitte ich den verehrlichen Leser denselben als ein Versehen von mir, aus alter Gewohnheit, anzusehen und dafür immer „Bewegung“ oder „Geschwindigkeit“ zu setzen. Und so wünsche ich, dass noch recht viele Naturforscher auf diesen alten Scharwenzel nicht mehr bloss raisonniren, sondern ihn bei Seite liegen lassen, denn man ist ohne diesen „Alp“, der uns zu ersticken drohete, oder wie ein bleierner „Kobold“ unsere Schritte lähmte, viel leichter, viel sicherer, viel froher und lebensmuthiger bei der Arbeit. „Ob's Hansen oder Kunzen recht ist, darauf kommt Nichts an.“

Grundzüge der philosophischen Botanik.

(Die Pflanzentheile.)

§. 273.

Der Zweck der folgenden Arbeit ist die Darstellung des Pflanzenlebens in seinen Grundzügen. Unter diesen Grundzügen verstehe ich gewisse Hauptmomente der vegetabilischen Bewegung, gleichsam Hauptströme, welchen alle übrigen untergeordnet sind. Diese Hauptströme sollen nicht isolirt, sondern so viel als thunlich in ihrer Berührung und Verschlingung dargelegt werden, selbst mit möglichster Rücksicht auf kleinere untergeordnete Bewegungsgruppen. Diese Hauptströme sollen in folgenden acht Büchern abgehandelt werden.

Im ersten Bande werden ausser den allgemeinen Formen die Pflanzentheile erörtert und zwar:

I. Buch. Die allgemeinen Grundformen des Pflanzenlebens als Vergleichungsmittel.

II. Buch. Stoffformen des Pflanzenlebens.

III. Buch. Organische Formen des Pflanzenlebens.

Der zweite Band handelt von dem Pflanzenindividuum als Organismus und zwar:

a) Die Pflanzen unter und zu sich selbst.

IV. Buch. Von den Offenkeimern oder Kryptogamen.

V. Buch. } Von den Hüllkeimern oder Phanerogamen.
VI. Buch. }

b) Die Pflanze in Beziehung zur übrigen Natur.

VII. Buch. Von dem Einfluss der äussern Natur auf die Pflanze.

VIII. Buch. Von dem Einfluss der Pflanze auf die umgebende Natur.

§. 274.

Wo Bewegung ist, da entsteht eine Grösse, jede Grösse aber ist zugleich eine Form. Formen-, Grössen- und Bewegungslehre ist daher im Grunde dasselbe. Um nun die Darstellung der Pflanzenformen durch annähernde Gleichung möglich machen zu können, müssen zunächst Grundformen bestimmt werden, welche als das Gegebene zu betrachten sind, mit dessen Hilfe die Darstellung der unbekannten Pflanzengrösse gesucht und gefunden werden soll.

Erstes Buch.

Die allgemeinen Grundformen des Pflanzenlebens
als Vergleichungsmittel.

§. 275.

Diese Grundformen werden theils der reinen (innern, psychischen), theils der sinnlichen (äussern, physischen) Anschauung entnommen. Zu jenen gehören alle die, welche der niedern und höhern Mathematik entnommen sind. Aber weder die mathematischen noch die physischen Grundformen sind ausreichend durch ihre Verbindung eine vollkommene Darstellung (Gleichung) zu gewähren, sondern nur eine der Wahrheit sich nähernde. Wir können also nur etwas dem Wahren Aehnliches, nicht Gleiches darstellen.

§. 276.

Der Grund davon liegt im Folgenden. Die Natur in ihrer für uns absolut unbegreiflichen Grösse bewegt sich in einer unendlichen Formendifferenz, sie ist in beständiger Verwandlung begriffen, macht nie Halt, ist nie constant, bringt auch nie wieder Gleiches, sondern nur Aehnliches hervor.

§. 277.

Wenn wir daher einen Maassstab aus der niedern Mathematik hervorsuchen, welche nur mit constanten Grössen zu thun hat, so ist damit immer das stille Bekenntniss verknüpft, dass dieser Maassstab hierbei nicht in seiner sogenannten absoluten oder constanten Bedeutung zu nehmen ist. Wir meinen also, wenn

wir einen Pflanzentheil als kuglig oder sphärisch bezeichnen, dass derselbe der Kugel nur ähnlich, also eigentlich sphäroidisch sei; wir meinen mit dem der Mathematik entlehnten Ausdruck nicht den mathematischen, sondern den physischen Körper, wir meinen also nicht die mathematische genaue Kugel, nicht den mathematischen Würfel oder Kegel, sondern die physische Kugel, den physischen Würfel und Kegel. Aber alle diese physischen Körper sind ungenau, und die andern, der blossen sinnlichen Anschauung entnommenen Grundformen sind noch ungenauer, weil die Veränderlichkeit zu ihrem Wesen gehört.

§. 278.

Aber gerade dadurch, dass sie veränderlich sind, und in dieser Eigenschaft mit den Pflanzenformen übereinstimmen, sind sie die passendsten, die niedern mathematischen Grundformen in ihrer wahren Bedeutung aber die unpassendsten.

§. 279.

Ich habe schon früher erwähnt, dass die mathematische Methode oder Analysis des Unendlichen in der Naturgeschichte der Organismen nicht anwendbar ist, weil diese Methode immer nur wenige specielle und sehr beschränkte Fälle anschaulich machen kann. Aber grosse Massen zu bewältigen, wie sie die Naturgeschichte erfordert, dessen ist sie auf diese Weise gar nicht fähig, weil sie alle grössern Massen der Anschauung immer mehr entrückt, je gründlicher sie verfährt. Die grössern Massen können eben nur wieder mit ebenbürtigen Massen bewältigt werden, nicht durch unendlich kleine Differentiale.

§. 280.

Darum ist es absurd, wenn man von wissenschaftlichen Darstellungen des Pflanzenlebens mathematische Genauigkeit verlangt, und pedantisch, wenn man ferner verlangt, dass alle wissenschaftlich botanischen Darstellungen uniform sein müssten. (Vergleiche *Naegeli*, Die neuern Algensysteme, S. 98, 99.)

§. 281.

Wir bedienen uns demnach der, der Mathematik entlehnten, Grundformen nur in der oben (§. 277) angegebenen Bedeutung und es gehören hierher Ausdrücke wie: kugelförmig (*globularis*, *globosus*, *sphaericus*), halbkugelförmig (*hemisphaericus*), elliptisch (*ellipticus*), kreisförmig (*orbicularis*), parabolisch (*parabolicus*),

kegelförmig (*conicus*), spindelförmig (*fusiformis*), walzenförmig (*cylindricus*), würfelförmig (*cubicus*), säulenförmig (*prismaticus*), pyramidenförmig (*pyramidalis*), keilförmig (*cuneiformis*) u. s. w., deren Kenntniss wir übrigens, als der Schulbildung angehörig, voraussetzen müssen.

§. 282.

Die übrigen Grundformen, welche wir hier zu erwähnen und nöthigenfalls zu erörtern haben, sind theils Körperformen, theils Stoffformen.

Die Körperformen theilen wir nach ihrer sinnlichen Beschaffenheit ein in 1) Gesichtsformen, 2) Gehörformen, 3) Geruchsformen, 4) Geschmacksformen, 5) Tastformen.

§. 283.

Die Körperformen sind theils wieder den Körpermassen, theils den Individuen entnommen.

Zu den massigen Formen gehören alle auf Zusammenhang und Aggregation, Dichtigkeit (*specifische Schwere*) und Härte bezüglichen, als: flüssig (*liquidus*), starr (*rigidus*), fest (*solidus*), zäh (*tenax*), biegsam (*flexilis*), elastisch (*elasticus*), spröde, zerbrechlich (*fragilis*) u. s. w.; ferner als besondere Massenformen: saftig (*succulentus*), wässerig (*aquosus*), ölig (*oleosus*), schleimig (*mucosus*), gallertartig (*gelatinosus*), klebrig (*viscosus*), teigig, mussig (*pulposus*), fleischig (*carnosus*), korkig (*suberosus*), schwammig (*spongiosus*), harzig (*resinosus*), knöchern (*osseus*), knorpelig (*cartilagineus*), hornig (*corneus*), steinern (*lapideus*), glasig (*vitreus*), wolkig (*nubilus*), mehlig (*farinosus*), staubig (*pulverulentus*), körnig (*granulosus*) u. s. w.

§. 284.

Zu den begrenzten Gesichtsformen gehören eine sehr grosse Anzahl, weil dieselben ungemein und willkürlich vermehrt werden können. Ich erwähne nur folgende als die gebräuchlichsten: eiförmig (*ovatus*), herzförmig (*cordatus*), linsenförmig (*lenticularis*), nierenförmig (*reniformis*), pfriemenförmig (*subulatus*), borstenförmig (*setaceus*), haarförmig (*capillaris*), schwertförmig (*ensiformis*), ringförmig (*annularis*), radförmig (*rotatus*), röhrenförmig (*tubulosus*), glockenförmig (*campanulatus*), urnenförmig (*urceolatus*), becherförmig (*cyathiformis*), trichterförmig (*infundibuliformis*), tellerförmig (*hypocrateriformis*), kahnförmig (*cymbiformis*), blätterig (wie ein Buch) (*lamellosus*), blattartig (*foliaceus*), geschwollen (*tumidus*), verdickt (*incrassatus*), verdünnt

(*attenuatus*), keulenförmig (*clavatus*), spatelförmig (*spatulatus*), lanzettförmig (*lanceolatus*), spiessförmig (*hastatus*), pfeilförmig (*sagittatus*), birnförmig (*pyriformis*), knotig (*nodosus*) u. s. w.

§. 285.

Man unterscheidet bei jedem Körpertheile die Basis oder den Grund, Fuss (*basis*), und die Spitze, das Ende (*apex*). Beide Enden können stumpf (*obtusus*) oder spitz (*acutus*), zugespitzt (mit verlängerter oder vorgezogener Spitze, *acuminatus*), abgestutzt (*truncatus*), ausgerandet (*emarginatus*), zugerundet (*rotundatus*), stachelspitzig (*mucronatus*) oder begrannt (*aristatus*) — im letztern Falle hat die Spitze Aehnlichkeit mit einem Grannenhaar — u. s. w. sein.

§. 286.

Speciellere Bestimmungen sind noch folgende, und zwar:

α) Bei vorherrschend in die Länge (*Linie*) entwickelten Formen, welche nach der Figur des Querschnitts bezeichnet werden: drehrund (*teres*), eckig (*angulosus*), drei-, vier-, fünf- bis vieleckig u. s. w., zusammengedrückt (*compressus*), zweischneidig (*anceps*), flach (*complanatus*) u. s. w.

β) Bei Flächenformen ist sowol der Rand (*margo*) als die eingeschlossene Fläche, die Scheibe, Spreite (*discus*) zu beachten.

§. 287.

Der Rand ist entweder ganz (*integerrimus*) oder eingeschnitten (*incisus*).

Gehen die Einschnitte nicht bis zur Hälfte, so heissen sie flach (*margo leviter incisus*); gehen sie bis zur Hälfte, so heisst der Rand gespalten (*fissus*), etwas über die Hälfte aber geschlitzt (*laciniatus*), noch tiefer (fast bis auf den Grund) getheilt (*partitus*). Bei den flachen Einschnitten unterscheidet man noch einige Nebenformen, z. B. gesägt (*serratus*, mit spitzen Buchten und ungleichschenkeligen und spitzen Vorsprüngen), gezähnt (*dentatus*, mit gleichschenkeligen Buchten und Vorsprüngen), gekerbt (*crenatus*, mit spitzen Buchten und kleinen rundlichen Vorsprüngen), gelappt (*lobatus*, mit eckigen Buchten und grössern rundlichen Vorsprüngen), ausgeschweift (*repandus*, mit grössern runden Buchten und kleinen eckigen Vorsprüngen; also der Gegensatz von gelappt), ausgeschweift-gezähnt (*repando-dentatus*, der Gegensatz von *crenatus*), buchtig (*sinuatus*, mit runden Buchten und Vorsprüngen), kammförmig gezähnt (*pectinatus*, mit langen sehr

spitzen Zähnen [Vorsprüngen] und Buchten), schrotsägeförmig (sehr ungleich ausgeschweift und gezähnt), ausgefressen (erosus, der Rand ungleich gelappt und die Lappen wieder fein gezähnt und ausgeschweift), gefranzt (fimbriatus). Ausserdem noch doppelt gezähnt, doppelt gesägt u. s. w.

§. 288.

Die eingeschlossene Fläche kann mehr nach dem Rande, oder mehr nach innen oder überhaupt betrachtet werden. Sie ist entweder eben (planus) oder uneben, und im letztern Falle ist sie wellig (undulatus) oder kraus (crispus, beim Blaukohl), ausgehöhlt (concavus), gewölbt (convexus), blasig (bullatus), gefaltet (plicatus), zurückgeschlagen (reflexus), eingeschlagen (inflexus), zusammengerollt (convolutus), tuten- oder kappenförmig (cuculatus), zusammengelegt (conduplicatus); ferner: gestreift (striatus), gefurcht (sulcatus), rinnenförmig (canaliculatus), genervt (nervosus), geädert (venosus), gerippt (costatus), runzelig (rugosus), beulig (tuberculatus), warzig (verrucosus, papillatus), stachelwarzig (muricatus), stachelig (aculeatus), dornig (spinosus) u. s. w.

§. 289

In Bezug auf die Bekleidung der Fläche unterscheidet man sie als beschuppt (squamatus), bereift (pruinosis), mit Spitzchen bedeckt (apiculosus), haarig (pilosus), steifhaarig (hispidus), borstig (setosus), bewimpert (ciliatus), zottig (villosus), weichhaarig (pubescens), seidenhaarig (sericeus), wollig (lanatus), filzig (tomentosus), spinnenwebenartig (arachnoideus), unbehaart (glaber) u. s. w. Zu bemerken ist hier noch, dass ein Haar nur dann Wimper (cilium) genannt wird, wenn es am Rande steht.

§. 290.

Endlich sind die Körperformen noch in Hinsicht auf ihre Zusammensetzung zu bestimmen, z. B. reihen sich mehrere Formen an einander, so heisst der Hauptkörper gegliedert (articulatus); sind diese Glieder rundlich oder eiförmig, so heisst der Körper rosenkranzförmig oder perlschnurartig (moniliformis). Die Mittellinie, an welcher man diese Glieder sich aufgereiht denkt, heisst Axe, Spindel (axis, rhachis). Diese Axe ist indessen in der Regel wirklich als ein verlängerter Körper vorhanden, an welchem dann die dazu gehörigen Theile in grösserer oder geringerer Zahl, und in einer gewissen Ordnung befestigt sind. Die Axe selbst kann einfach (simplex) oder verzweigt

(ramosus) sein. Im letztern Falle sind die Zweige als Seitenaxen anzusehen und man unterscheidet daher Axen 1^{ter}, 2^{ter}, 3^{ter} u. s. w. Ordnung. Trägt die Axe^I an ihrer Spitze 2 Axen^{II}, jede dieser 2 Axen^{II} wieder 2 Axen^{III}, jede dieser 4 Axen^{III} 2 Axen^{IV} u. s. f., so nennt man diese Verzweigung oder Spaltung dichotomisch (dichotomus); geschieht diese Spaltung immer mit je drei Axen, so heisst sie trichotomisch (trichotomus), mit noch mehreren polychotomisch (polychotomus); bei blattartigen Theilen sagt man dagegen vielspaltig (multifidus), oder auch mehrfach und vielfach zusammengesetzt (decompositus, supradecompositus). Axen, welche an ihrer Spitze einen andern Pflanzentheil tragen, heissen auch Stiele. Stehen mehrere so gestielte Theile an dem Endpunkte einer Axe höherer Ordnung, so bilden sie eine Dolde (umbella, partes umbellatae), sind dagegen die genannten Theile ungestielt an dem Endpunkte einer Axe, so bilden sie ein Köpfchen (capitulum, partes capitatae); ungestielte Theile nennt man überhaupt sitzend (sessiles); liegen etwas verlängerte Theile in einer Fläche und an dem Endpunkte eines Stieles neben einander, so nennt man sie fingerförmig (p. digitatae). Sind die Nebentheile unter der Spitze einer Axe in Mehrzahl ringsum (in gleicher Höhe) gestellt, so bilden sie einen Quirl oder Wirtel (verticillus, p. verticillatae); sind dieselben aber in ungleicher Höhe vertheilt, so heissen sie zerstreut (p. sparsae) und sie zeigen dann immer eine mehr oder weniger deutliche Ordnung in Spiralen (spiraliter dispositae) oder in Längsreihen, Zeilen, daher sie denn auch im letztern Falle als zweizeilig (partes distichae), drei — vielzeilig (p. tri — polystichae s. trifariam — multifariam dispositae) noch unterschieden werden; das Stellungsverhältniss der einzelnen Theile zu einander nennt man hier ausweichend oder abwechselnd (p. alternae) im Gegensatz von gegenüberstehend (p. oppositae), was nur zwischen zwei auf gleicher Höhe befindlichen Theilen stattfinden kann. Ein Theil heisst gefiedert (p. pinnata), wenn die Nebentheile zweizeilig an der Axe entlang stehen; ist die Axe selbst gefiedert und tragen die Axen^{II} zweizeilige Seitentheile, so heisst der Haupttheil doppelt gefiedert (p. bipinnata) u. s. w. Stehen und entspringen die Theile nur an einer geraden Linie der Axe entlang, so heissen sie einseitig (p. unilaterales); stehen sie aber zerstreut und biegen sich nur nach einer Seite, so heissen sie einseitswendig (p. secundae). Stehen knopfförmige Theile, Blumen, Früchte (nicht Blätter) an einer Axe entlang ohne Stiele, so bilden sie eine Aehre (spica), mit einfachen Stielen eine Traube (racemus), mit verästelten Stielen eine Rispe (panicula).

Sind bei der Traube die untern Stiele so viel länger, als die obern, dass alle Enden fast in gleicher Höhe liegen, so heisst sie Doldentraube oder Traubendolde (*corymbus*), ist dasselbe bei der Rispe der Fall, Rispendolde, Trugdolde (*cyma*); andere Aeste heissen in beiden letzten Fällen gleichhoch (*rami fastigati*). Zusammengesetzte Stellungen kommen vor bei der Aehre der Getreidearten (*spica composita*), der Dolde der Umbelliferen (*umbella composita*), der Grasrispen (*panicula spicifera*), der Doldenähre (*spica umbellifera*) u. s. w.

§. 291.

Die Biegungen, welche verlängerte Theile (Fasern, Fäden, Stiele, Stengel, Rippen, Adern, Furchen, Haare u. s. w.) machen, werden wie die verschiedenen Arten der Linien in der Mathematik benannt, z. B. gerade (*rectus*), gekrümmt (*curvatus*), bogig (*arcuatus*), zurückgekrümmt (*recurvatus*), zusammengerollt (*convolutus*), zurückgerollt (*revolutus*), lockig (*circinalis*), schlangenförmig (*serpentinus*), hin- und hergebogen (*flexuosus*), gedreht, wie ein Seil (*tortus*), ineinander gedreht (*contortus*), verworren (*intricatus*), schrauben- oder schneckenförmig (*spiralis*), hakig (*uncinatus*, *hamatus*), gebrochen (*fractus*), winkelig (*angulosus*), zickzackig (*fulminatus*); ferner aufsteigend (*adscendens*), niedergebogen (*declinatus*), zurückgebogen (*reclinatus*), überhängend (*cernuus*), nickend (*nutans*) u. s. w. Die bekannten krummen Linien der höhern Mathematik sind ausser der Spirale bisher noch nicht weiter als Grundformen in Anwendung gekommen, obschon eine von ihnen, die Cissois, vom Epheublatt (*κίσσος*) entlehnt ist; sie sind übrigens um so mehr zu entbehren, als ihre Benennung zum Theil selbst erst der unmittelbaren Anschauung bekannter Körper, wie z. B. Glockenlinie, Cardioide, Lemniscate (Schleifenlinie), Scyphois (Becherlinie) u. s. w. entnommen ist. Man sieht daraus, dass die Mathematik sich desselben Mittels, wie die Botanik, bedienen muss, wenn sie Totalverhältnisse kurz und mit einem Male ausdrücken will.

§. 292.

Bei der Bildung und Zusammensetzung der Pflanzentheile kann man oft keine sichere Regel oder Ordnung erkennen; diese werden daher als unregelmässig (*partes irregulares*) bezeichnet; ausserdem aber unterscheidet man noch symmetrische Organe (*p. symmetrice formatae*), welche sich durch eine Linie in zwei gleiche Hälften (z. B. ein Epheublatt) theilen lassen, und regel-

mässige (p. regulares), welche sich durch mehrere Linien in verschiedener Richtung gleichmässig theilen lassen.

Endlich wird auch ein zusammengesetzter Körper, z. B. ein Baum, wieder nach seiner Gesammtform, dem Umrisse (ambitus) nach, bestimmt, und den Gesamteindruck, den derselbe macht, nennt man seine Tracht (habitus). Der Habitus ist das Erste, was man von einer Pflanze oder einem Pflanzentheile kennen lernen muss; er beruht auf unmittelbarer Anschauung und ist durchaus nothwendig. Aber man darf sich nie von ihm allein leiten lassen, weil er ein oberflächliches Merkmal ist und deshalb leicht zu Irrthümern Veranlassung gibt.

§. 293.

Gehörformen. Diese Formen, welche beim Thierreiche so deutlich und je höher hinauf immer bedeutender, entschiedener und bestimmter auftreten, so dass beim Menschen zuletzt die Sprache als die höchste Gehörform erscheint, sind bei den Pflanzen als ein Ergebniss des Lebens gar nicht vorhanden, wenn man das Geräusch, welches manche Früchte bei ihrem Aufspringen machen, nicht hierher rechnen will. Am auffallendsten ist diese Erscheinung bei Hura crepitans, deren büchsenartige Frucht bei völliger Reife mit einem bedeutenden Knalle zerspringt und den Samen von sich schleudert. Von einheimischen Gewächsen zeichnet sich besonders Dictamnus albus in dieser Beziehung aus, so dass die Samen 4—10 Fuss weit geworfen werden.

Ausserdem aber hat man das Geräusch, welches manche blattartige Organe (Strohblumen, die Hüllblätter der Centaureen u. s. w.) beim Anfühlen verursachen, mit in die Diagnosen aufgenommen und bezeichnet dasselbe mit raschelnd (scariosus). Hierher gehört aber auch noch das Geräusch, welches das wogende Schilf macht, und das verschiedenartige Rauschen der Baumwipfel in den Nadel- und Laubwäldern u. s. w., wenn der Wind durch dieselben weht.

§. 294.

Geruchsformen. Sie sind eben so überwiegend im Pflanzenreiche, als die vorhergehenden fehlen. Man hat indessen nur geringen Gebrauch von ihnen gemacht, so dass sie in streng systematischen Werken gar nicht mit aufgenommen sind. Auch ist die Bezeichnung für viele Geruchsdifferenzen noch sehr unbestimmt. Im Gebrauch sind folgende.

Allgemeine Geruchsformen: schwach (*mitis*), stark (*graveolens*), heftig (*fragrans*), betäubend (*narcoticus*), beissend (*vellicans*), ekelhaft (*nauseosus*), erstickend (*suffocans*), dumpfig (*virens*), stinkend (*foetidus*), wohlriechend (*odoratus*), lieblich (*suavis*, *gratus*).

Besondere Geruchsformen: gewürzhaft (*aromaticus*), ambrosisch (*ambrosiacus*), bisamartig (*moschatus*), kampherartig (*camphoratus*), terpeninartig (*terebinthinaceus*), sauer (*acidus*), weinartig (*vinosus*), veilchenartig (*violaceus*), rosig (*rosaceus*), schimmelig (*mucidus*), bockig (*hircinus*), harnartig (*urinosus*), wanzenartig (*cimicinus*), knoblauchartig (*alliaceus*) u. s. w. Die letztern lassen sich noch sehr bedeutend vermehren und bei deren Gebrauch ist Niemanden eine Schranke gesetzt. Alle Geruchsformen sind luftförmig, also massig.

§. 295.

Geschmacksformen. Auch von den Geschmacksformen wird nur ein sehr untergeordneter Gebrauch für die Wissenschaft gemacht. Alle Geschmacksformen sind tropfbarflüssig; starre und luftförmige Körper schmecken wir nur in so fern, als sie auflöslich sind. Indessen kommen manche Geschmacksformen mit den gleichnamigen Geruchsformen überein und beide Formarten werden dann gleichartig empfunden, wie z. B. knoblauchartig, ekelig, wanzenartig, gewürzhaft, faulig (*putridus*), krautartig (*herbaceus*) u. s. w. Ausserdem aber unterscheidet man folgende Geschmacksformen: wässerig (*aquosus*), salzig (*salinus*), sauer (*acidus*), alkalisch (*alcalinus*), bitter (*amarus*), süß (*dulcis*), herb (*austerus*), zusammenziehend (*adstringens*), scharf (*acris*), wärmend (*calescens*), kältend (*refrigerans*), ätzend (*corrosivus*), durchdringend (*penetrans*), schleimig (*mucilaginosus*), ölig (*oleosus*), mild (*mitis*), dauernd (*perdurans*), verschwindend (*evanescens*) u. s. w.

§. 296.

Gefühlsformen, Tastformen. Bei sehr entwickeltem Tastvermögen kann es der Mensch allerdings dahin bringen, dass er Körperformen, welche dem Tastsinne zugänglich sind, ziemlich genau unterscheiden lerne. Ja, es gibt sogar gewisse Formen, welche man mit den Fingerspitzen leichter und verständlicher wahrnimmt, als mit dem blossen Auge. Solche Formen sind es nun auch, welche in die wissenschaftliche Sprache der Botanik eingeführt worden sind, wie z. B. weich (*mollis*), hart (*durus*), sammetartig (*holosericeus*), rauh (*hirtus*), scharf (*asper*), ste-

chend (*spinescens*), schneidendscharf (*acutus*) z. B. bei *Carex acuta*, kleberig (*viscidus*) und andere, welche schon oben erwähnt sind.

§. 297.

Einschaltend erwähne ich hier noch die **Zahlformen**. Wie die geometrischen, so haben auch die Zahlformen in der Botanik nur einen relativen Werth. Dennoch ist es überraschend, dass manche Pflanzengruppen sich durch eine bei ihnen vorwaltende — nicht absolut herrschende Grundzahl auszeichnen, so die Vierzahl (*numerus quaternarius*) bei der Zellenbildung (*Protococcus*, *Tetraspora*, Flechtensporen, Pilzsporen, die Vierlingsfrüchte der Tange, die Zähne der Moose u. s. w.), die Dreizahl (*n. ternarius*) in den Stengelecken und den Blumentheilen der *Monocotyledonen*, die Fünfzahl (*n. quinquarius*), bei sehr vielen *Dicotyledonen*.

Noch wichtiger aber, wie hier in den Körperformen, ist der Einfluss der Zahl bei den Stoffformen, die man sogar durch die blosse Zahl, welche das relative Mischungsverhältniss der Stoffe — das Aequivalent — bedeutet, auszudrücken gewohnt ist, und dadurch ein scharfes Unterscheidungszeichen gewonnen hat. Der Grund liegt darin, dass, je unkörperlicher die bewegten Theilchen und je gleichartiger das Medium der Bewegung ist, um so weniger Störungen bei den Bildungen vorkommen (§. 262). Genauere Auskunft über diese Verhältnisse gibt die Stöchiometrie, welche den mathematischen Theil der Chemie bildet.

Zweites Buch.

Stoffformen des Pflanzenlebens.

§. 298.

Diese Formen werden theils von der Physik, theils von der Chemie gelehrt. Wir haben dieselben nur hier zu erwähnen, in wie fern sie Einfluss auf das Pflanzenleben haben und in wie fern daher von denselben etwa besondere Seiten in Betracht kommen, welche von der Chemie in ihrer jetzigen Gestalt nicht genügend berücksichtigt worden sind.

Alle Stoffformen sind an sich nicht wahrnehmbar; wir bekommen von ihrer Erscheinung erst Notiz, wenn sie sich zu

Massen formen und verkörpern. Es ist daher absurd von organischen oder unorganischen Stoffen zu reden, wenn mit dieser Benennung der Sinn verbunden wird, welcher organischen und unorganischen Körpern zukommt. Denn der Stoff ist an sich weder organisch noch unorganisch. Man kann demnach nur in so fern von einem organischen Stoffe reden, als man darunter einen solchen versteht, welcher der Organisation fähig, d. i. zur Bildung eines Organismus verwandt werden kann. Der Stoff hat also dadurch, dass man ihn organisch oder unorganisch nennt, durchaus an sich weder organische noch unorganische Bedeutung und es ist in solchem Falle ein ähnliches Verhältniss, wie mit den Benennungen „Kartoffelwagen, Rübenwagen, Töpferwagen, Heuwagen, Oelmühle, Glashütte“ u. s. w. Alle diese Benennungen sind dadurch doppelsinnig geworden, dass ihnen der Brauch eine andere Bedeutung gegeben, als sie ursprünglich nach dem Sprachgenius haben. Es ist aber ganz dasselbe, wie wenn Jemand sich „Lederner Handschuhmacher“ oder „Grüner Seifenfabrikant“ nennt, oder wenn *Emil du Bois-Reymond* von „anorganischen Naturforschern“ spricht, was unser Sprachgefühl beleidigt, während wir in demselben Augenblicke uns nicht bedenken von Wasservögeln, Kalkpflanzen, Heupferden, Wasserstiefeln, Schneehühnern u. s. w. zu reden. Ich habe aber nicht bloss gegen den Gebrauch der Ausdrücke „organischer“ oder „unorganischer Stoff“, sondern auch gegen die falsche Deutung, die man jenen bisher gegeben (ich nehme mich dabei selbst nicht aus), mich aussprechen wollen. Denn jede doppelsinnige Bedeutung eines Wortes ist als eine logische Unvollkommenheit der Sprache zu bezeichnen, und ich glaubte darauf aufmerksam machen zu müssen, dass es gerade Sache der Wissenschaft ist, Fehler, welche die Gewöhnung und der Volksgebrauch gutheisst, von sich fern zu halten. Aus diesem Grunde werde ich mich auch jener gerügten Ausdrücke enthalten.

§. 299.

Ich habe schon mehrmals gesagt, dass die Stoffformen an sich nicht sinnlich wahrnehmbar sind. Wir würden daher gar keine Kenntniss von ihnen haben, wenn diejenigen Bewegungen, welche den Stoffformen eigenthümlich zukommen, nicht eine grössere Ausdehnung hätten und zwar eine solche, welche in die sichtbare Körperbewegung hinübergreift. Erst aus den Differenzen, welche die Stoffe in der Körperbewegung hervorbringen, lernen wir sie kennen und unterscheiden. Alle unsere Kenntniss

der Stoffe ist daher nur eine abgeleitete, eine mittelbare, nicht unmittelbare, und der Chemiker geht jedesmal bei seinen Untersuchungen stillschweigend (unbewusst) von der Prämisse aus, dass die Differenz der Stoffbewegung an sich auch eine Differenz in der Körperbewegung hervorrufe, welche die Resultirende von jener sei, daher die Differenz der Stoffe nie anders festgestellt wird, auch nicht anders festgestellt werden kann, als durch eine rückgehende Schlussfolge, welche von der Körperveränderung hergeleitet wird, und der Chemiker hat sich an dieses Verfahren so gewöhnt, als wenn es sich von selbst verstünde. Weil es aber bisher Niemanden eingefallen ist, an die oben genannte Prämisse wirklich zu denken, vielmehr dieselbe immer unbewusst einer amphibolischen Behandlung unterworfen wurde, indem man sie einmal als Etwas ansah, das sich von selbst verstehe, das andere Mal aber, als wäre es gar nicht da, so ist es erklärlich, dass man so allgemein mit einer solchen Sicherheit von „organischen“ und „unorganischen Stoffen“, so wie von „organischer“ und „unorganischer“ Chemie redet, ja, dass man sogar angefangen hat, die Chemiker selbst in „organische“ und „unorganische Chemiker“ einzutheilen. Solche Absurditäten rühren nur von der Vermengung der Stoffform mit der sinnlich wahrnehmbaren Körperform her.

Die Kritik des bisherigen Verfahrens in einzelnen Fällen wird die Nothwendigkeit der Anerkennung dieses Unterschiedes, auf den auch *Schleiden* („Grundzüge der wissenschaftlichen Botanik“. 3. Aufl. I, S. 61) grossen Werth legt, noch deutlicher herausstellen. Man findet es ganz in der Ordnung, Carbon, Oxygen, Nitrogen und Hydrogen als verschiedene Stoffe zu betrachten, nicht weil man sie als Stoffe kennen gelernt hat, sondern weil die Körpermassen, in welchen man sie als allein darin anwesend annimmt, von einander differiren. In demselben Augenblicke aber, in welchem man diesen Schluss von dem Körper auf den Stoff macht, vergisst man schon wieder, dass man ihn gemacht hat, hält daher Körper und Stoff für einerlei und verwechselt sie dadurch beständig mit einander. Man betrachtet den Körper und meint, dass dieser der Stoff selbst, den man kurz vorher erschlossen hat, sei. Daher kommt es, dass man bei der Eintheilung der Elemente in gasförmige, tropfbare und starre es ebenso vergisst, dass man Körperformen und keine Stoffformen eingetheilt habe, dass man vergisst, dass der Diamant und Graphit Mineralformen, aber keine Stoffformen sind, und dass Niemand an den Widerspruch denkt, wenn man von der Dimorphie des Kohlen-

stoffs spricht. Während man aber hier von einer Dimorphie spricht, findet man es wieder ganz in der Ordnung, dass der Kohlenstoff in der Kohlensäure gasförmig erscheint, und so wenig man ihm dadurch eine Dreigestalt beilegt, so wenig legt man dem Sauerstoff eine Zweigestalt bei, wenn derselbe, der bisherigen Meinung nach, seine Gasform durch Verbindung mit einem Metalle in eine starre Form umändert. Ueberall begegnet man solchen logischen Widersprüchen in der Chemie. Es war daher sehr nöthig, wiederholt darauf aufmerksam zu machen und durch sie daran zu erinnern, dass die Stoffformen (wenn sie überhaupt für uns erschliessbar sind) nur aus den Körperformen erschlossen werden können, dass aber darum die Körperformen nicht für die Stoffformen selbst genommen werden dürfen, was zu Absurditäten führt, daher man auch von einer „Dimorphie des Kohlenstoffs“ so wenig reden darf, als von „organisirter Kieselsäure“, „organisirtem Zellenstoff“ u. s. w. Auch den Bergkrystall als „krystallisirte Kieselsäure“ zu bezeichnen, ist unrichtig, weil Kieselsäure der Name des Stoffes, und keines Körpers, ist, die Krystallform aber Körpern und nicht Stoffen zukommt. Ist aber von Krystallen, Kieselhäuten, Kieselzellen, Stärkezellen u. s. w. die Rede, so sind damit Körperformen gemeint, welchen jene Stoffformen zu Grunde liegen. Ich bitte daher meine Leser bei Erörterungen über die Stoffverhältnisse stets daran zu denken, dass dieselben an Körperformen vorgenommen werden. Dass man, streng genommen, die Stoffformen auch Körperformen nennen kann, weil sie Grössen sind, denen man eine Ausdehnung nach den drei Dimensionen beilegen muss, leuchtet ein; daher muss ich auch hier noch besonders erklären, dass ich unter Körperformen, gegenüber den Stoffformen, diejenigen Körpergrössen meine, deren sinnliche Wahrnehmung möglich ist. Diese Vorstellungsweise von der Körperform geht auch schon aus den im §. 256 enthaltenen Erörterungen hervor. Auch darf nicht übersehen werden, dass in einer naturhistorischen Arbeit nur solche Körper in Betracht kommen können, welche in einem gewissen Umfange schon bestimmt sind, oder bestimmt werden.

Sollte ich aber irgendwo bei der Darlegung der Stoffformen mich aus alter Gewohnheit eines Ausdrucks bedienen, welcher der oben begründeten Vorstellung gemäss nicht richtig wäre, so bitte ich den Leser denselben zu verbessern.

Verzeichniss der Grundstoffe.

§. 300.

Carbon oder Kohlenstoff (= C.), Wasserstoff (= H.), Sauerstoff (= O.), Stickstoff (= N.), Chlor (= Cl.), Brom (= Br.), Jodin (= J.), Schwefel (= S.), Phosphor (= P.), Kiesel oder Silicium (= Si.), Kalium (= K.), Natrium (= Na.), Calcium (= Ca.), Magnium (= Mg.), Aluminium (= Al.), Eisen (= Fe.), Mangan (= Mn.), Kupfer (= Cu.), Blei (= Pb.), Silber (= Ag.); endlich der Aether (ohne Symbol).

Diese genannten Stoffe kommen unter sehr verschiedenen Verhältnissen in den Pflanzen vor und ihre Bewegungen bilden die Erscheinungen des Pflanzenkörpers.

Wir unterscheiden diese Erscheinungen in 1) substantielle und 2) substanzlose. Die erstern sind an sich wahrnehmbar (wägbar, tastbar, hörbar, riechbar), die substanzlosen dagegen treten für uns nur an den Substanzen in die Erscheinung, nicht an sich selbst, sie sind daher nicht tastbar, hörbar, riechbar; sie werden durch die Aetherbewegungen hervorgerufen, während die substantiellen Erscheinungen durch Bewegungen der andern (chemischen) Grundstoffe erzeugt werden. Dagegen sind Substanzen nicht unmittelbar sichtbar, sondern sie werden es erst durch Vermittelung der Aetherschwingungen.

Weil nun kein einziges sinnliches Lebenszeichen in der Pflanzenwelt ohne Licht, Wärme, Electricität — und vielleicht auch ohne Magnetismus — existirt, weil ferner alle übrige Stoff-, Massen- und Körperbildung stets von denselben untastbaren Erscheinungen begleitet wird, so nehme ich die Aetherbewegungen (§. 257) als diejenigen, welche alle übrigen Stoff-, Massen- und Körperbildungen erst erzeugen; ich betrachte sie als diejenigen, welche die Pflanzenbewegungen (= Pflanzenformen) anregen und beherrschen, und mache darum mit ihnen den Anfang.

a) Aetherformen.

§. 301.

Unter den Aethererscheinungen treten besonders die des Lichtes in grösster Mannigfaltigkeit auf und sie sind es auch namentlich, welche den körperlichen Formen ihren grössten Schmuck, ihre wahre Schönheit verleihen. Man beraube die Pflanzenwelt

ihres Farbenlichtes und Niemand wird sie noch schön nennen können; Jedermann legt daher auch bei Betrachtung einer nicht colorirten Abbildung durch die Phantasie die mangelnden Farben hinzu. Nichts ist hässlicher, als ein schlecht oder unsauber colorirtes Pflanzenbild; daher schwarze Bilder vor solchen immer noch den Vorzug haben.

§. 302.

Aus diesen Betrachtungen folgt, dass die vorherrschende und die Schönheit der Pflanze bedingende Form ein Lichtkleid, ein Aetherkleid ist, nicht bloss äusserlich angethan, sondern gewoben um alle Theilchen des Pflanzenkörpers.

§. 303.

Die Pflanzenfarben sind die Differentiale des Lichtkleides, hervorgerufen durch die Textur der substanziell-verkörpernten Pflanzenstoffe. Diese letztern stimmen darin überein, dass sie alles Licht nur mit einem gemässigten, dem Auge wohlthuenden, nicht dasselbe blendenden Glanze ausstrahlen.

§. 304.

So hätte also jede Pflanze einen doppelten Körper, einen concret-schweren, von substanziellem Stoffe gebildeten — Massenkörper — und einen leichten, gewichtlosen, aus dem Himmelsäther gewebten — Lichtkörper. Dieser Lichtkörper ist es eigentlich, mit dem wir es vorzugsweise zu thun haben, wenn wir die Pflanzen mit den Augen — und nicht zugleich mit den Fingern — betasten oder betrachten. Dieser Lichtkörper abgezogen, erscheint in der That wie die Seele der Pflanze, welche nach innen wie nach aussen hin thätig ist; nach innen, indem sie die substanzielle Erscheinung der Pflanze bildet und beherrscht; nach aussen, indem sie das Pflanzenbild mit den andern Bildern verwebt und verknüpft. Denn einen Lichtkörper hat jeder sichtbare Körper, weil er ohne denselben nicht sichtbar wäre, also auch der Mensch. Dieser Lichtkörper ist nichts Eingebildetes, kein Phantasma, sondern etwas wirklich Existirendes, etwas Wahrnehmbares.

§. 305.

Wenn nun der Lichtkörper, den wir oben mit Pflanzenseele bezeichnet haben, seine Richtigkeit hat, so folgt aber daraus noch nicht, dass die Pflanzen-, Thier- und Menschenseelen gleich wären. Es sind so wenig zwei Pflanzenseelen und zwei Men-

schenseelen sich gleich, als ihre concrete Körpergestalt, der sie angehören. Aber um auf einen wichtigen Umstand nochmals aufmerksam zu machen, weise ich zurück auf §. 272, wo ich gesagt habe, dass jede höhere Form die niedere in sich aufnimmt. Ich will das nicht in beschränkter, sondern in ausgedehntester Weise verstanden wissen.

§. 306.

Dann folgt aber daraus, dass der Mensch, als das höchste Resultat der Schöpfung, alle niedern Schöpfungsformen in sich vereinigt, dadurch aber auch in unmittelbarem Besitz derselben ist. Diese eigenthümliche natürliche Bildungsstufe setzt ihn in Stand nach aussen zu wirken und in dieser Thätigkeit auf Dinge zu stossen, welche ihm alle darum verständlich sind, weil er ein Aequivalent, ein Vergleichungsmittel für sie in sich selbst besitzt. Die Aetherbewegungen, welche im Innern der Pflanze nur die einfache Richtung haben, von welcher die Bildung der substantziellen Tastform resultirt, erheben sich im Menschen zu einem obersten System der abgezogensten Formen, welche die Resultirende seines höchst entwickelten substantziellen Tastkörpers — des Mikrokosmos — und seines Aetherkörpers ist. In diesen abgezogensten Formen ist sogar die Aethermaterie abgestreift, weil selbst diese noch zu schwer für diese reinen Bewegungen ist. Diese reinen Bewegungen, die Resultirende des gesammten Menschenlebens, sind des Menschen immaterieller geistiger Leib, seine Gedanken, welche ihn eben so fest mit seinem Gott verknüpfen, wie seinen Aetherleib mit der Welt.

§. 307.

So hat der Mensch noch eine Gedankenseele neben seiner Lichtseele. Und während ihn diese durch ihre leichten Aetherschwingen mit den entferntesten Welten verbindet, und dadurch an Zeit und Raum bindet, kennt die Gedankenseele keine zeitlich-räumliche Fessel, so dass sie in ihrem Fluge stets über der Licht- und substantziellen Welt schwebt.

§. 308.

So sind es die Aetherschwingen, welche den Lichtkörper des Menschen mit den übrigen Lichtkörpern in Verbindung bringen, und so ist es seine Lichtseele, welche seiner Gedankenseele den Stoff zur geistigen Behandlung überträgt, damit diese sich durch Bethätigung entwickele, dadurch von sich selbst er-

fahre, wisse, und der Mensch sich und die Welt denken lerne; denn diese äussern Lichtkörper sind es wieder, welche das Weltgefühl, das Weltbewusstsein in ihm anregen, kräftigen und befestigen. Dadurch dass er sich weiss, ist er erst in seinem Besitz und somit im Besitz der Welt, er fühlt und weiss sich nun als Mikrokosmos. Ein Mensch, dem die Sinne verschlossen sind, kann auch keinen Gedanken entwickeln.

§. 309.

Kehren wir nun nach diesen ausschweifenden, aber zum richtigen Verständniss manches Vorausgesandten und noch Folgenden nothwendigen Erörterungen der wichtigsten Vorgänge zwischen dem Menschen und der Natur zurück, so folgt, dass, wenn die Pflanze wirklich ein Lichtkleid hat — was zu bestreiten auch wol Niemanden beikommen möchte —, unter diesem Lichtkleide nicht bloss die farbigen, sondern auch die geometrischen Lichtformen mit abzuhandeln wären. Da diese letztern aber der genaueste Ueberzug der concreten Körperform sind, so stimmen sie mit den schon oben (§. 281—292) abgehandelten vollkommen überein.

Nur darüber könnte Zweifel sein, ob jene Formen nicht besser hier abzuhandeln gewesen wären, als dort, zumal da sie dort als Gesichtsformen aufgeführt werden. Aber da wir es dort mit dem concreten Körper, von dem der Lichtkörper erst die Resultirende ist, zu thun hatten, so rechtfertigt sich die Aufführung der genannten Formen an jener Stelle, und ihre Bezeichnung als Gesichtsformen hat dort nur den Werth eines systematischen Namens, der an jener Stelle durch den Eintheilungsgrund geboten war.

§. 310.

Darum will ich hier nur noch einige vergleichende Betrachtungen über den abgezogenen Lichtkörper der Pflanzen im Allgemeinen, und zuletzt noch Einiges über die Farben insbesondere folgen lassen. Ich habe oben den Lichtkörper der Pflanzen als Pflanzenseele bezeichnet. Darum war ich aber genöthigt, bei dem Menschen eine Licht- und eine Gedankenseele zu unterscheiden.

§. 311.

Es ist klar, dass sonach jedem concreten Dinge eine Lichtseele zukommt, mittelst welcher es nur in die Lichterscheinung treten kann.

Dass diese Lichtseele etwas wirklich Existirendes ist, dass sie selbst abgezogen vom concreten Gegenstande für sich noch

eine Zeitlang vorhanden ist und durch die Aetherschwingen in dem Auge in ununterbrochener Schweben gehalten wird, beweist das Abklingen lebhafter Bilder in unsern Augen, wenn wir dieselben plötzlich schliessen.

§. 342.

„Wer auf ein Fensterkreuz, das einen dämmernden Himmel zum Hintergrunde hat, Morgens beim Erwachen, wenn das Auge besonders empfänglich ist, scharf hinblickt und sodann die Augen schliesst, oder gegen einen ganz dunklen Ort hinsieht, wird ein schwarzes Kreuz auf hellem Grunde noch eine Weile vor sich sehen“. (*Goethe.*) — Geht man im Walde, wo alles grün ist, oder hat man lange Zeit das Grün einer Wiese angeblickt und man wendet das Auge auf den grauen Fahr- oder Fussweg, so erscheint derselbe roth; — blickt man durch ein grünes Glas einige Zeit auf ein Schneefeld, so wird man dasselbe ohne Glas nachher rosenroth gefärbt finden; ein rothes Glas ruft dagegen die grüne Farbe hervor u. s. w. Die Sache ist nämlich die, dass die Thätigkeit einer objectiven Farbe im Auge die subjective Farbe, welche jedesmal der Gegensatz der vorigen ist, hervorruft, wenn das Object entfernt wird, welches, vorausgesetzt, dass die Lehre von der Zusammensetzung des reinen Lichts aus den drei Grundfarben (Blau, Roth, Gelb) richtig ist, auf folgende Weise eine Erklärung fände:

Im Auge ist das Licht in seiner Reinheit, also keine Farbe überwiegend, anzunehmen. Das Augenlicht wird aber beim Sehen in doppelter Weise bewegt, einmal für die geometrische Form — das ganze neutrale Licht —, für welche daher sämtliche Farben in Schwingungen gerathen, und das andere Mal für die Farbe, wofür nur diejenigen in Anspruch genommen werden, die mit der Farbe des Objects übereinstimmen. Ist nun das Object grün, so ist das blaue und gelbe Augenlicht in doppelter Thätigkeit gewesen, während das rothe nur einfach (für die geometrische Form) geschäftig war, daher jene Lichter beim Wegblicken bald ermatten, erblassen, während dieses (rothe) noch einige Zeit nachschwingt. Dieses Nachschwingen des Lichtbildes im Auge ist dasselbe wie das Nachklingen eines Tones im Ohr, daher auch *Goethe* die Erscheinung der subjectiven Lichtbilder als Abklänge der objectiven bezeichnet.

§. 343.

Vor *Goethe* hielt man diese Erscheinungen für krankhafte

Erzeugnisse des Auges, daher nannte sie *Hamburger* „vitia fugitiva“, *Darwin* dagegen „ocular-spectra“.

Wenn ein Ausdruck wie Spectrum, die Erscheinung an sich, das Gespenst, eine wirkliche Bedeutung haben soll, so kann es nur die sein, dass man das abgezogene Lichtbild oder, wenn man will, die Lichtseele eines concreten Objects damit bezeichnet. Demnach sind Gespenstererscheinungen von allen concreten Körpern, Menschen, Thieren, Pflanzen, Mineralien u. s. w., nicht nur etwas Mögliches, sondern etwas sehr Natürliches. Nur darf man diese Gespensterseherei nicht in Geisterseherei verkehren wollen, was absurd ist.

§. 344.

Ebenso müssen wir uns hüten, diese subjectiven Lichtbilder für objective zu halten, d. i. ein Gespenst für eine ausser uns befindliche physikalische Erscheinung anzusehen, wie das der Fall bei *Meyen* gewesen ist, welcher das sogenannte „blitzähnliche Leuchten“ gewisser (meist feuerrother) Blumen im Sommer bei Abendzeit als ein „Product des intensivsten Lebensprocesses“ bezeichnet. *Link* hat ganz recht, wenn er sagt: „Keiner hat es gesehen, der nicht Gespenster sieht“ („Grundlehren der Kräuterkunde“, II, 345). Denn wenn man genau zusehen will, da ist die Erscheinung jedesmal fort.

§. 345.

Goethe hat schon 1799 die Erklärung dieser Erscheinungen gegeben. In seiner Farbenlehre („Physiologische Farben“, §. 54) berichtet er: „Am 19. Juni 1799, als ich zu später Abendzeit, bei der in eine klare Nacht übergehenden Dämmerung, mit einem Freunde im Garten auf- und abging, bemerkten wir sehr deutlich an den Blumen des orientalischen Mohnes, die vor allen andern eine sehr mächtig rothe Farbe haben, etwas Flammenähnliches, das sich in ihrer Nähe zeigte. Wir stellten uns vor die Pflanzen hin, sahen aufmerksam darauf, konnten aber nichts weiter bemerken, bis uns endlich, bei abermaligem Hin- und Wiedergehen, gelang, indem wir seitwärts darauf blickten (schielten), die Erscheinung so oft zu wiederholen, als uns beliebte. Es zeigte sich, dass es ein physiologisches Farbenphänomen, und der scheinbare Blitz eigentlich das Scheinbild der Blume, in der geforderten blaugrünen Farbe sei.“ Seitdem ich mit dieser *Goethe'schen* Darstellung bekannt bin, stellt sich mir beim Besuch der Gärten unter den angegebenen Umständen das Phänomen so

häufig und unwillkürlich dar, dass es mir schon lästig geworden ist, während ich früher, wo ich nicht darauf achtete, Nichts davon gewahr wurde.

§. 346.

Nach dieser gründlichen *Goethe'schen* Darstellung wird man mir wol gestatten, dass ich absichtlich die Aussagen und die Zeugnisse eines erschrockenen Mädchens und anderer ungründlicher Gespensterseher, die sich bandwurmartig durch die botanischen Schriften ziehen und dieselben verunzieren, übergehe.

§. 347.

Ich muss aber auch noch bemerken, dass es mir mit dem Leuchten des faulen Holzes ähnlich geht; denn ich sehe den hellen Schein desselben nur an der Weissfäule, wenn ich längere Zeit in einer mässigen Dunkelheit gegangen bin, dabei fortwährend dunklere Gegenstände vor mir gehabt habe und dann mehr blinzeln und schielend auf das weisse faule Holz blicke. Sehe ich dagegen das letztere in der Nähe genauer an, so ist's jedesmal mit dem sogenannten „Leuchten“ aus. Wie uns am Tage stark beleuchtete helle Gegenstände anblitzen und blenden, wenn wir aus mässig hellen Localen treten, so blitzt oder leuchtet uns ein weisser Gegenstand, also auch weissfaules Holz im Dunkeln entgegen. Das Leuchten des weissfaulen Holzes ist also ebenso eine subjective als objective Erscheinung. Wenn das Leuchten einen besondern objectiv-physikalischen Grund hätte, wie beim Johanniswürmchen, den Leuchtinfusorien u. s. w., wenn, wie *Schleiden* (Grundzüge, II, S. 539) vermuthet, ein chemischer Process, eine langsame Verbrennung, die unmittelbare Ursache des Leuchtens wäre, dann sehe ich nicht ein, warum es nicht auch bei der Dunkelfäule des Holzes, wo doch der Zersetzungsprocess jedenfalls energischer vor sich geht, vorkommen sollte. Aber bei dunkelfaulen Holze hat noch Niemand das „Leuchten“ bemerkt.

§. 348.

Auf faulem Holze wachsen aber auch *Symploca lucifuga* (vergl. meine „*Tabulae phycologicae*“, I. Tab. 75), *Symphosiphon Hofmanni* und andere Oscillarineen, die sämmtlich nicht leuchten, aber durch ihren Standort auf faulem weissen Holze jedenfalls Veranlassung zu dem Märchen von leuchtenden Oscillatorien gegeben haben.

Ob das Leuchten der weisslichen Spitzen des Thallus von

Rhizomorpha subterranea, welches *A. v. Humboldt* zuerst beobachtete, ebenfalls hieher gehört, weiss ich nicht.

§. 319.

Um künftigen Täuschungen andererseits vorzubeugen, theile ich noch eine Selbstbeobachtung mit. Bei meinem Aufenthalte in Spalatro (Dalmatien) hatte ich in meinem Schlafzimmer eine ziemliche Quantität von *Chaetomorpha dalmatica*, die ich einige Stunden vorher aus dem Meere gezogen, zum Trocknen frei aufgehangen. Als ich beim Niederlegen und nach dem Verlöschen des Lichtes zufällig nach jener Alge hinblickte, sah ich an ihrer Stelle eine grosse Anzahl beweglicher stark leuchtender Punkte, die mich in das höchste Erstaunen setzten. Immer mehr kamen deren aber zum Vorschein, als ich die Alge in die Hand nahm und hin und her wandte. Eine genauere mikroskopische Untersuchung, die ich noch bei Lichte vornahm, überzeugte mich, dass kleine Leuchtthierchen die Ursache waren, welche zwischen den Fäden der Alge verborgen waren.

§. 320.

So hätte ich mich nur noch über die nähere Bestimmung und den Werth der verschiedenen Farbenlichter in der Botanik auszusprechen.

Alle nähern Farbenbestimmungen, welche im gewöhnlichen Verkehr vorkommen und hier zum Theil ziemlich genau sind, werden auch bei wissenschaftlichen Darstellungen benutzt. Ich kann daher die Kenntniss der gebräuchlichsten Grund- und Nebenbezeichnungen der Farben voraussetzen. Ihr Verstehen ist noch mehr als das anderer Grundformen an die unmittelbare Anschauung geknüpft; denn wer keine Gewürznelke, keine Kastanie und keinen gebrannten Kaffee gesehen hat, kennt auch den Unterschied nicht zwischen Nelkenbraun, Kastanienbraun und Kaffeebraun u. s. w.

§. 321.

Bei der Farbenbezeichnung der Pflanzentheile verhält es sich ähnlich, denn auch hier hat das gesellige Leben der Menschen eine solche Anzahl von Formen bestimmt, dass wir nur aus ihnen zu wählen haben, z. B. fleckig (*maculosus*), scheckig (*variegatus*), getüpfelt (*punctatus*), blatterfleckig (*pustulatus*), getigert (*pictus*), marmorirt (*marmoratus*) u. s. w., deren Bedeutung sogar von Personen gekannt ist, die weder Marmor, noch einen Tiger u. s. w. gesehen haben.

Diese Thatsache, dass das gesellige Leben hinreichend Gelegenheit gibt, sich über die Farbenbilder zu unterrichten, wird sogar von neuern Schriftstellern (*Schleiden, Endlicher und Unger, Link* in Phil. bot.) als etwas so Bekanntes vorausgesetzt, dass ihrer bei der Darstellung des Pflanzenlebens gar nicht, oder kaum einmal (bei *Link*, l. c., I, p. 15) gedacht wird.

Dass übrigens die Farbe (der Lichtkörper) eines Dinges leichter aufzufassen ist, als die geometrische Form desselben, beweist der Umstand, dass Kinder und alle Personen, welche sich nicht über räumliche Verhältnisse geläufig ausdrücken können, bei der Beschreibung eines Objects mit der Farbe anfangen und aufhören.

Wer sich über diese und noch viele andere, in der systematischen Botanik gebräuchliche, Vergleichungsformen besonders unterrichten will, dem empfehle ich 1) *Illiger's* „Versuch einer systematischen vollständigen Terminologie für das Thier- und Pflanzenreich“. Helmstädt, 1800. 2) „Handbuch der botanischen Terminologie und Systemkunde von *Gottlieb Wilhelm Bischof*“. Nürnberg, 1830. Oder auch dessen „Lehrbuch der Botanik“. Stuttgart, 1839. Mit Abbildungen.

§. 322.

Electrische Strömungen in den Pflanzen, als solche, wirklich nachzuweisen, hat seine sehr grossen Schwierigkeiten. Dass sie vorkommen müssen, geht allerdings daraus hervor, dass Bewegungen in den Pflanzen vorhanden sind, welche sowol die chemischen als organischen Verbindungen erzeugen. Aber die Bewegungen finden nur in kleinen, unter sich nur schwach verbundenen Kreisen Statt, daher die, selbst einem grossen Organismus angehörende, electrische Gesamtbewegung nicht so bedeutend sein kann, dass sie mit unsern bisherigen Apparaten leicht nachweisbar wäre. Wo man sie aber bisher nachgewiesen hat, ist nicht die Gewissheit vorhanden, ob dieselbe auch wirklich dem besondern Pflanzenleben oder dem allgemeinen Naturleben angehöre. Dazu kommt aber auch, dass man bis jetzt sich nur wenig mit der Untersuchung der Electricität der Pflanzen befasst hat, und selbst die wenigen Versuche, welche einige Physiker angestellt haben, sind unter den Botanikern bisher noch gar nicht bekannt geworden.

Ich entlehne die hierher gehörigen Thatsachen der ausgezeichneten und schönen Arbeit *Emil du Bois-Reymond's* „Ueber

thierische Electricität“ (Berlin 1848), weil mir die Originalabhandlungen der betreffenden Physiker nicht zur Hand sind.

§. 323.

Alexander Donné hat eine electrische Strömung bei Aepfeln, Birnen, Pflirsichen, Aprikosen und Pflaumen in der Richtung der Axe der Früchte beim Anlegen gleichartiger metallischer Multiplicatorenden nachgewiesen und seine Angaben werden durch *Emil du Bois-Reymond's* Versuche grösstentheils bestätigt.

Wenn die Multiplicatorenden an zwei Punkten des Aequators der Früchte oder eines Parallelkreises angelegt werden, so findet keine Strömung Statt. (Also werden dieselben an den Meridianpunkten, am besten vielleicht an den Polen, der Basis und der Spitze, angelegt werden müssen, was nicht ausdrücklich von *du B. R.* angegeben wird.) Bei den Birnen und Aepfeln findet eine Strömung von der „Knospe“ (soll wol heissen vom Kelchende, oder der Spitze) zum Stiel (der Basis) in der Frucht, bei den Steinfrüchten aber in entgegengesetzter Richtung Statt. Die chemische Ungleichheit, welche vielleicht Anlass zu diesen Strömungen gibt, hat durch die Analyse nicht nachgewiesen werden können.

Schneidet man eine Pflaume quer in der Mitte durch und presst den Saft beider Hälften aus, so ergibt ein neuer Versuch, dass diese Strömungen zwischen den ausgepressten Saftmengen in der nämlichen Richtung fortbestehen; sie fehlen aber, wenn die Halbirung der Pflaume in die Länge ausgeführt wird.

Ebenso erhält man nach *Donné* einen Strom in einem Zweige, wenn man das eine Ende des Multiplicators unter der Rinde, das andere an dem Marke anbringt. (*Annal. des sc. nat.*, 2. Série, t. I. 1834. Zoologie, p. 125. — *Ann. de Chimie et de Phys.*, t. LVII, p. 398.)

§. 324.

James Blake berichtet, dass er durch den Vegetationsprocess eines Blattes einen electrischen Strom hervorgebracht habe. Das Blatt wurde mit seiner Lamina unter Wasser getaucht, der Stiel befand sich dagegen über dem Wasser und in ihm war das eine Platinaende des Multiplicators eingesenkt, während das andere Ende die obere Blattfläche unter dem Wasser berührte. Der Strom ging im Multiplicatordraht vom Stiel zur Lamina, war bei Tage stärker als bei Nacht, übrigens aber vom Licht unabhängig (?).

§. 325.

Beim Gähren der Bierwürze erhielt derselbe Physiker ebenfalls einen Strom. Er brachte eine Platinplatte mit der auf dem Boden befindlichen Hefeschicht in Berührung, während eine zweite Platte die Oberfläche der Flüssigkeit berührte und verband beide durch einen Multiplicator. So lange die Hefe am Boden lag, ging der Strom von unten nach oben, nahm anfangs zu, späterhin aber ab, und als die Hefe in Folge der Gährung oben aufstieg, kehrte derselbe sich um. Mit beendigter Gährung war auch der Strom vorüber. („The Philosophical Magazine.“ New Series. 1838, vol. XII, p. 539—541.)

§. 326.

Pouillet fand im J. 1825, dass die Kohle während des Verbrennens negativ electrisch wird, während die entweichende Kohlensäure positive Electricität hat. Diese Erscheinung glaubte derselbe auch bei dem Vegetationsprocess der Pflanzen wahrzunehmen. Er hatte nämlich allerhand Samen in mit Erde gefüllten Glasgefässen ausgesäet, deren Rand mit Schellack überzogen war. Während nun die Samen keimten, waren die Glasgefässe mit negativer Electricität geladen, welche sich durch den Condensator wahrnehmen liess. Daraus schloss *P.*, dass positiv electrisirte Kohlensäure entwichen sei, welcher ausserdem derselbe noch einen beträchtlichen Antheil an der Gewitterbildung zuschreibt. Aber *P.* hat hierbei nicht an den Umstand gedacht, dass humusreicher Erdboden durch allmälige Zersetzung und Einwirkung des Sauerstoffs der atmosphärischen Luft auch Kohlensäure entwickelt, und dass ferner grüne Pflanzentheile im Sonnenlichte mehr Sauerstoff als Kohlensäure aushauchen; auch entwickelt schon das blosse Verdunsten der Feuchtigkeit eines Blumentopfes Electricität; Erscheinungen, welche sämmtlich Berücksichtigung finden müssen, wenn solchen Versuchen einiger Werth beigelegt werden soll. Indessen geht doch aus diesen Versuchen so viel hervor, dass durch die verschiedenen Verdunstungs-, Verdichtungs- und Zersetzungsprocesse in und ausser der Pflanze diese auch überall, innerlich wie äusserlich, von electrischen Strömen umgeben ist und umgeben sein muss. Auch kann hierbei nicht sehr in Betracht kommen, ob die Electricität durch die chemische oder vegetabilisch-organische Bewegung in der Pflanze hervorgerufen werde, denn bei der Kleinheit der vegetabilischen Elementarorgane wird es uns nie gelingen die

eine Bewegung von der andern zu trennen oder eine jede zu isoliren, weil beide sich gegenseitig bedingen und daher zu einander gehören; und selbst wenn sie getrennt werden könnten, so dürfte nicht vergessen werden, dass ja eben auch die chemischen Zersetzungen und Verbindungen in und an der Pflanze dem Pflanzenleben selbst unmittelbar angehören.

Aber darauf müsste wol bei künftigen Versuchen Rücksicht genommen werden, ob der electriche Strom in den verschiedenen Zellengruppen auch ein verschiedener sei, ob er sich spalte wo die Holzbündel sich spalten und trennen, wie sein Verhältniss sei zu den Gliederungen und Verästelungen des Stammes, der Blätter u. s. w. Man sieht, dass hier noch viel Arbeit vorliegt, eine Arbeit, die sich in ihrer Grösse erst zeigen wird, wenn wir in diesen Forschungen etwas tiefer eingedrungen sind.

§. 327.

Die **Wärmebewegungen** in den Pflanzen sind öfter der Gegenstand der Untersuchung verschiedener Naturforscher gewesen. So viel aber nur ist gewiss, dass in einzelnen Fällen die Menge der entwickelten Wärme sehr bedeutend, in den meisten Fällen aber verschwindend klein ist. Die Ursache ist auch hier wol die chemische Bewegung, welche jeden Vegetationsact immer unmittelbar begleitet und von demselben unzertrennlich ist.

§. 328.

Die Fälle, wo entschieden eine höhere Temperatur beobachtet wird, sind folgende:

1) Bei der **Hefebildung** während der Gährung. Die Temperatur einer gährenden Zuckerlösung steigt mit der innern Thätigkeit derselben. Die Erhöhung der Temperatur durch die Gährung ist leicht bei der Maische, dem Biere u. s. w. zu beobachten. Die innere Thätigkeit einer gährenden Flüssigkeit besteht nun eines Theils in dem Zerfallen des Zuckers in Alkohol und Kohlensäure und in der Bildung von Hefe. In andern Fällen erklärt man sich die Bildung der Kohlensäure bei der Vegetation durch die langsame Verbrennung des Kohlenstoffs oder kohlenstoffhaltiger Verbindung im Sauerstoff der atmosphärischen Luft. Diese Erklärung kann hier keine Anwendung finden, weil, wie genaue Untersuchungen ergeben haben, die Kohlensäure bei der Gährung nicht auf diese Weise gebildet wird. Ob bei der Zersetzung des Zuckers Wärmeentwicklung stattfindet, ist wahrscheinlich, aber ebenso wahrscheinlich ist es auch, dass dabei die Hefebildung

ihren Antheil hat. Es lässt sich nun einmal bei der Gährung der Lebensprocess der Hefe nicht von der Alkoholbildung trennen.

2) **Oscillarien**, welche sehr schnell vegetiren und in grossen ausgebreiteten Massen auf dem Wasser schwimmend vorkommen, entwickeln ebenfalls eine eigene Wärme, so dass ihre Temperatur bisweilen 1—4 Grad höher ist, als die des umgebenden Wassers. In andern Fällen, namentlich bei trübem Wetter, wird eine solche Temperaturerhöhung nicht wahrgenommen. Auch bei schnell vegetirenden oben aufschwimmenden Conferven, Cladophoren und Zygnumen kommt eine geringe Temperaturerhöhung vor.

3) Es ist bekannt, dass **keimende Gerste** (beim Malzen) und vielleicht alle Phanerogamensamen, wenn sie beim Keimen in grösserer Menge beisammenliegen, eine beträchtliche Wärmemenge entwickeln. Dass hier die eigene Wärme nur bemerkt wird, wenn die vegetirenden Organismen in grosser Anzahl und dicht über einander liegen, während sie bei dem einzelnen Individuum so geringfügig ist, dass sie nicht zu messen ist, beweist, dass die geringe Menge der Eigenwärme der Individuen in der Vereinzelung zerstreut und der Umgebung sofort mitgetheilt wird.

4) Die **Bäume** zeigen in unserm Klima auch einen Wechsel der Temperatur, der mit dem der atmosphärischen Luft zwar in Verhältniss steht, doch so, dass die Temperaturdifferenzen viel geringer sind, wesshalb auch die Sommertemperatur der Bäume in ihrem Innern niedriger, die Wintertemperatur dagegen höher ist, als die der umgebenden Luft. *Schleiden* („Grundzüge der wissenschaftlichen Botanik“, II. 3. Aufl., p. 535) gibt als wahrscheinlichen Grund dieser Erscheinung den Gang der Erdwärme in der Tiefe, in welcher sich die Wurzeln ausbreiten, an, von wo aus die Wärme theils durch den aufsteigenden Saft, theils durch die besondere Leitungsfähigkeit des Holzes der Länge nach in die obern Theile des Baumes verbreitet würde. Dass sie nicht wieder zerstreut werde, daran hindere theils die schlechte Leitungsfähigkeit des Holzes in die Quere, theils die Rinde des Holzes, welche ebenfalls ein schlechter Wärmeleiter sei.

Ich gebe zu, dass die angeführten Thatsachen, welche S. zum Theil aus den Untersuchungen *De la Rive's* und *Alph. De Candolle's* über die Wärmeleitungsfähigkeit des Holzes (*Poggendorff's Ann.*, XIV, 590) geschöpft hat, in Betracht kommen müssen, ohne jedoch der organischen Bewegung im Innern des Baumes jeden Einfluss dabei abzusprechen.

5) *Lamarck* fand zuerst (1778, *Flore franç.* Tom III), dass

Arum maculatum und *A. italicum* beim Blühen eine Wärme entwickeln, welche die Temperatur der umgebenden atmosphärischen Luft bedeutend übersteigt. Man kann wohl annehmen, dass diese Erscheinung bei allen Aroideen, überhaupt bei allen denjenigen Pflanzen vorkommt, bei welchen die Blumen in grosser Anzahl dicht beisammen stehen und eine umhüllende Scheide die Wärmezustreuung verhindert, wie der Bienenstock bei den Bienen. Sichere Beobachtungen hierüber sind an *Arum dracunculifolium*, *A. cordifolium*, *Caladium pinnatifidum*, *Colocasia odora* gemacht worden, welche wir besonders *Saussure*, *Göppert* („Ueber Wärmeentwicklung in den Pflanzen“. Wien 1832), *Mulder*, *Vrolik* und *De Vriese* (Wiegmanns Arch. 1836, II, p. 95) verdanken. Nach den Untersuchungen der letzteren hat die Temperatur einen täglichen regelmässigen Gang und erreicht des Nachmittags zwischen 2—5 Uhr den höchsten Grad. Der Wärmeunterschied zwischen dem Kolben und der äussern Luft soll bis auf 20—30° R. steigen. Nach *Sprengel* („Grundzüge der wissenschaftlichen Pflanzenkunde“, 1820, p. 315) soll auch *Pandanus* in der Blüte eine „bedeutende Hitze“ erzeugen.

b) Chemische Stoffformen (Substanzen).

§. 329.

Wir betrachten hierbei nicht eigentlich die Stoffe oder Elemente, weil deren Betrachtung an sich nicht zugänglich ist, sondern diejenigen Körperformen, in welchen die Stoffe am reinsten verkörpert sind. Alle folgenden Erörterungen sind daher von Elementarkörpern und von Stoffverbindungen in ihrer Verkörperung hergenommen. Die einzige streng wissenschaftliche Formel, welche dem Ausdruck des wahren Wesens des Stoffs am nächsten kommt, ist die Zahl, welche das relative Mischungsgewicht angibt. Diese Zahl wird auch durch das Symbol vertreten, womit jedes einzelne Element in der Chemie bezeichnet wird. Der Ausdruck Substanz, welcher öfter vorkommen wird, bezeichnet die substantielle Stoffform mit Inbegriff der Körperform.

1. Der Kohlenstoff. Er ist das wichtigste chemische Element im Pflanzenleben, weil keine Pflanze ohne denselben existirt. Wenn man irgend eine Pflanze glühet bei Abschluss der atmosphärischen Luft, so bleibt der grösste Theil des Kohlenstoffs in einer schwarzen metallisch-glänzenden Substanz (Kohle) zurück, welche ihrer physikalischen Beschaffenheit nach zum Graphit gehört. Ist die Pflanzensubstanz weich, gallertartig oder schleimig,

so bildet die zurückbleibende Kohle eine geflossene blasige Masse, bei der alle frühere organische Structur verloren gegangen ist. Ist die Pflanzensubstanz aber hart (holzig, steinig), so hat die zurückbleibende Kohle noch ganz die Form des verkohlten Körpers und man kann mit dem Mikroskope selbst noch die zellige Structur erkennen. — Bei der Braun- und Steinkohle, so wie auch beim Torf hat sich die Kohle durch freiwillige Zersetzung ausgeschieden; auch kann man, mit Ausnahme der Steinkohle, die Substanz noch auf ihre Structur mikroskopisch untersuchen. Der Kohlenstoff bildet mit Sauerstoff die Kleesäure ($C_2 O_3$) und Kohlensäure (CO_2), welche beide in den Pflanzen vorkommen. Letztere wird meist ausgehaucht, besonders von Pilzen und reifen Früchten (Äpfeln, Birnen).

§. 330.

2. Wasserstoff ist ebenfalls in allen Pflanzen enthalten und er geht beim Verkohlen und Zersetzen derselben theils als Kohlenwasserstoffverbindung, theils mit Sauerstoff vereinigt als Wasser fort. Die Pilze sollen Wasserstoff aushauchen.

§. 331.

3. Der Sauerstoff. Er ist der dritte allgemeine Stoff, welcher zur Bildung der Pflanzensubstanz unumgänglich nothwendig ist und macht daher einen wesentlichen Bestandtheil derselben aus. Er kommt durch Zersetzung gewisser Verbindungen auch frei in Gasform in den Pflanzen vor; namentlich entwickeln die Pflanzen viel Sauerstoffgas, wenn das Sonnenlicht auf dieselben einwirkt, und es scheidet sich theils an der Aussenseite derselben aus, theils sammelt es sich in besondern Luftbehältern, Zellen, Blasen u. s. w., worin es aber gewöhnlich noch mit Stickstoffgas oder mit Kohlensäuregas gemischt ist.

§. 332.

4. Der Stickstoff ist das letzte Element, welches allgemeinen Antheil am Pflanzenleben hat. Ich kenne indessen einige Fälle, z. B. beim Traganth, wo in einer entschiedenen Pflanzenbildung kein Stickstoff vorhanden ist. Ob er in Gasform wirklich von den Pilzen ausgeströmt wird, wie man in vielen botanischen Lehrbüchern angegeben findet, darüber müssten wol neuere Versuche entscheiden.

§. 333.

Die folgenden Elemente kommen nicht in allen Pflanzen vor.

Manche von ihnen sind an gewisse Pflanzen gewiesen, bei denen sie auch einen constanten und zum Leben nothwendigen Bestandtheil ausmachen, andere dagegen sind meist nur als zufällige Bestandtheile zu betrachten.

5. Das Chlor ist nicht frei in den Pflanzen enthalten, sondern in Verbindung mit Metallen. Mit Natrium verbunden ist es in allen Meeresgewächsen, Seestrandspflanzen, den Pflanzen der Salzsteppen und allen auf salzigem Boden vorkommenden Gewächsen enthalten. Als Chlorkalium kommt es auch in sehr vielen andern Gewächsen des Binnenlandes vor.

§. 334.

6. Das Jodin ist ebenfalls an Natrium und noch andere Leichtmetalle gebunden in den Pflanzen enthalten und man kann es wie das Brom als einen fast beständigen Begleiter des Chlors ansehen. Am reichhaltigsten sind die Algen des Mittelmeeres mit Jodin versehen, weniger die der Nordsee, die dagegen Brom enthalten. Früher glaubte man überhaupt, dass das Jodin nur in Meeresgewächsen oder sogenannten Salzpflanzen enthalten sei, aber *Van der Marck* wies es im J. 1848 in *Jungermannia albicans* nach, welche einen eigentlichen jodartigen Geruch besitzt (*Journ. de Chim. méd.*, 1848, Juin, 510. — *Erdm. Journ.*, 1848, No. 12, 244). Schon früher hatte es *Müller* auch in der Brunnenkresse (*Nasturtium officinale*) nachgewiesen, was vor Kurzem nicht nur von *Chatin* bestätigt worden, sondern derselbe Chemiker hat es auch noch in grösserer oder geringerer Quantität in vielen Süßwassergewächsen und Sumpfpflanzen aufgefunden, wie z. B. in *Catha palustris*, *Carex paludosa*, *C. cespitosa*, *Villarsia Nymphoides*, *Nelumbium luteum* (aus Nordamerika), *Nelumbium speciosum* (Asien), *Nymphaea Lotus* (Aegypten), *Myriophyllum verticillatum*, *Ceratophyllum submersum* und *demersum*, *Potamogeton crispus* und *pectinatus*, *Nymphaea alba* und *lutea*, *Phragmites communis*, *Scirpus lacustris*, *Typha angustifolia* und *minima*, *Litorella lacustris*, *Ranunculus fluviatilis* und *aquatilis*, *Sagittaria sagittifolia*, *Chara foetida*, *Conferva*, *Lemna minor*, *Callitriche*, *Glyceria fluitans*, *Fontinalis antipyretica*, *Iris pseud-Acorus*, *Gratiola Menyanthes*, *Stratiotes*, *Veronica Beccabunga*, *Phellandrium aquaticum*, *Scrophularia aquatica* und mehrern andern. — Von Landpflanzen, welche Jodin enthalten, werden folgende genannt: *Rumex conglomeratus*, *crispus*, *Osmunda regalis*, *Potentilla anserina*, *Inula Helenium*, *Valeriana dioeca*, *officinalis*, *Cardamine pratensis*. Alle waren jedoch auch an sumpfigen Stellen gewachsen. Andere

Exemplare, welche von hochliegenden Wiesen oder andern nicht sumpfigen Stellen gesammelt waren, enthielten dagegen keine Spur von Jodin.

Nach *Bussy* kommt auch das Jodin in den Destillationsproducten der Steinkohle vor (*Erdm. Journ.*, 1850, No. 13, 14. p. 273—285), und nach *Ch. Lamy* in den Runkelrüben, besonders in der aus den Rückständen gewonnenen Pottasche. (Ebendasselbst, No. 19, p. 187.)

§. 335.

7. Das Brom ist noch nicht in der Ausdehnung in den Pflanzen nachgewiesen worden, als das Jodin. Das Vorkommen des Fluors ist noch in keiner Pflanze erwiesen.

§. 336.

8. Der Schwefel und **9. der Phosphor** sind insofern allgemeine Bestandtheile der Pflanzen, als sie entweder gemeinschaftlich oder einer von ihnen die Proteinverbindungen bilden helfen. Ausserdem finden sie sich aber auch in den Pflanzen als Schwefel- und Phosphorsäure, zum Theil mit Kalk und andern Basen verbunden. Phosphorsäure wird als häufiger Bestandtheil in den Samenhüllen der Gräser, ferner im Zwiebelsafte, der Paeonienwurzel und andern angegeben.

§. 337.

10. Das Silicium kommt ziemlich allgemein mit Sauerstoff verbunden in Form der Kieselsäure vor. Diese wird bei manchen Pflanzen in solcher Menge angetroffen, dass sie nach Abzug des Wassers oft 95—97 Procent der ganzen Substanz ausmacht. Zu diesen Pflanzen gehören die Schachtelhalme, die grössern rohrartigen Gräser, die rohrartigen Palmen und namentlich die Bacillarien. *Bambusa arundinacea* enthält 71,4; *Arundo phragmites* 48,1; Roggenstroh (*Secale cereale*) 6,5 Procent. Geringere Mengen von Kieselsäure kommen fast in jeder Pflanzenasche vor. So viel mir bekannt, ist hier die Kieselsäure nie in krystallinischer, sondern vielleicht stets in organischer, vegetabilischer Form enthalten. Bei jenen grössern Pflanzen (*Equisetum*, *Gramineae*) bildet sie immer den Ueberzug der einzelnen Zellen des Zellengewebes, und füllt auch wol bisweilen die Intercellulargänge aus, ihre Menge nimmt aber nach aussen hin zu, so dass die äussersten Zellen am dicksten damit inkrustirt sind. In diesem Falle bildet sie daher eine eigenthümliche Verdickungsschicht

der Zellen, an deren innerer Seite die Fläche der eingeschlossenen Zelle gleichsam abgedruckt ist. Glühet oder verbrennt man Schachtelhalme, Stroh, Spanisches Rohr, so bleibt die Kieselsäure in der Asche zurück, in welcher man öfters die Kieselstückchen mit ihrer vegetabilischen Form erkennen kann; der grösste Theil ist jedoch in Folge der Hitze und des gegenwärtigen Alkalis zu einer glasigen Masse zusammengeschmolzen. Will man die Kieselzellen und Kieselhäute bei den genannten Pflanzen in ihrer Verbindung mit einander und in ihrer reinen organischen Form darstellen, so muss man einige kleine Stückchen jener oben genannten Pflanzen mit concentrirter Schwefelsäure kochen, welche die weichen organischen Zellenhäute nebst Inhalt zerstört, auflöst und die harten, glasartigen und durchsichtigen klaren Kieselzellen mit ihrer vegetabilischen Structur zurücklässt. Wenn man unter dem Rückstande die Kieselsäure auch in Form von Nadeln, Spindeln, Blättchen, Rädchen oder Scheibchen findet, so rühren diese Formen hauptsächlich von zerbrochenen Zellen her, und die Nadeln und Spindeln sind meist Ausfüllungen der Zwischenzellenräume. Da die Kieselsäure nicht durch Fäulniss zerstört wird, so bleiben ihre eben erwähnten vegetabilischen Formen nach der Fäulniss der Pflanzen unversehrt zurück und sind alsdann im Humus anzutreffen. Diese im Humus vorkommenden Formen sind von *Ehrenberg* zum Theil systematisch geordnet und mit Gattungs- und Speciesnamen versehen worden. („Verbreitung und Einfluss des mikroskopischen Lebens in Süd- und Nordamerika“, Berlin 1843.)

Noch entschiedener aber nimmt die Kieselsäure an der Bildung der organischen Form Theil bei den Bacillarien. Denn wenn sie bei den Schachtelhalmen und Gräsern nur als ein die Zellen inkrustirender Stoff auftritt, welcher dieselben nach aussen verdickt, wie andere Stoffe nach innen, so fällt das bei den Bacillarien weg, weil man hier von einer weichen organischen Zellmembran, welcher die harte Kieselmembran als Ueberzug dient, Nichts bemerkt. Daher liefern auch eigentlich erst die Bacillarienzellen den sichern Beweis, dass die Kieselsäure unmittelbar zur Bildung organischer Formen beiträgt. Sie tritt übrigens hier sehr rein auf und ist weder mit Cellulose, noch mit Protein, noch mit andern derartigen Stoffen chemisch verbunden. Wegen dieser Eigenschaft der Bacillarienzellen sind dieselben wichtig geworden für die geognostischen Verhältnisse unserer Erdrinde, in welcher die Kieselzellen der Bacillarien oft grosse Lager von gewaltiger Mächtigkeit bilden.

Dass die Zellenformen der Bacillarien aus Kieselerde bestehen, wurde zuerst von mir (1834) nachgewiesen. Ein Jahr darauf wurden von Dr. *Struve* („*De Silicia in plantis nonnullis*“, Berol. 1835) die Kieselhäute mehrerer Schachtelhalme und des Stuhlrohrs untersucht und abgebildet. Im Jahr 1836 entdeckte *C. Fischer* die Kieselzellen der *Navicula viridis* und anderer Bacillarien im Franzensbader Kieselguhr und wies damit zuerst deren fossiles Vorkommen nach. (Vergl. „Die kieselschaligen Bacillarien von *F. T. Kützing*“, Nordhausen 1844.)

§. 338.

11. Die Metalle kommen bei den Pflanzen nur als Oxyde, oder als solche mit Säuren verbunden vor. Es ist keine organische Form bekannt, welche aus einem reinen Metalloxyde gebildet wäre. Bei einer Conferveengattung (*Psichohormium inaequale* und *verrucosum*), welche in eisenhaltigen Wassern wächst, sind organische Moleküle und Eisenoxydpartikel so mit einander vereinigt, dass sie eine eigenthümliche Inkrustation des Fadens bilden. Ebenso ist es wahrscheinlich, dass bei *Gloeotila ferruginea* das Eisenoxyd entweder die Zellenmembran durchdringt oder im Innern derselben als Verdickungsschicht auftritt, denn nach dem Glühen derselben bleibt das Eisenoxyd in Form der genannten Alge zurück; behandelt man jedoch die letztere im Leben mit verdünnter Salzsäure, so löst diese (kalt) alles Eisenoxyd(hydrat) auf und lässt die übrige weiche und vollständig verbrennliche Zellensubstanz zurück. Auch bei *Leptothrix ochracea* verhält es sich ähnlich.

§. 339.

12. Wie das Eisenoxyd bei *Psichohormium inaequale* und *verrucosum*, so tritt der kohlensaure Kalk mit organischen Molekülen bei *Psichohormium antliarium* und *cinereum* in Verbindung. Ob derselbe hier, wie auch bei den sehr kalkhaltigen Algen *Corallina*, *Halimeda*, *Melobesia*, *Spongites*, *Acetabularia* und andere, in der unorganischen krystallinischen, oder in unkrystallinischer Form, wie die Kieselsäure, als organische Kruste erscheint, ist noch nicht festgestellt. In diesen letztgenannten Algen tritt jedoch die Kalkmasse gegen die weichen organischen Zellen in so überwiegender Menge auf, dass dieselben wahren Versteinerungen gleichen und man nicht im Stande ist, eine genaue mikroskopische Untersuchung vorzunehmen, ohne vorher den Kalk durch Salzsäure entfernt zu haben.

Eine zweite Art des Vorkommens des kohlensauren Kalks ist

die in unregelmässigen Blättchen, welche rindenartig die Charen überziehen, bei *Saxifraga aizoon* und ähnlichen Arten so wie bei *Lathraea* die Blätter bedecken und bei letzterer nach *Schleiden* auch in den Lufthöhlen vorkommen; endlich eine dritte Art in Kalkspathrhomboëdern, welche sich theils isolirt, theils zu Drusen vereinigt, bei einigen Algen mit weicher gallertartiger Substanz in den Intercellularräumen (z. B. *Hydrurus*, *Chaetophora*, *Rivularia* u. s. w.), sodann im Zellensaft vieler Cacteen, bei *Myriophyllum* und andern phanerogamischen Pflanzen vorfinden.

§. 340.

13. Nach dem kohlensauren Kalk kommt der **oxalsaure Kalk** am häufigsten, vielleicht noch häufiger als der vorige, in den Pflanzen vor. *Scheele* wies ihn schon in der Rhabarberwurzel nach und bei den Flechten macht er zum Theil einen so bedeutenden Bestandtheil aus, dass man sie zur Gewinnung der Klee-säure benutzen kann.

Bei der Rhabarberwurzel bildet er kugelige oder eiförmige Krystallhäufchen mit nach aussen stehenden strahligen Spitzen. Die einzelnen Spitzen selbst sind nicht regelmässig krystallinisch entwickelt, sondern oft unregelmässig gespalten, so dass es nicht möglich ist die Krystallform zu bestimmen. Diese Krystalldrusen sind von Gelinzellen eingeschlossen. Sie sind übrigens sehr häufig auch in einheimischen Pflanzen anzutreffen. (Taf. 1. Fig. 3.)

Unter den Flechten habe ich *Lecanora lentigera* genauer darauf untersucht. Ein senkrechter Abschnitt des weissen Thallus zeigt die verästelten und aus cylindrischen und verdickten Zellen bestehenden Fasern, welche sich filzartig durchweben und aussen mit opaken rundlichen und körnigen Bröckchen besetzt sind. Zerdrückt man ein solches Bröckchen, so zerfällt es in krystallinische sehr unregelmässige Bruchstücke, welche durchsichtig sind und noch andere helle Moleküle zwischen sich erkennen lassen. Behandelt man die Probe mit Salz- oder Salpetersäure, so wird der klee-saure Kalk ohne Aufbrausen gelöst und es bleiben von den ebengenannten Brocken organische Moleküle zurück, welche grösstentheils aus Proteinkörnchen, umgeben von Basserinschleim, bestehen, zwischen welchen man ausserdem noch die Lücken bemerkt, in welchen der klee-saure Kalk gelegen hat. Es ist durchaus falsch, wenn in den chemischen Handbüchern (*Liebig*, Org. Chem., p. 13) behauptet wird, dass der klee-saure Kalk in den Flechten „das harte feste Skelet“ bilde, denn erstens ist gar kein hartes Skelet da, und zweitens bildet jenes Salz mit

den genannten Molekülen nur pulverartige und sehr leicht zerreibliche Massen.

Bei *Scilla maritima* (Taf. 1. Fig. 1. a. b. c.) findet man in den unterirdischen Schuppenblättern folgende Formen von Krystallen, welche sämmtlich aus klesauem Kalk bestehen:

1) Sogenannte Rhaphiden. Sie wurden zuerst von *Link* in der Wurzel von *Oenothera biennis* entdeckt, finden sich sehr häufig fast in allen saftreichen Pflanzen (*Cactus*, *Crassula*, *Sedum*, *Aloë*, *Rheum* u. s. w.) und bestehen aus einer grössern Anzahl gerader nadelförmiger, an beiden Enden zugespitzter Krystalle, welche sämmtlich von gleicher Grösse, dicht parallel neben einander gepackt sind und jedesmal von einer Zelle umschlossen werden, die ihrer Grösse entspricht. Wird eine solche Zelle durchschnitten, so werden auch gewöhnlich die Krystallnadeln aus einander gerissen und sie liegen dann mehr oder weniger zerstreut auf den übrigen Zellen herum. Die Grösse dieser Nadeln ist sehr verschieden, man findet sie in der *Scilla maritima* von einer kaum messbaren Dicke bis zu einem Querdurchmesser von $\frac{1}{250}$ ''' , und in einer Länge von $\frac{1}{90}$ —1''' . Ich habe sie noch bei keiner Pflanze in solchen Grössenverschiedenheiten gesehen. Die „Rhaphiden“ kommen übrigens sehr häufig in saftigen Pflanzen vor.

2) Kleine Kügelchen mit feinen haarähnlichen Strahlen besetzt. Den Kügelchen scheint ein Cytoblast zu Grunde zu liegen und zwischen den krystallinischen Strahlen kommen auch noch Strahlen, welche aus proteinartigem Stoffe gebildet zu sein scheinen, vor. (Taf. 1. Fig. 1. d. e. f.)

Endlich sind noch einzelne grössere Krystalle dieses Salzes zu erwähnen, welche nach *Schleiden* in dem Parenchym alter *Tratescantiastengel* so wie zwischen dem Pollen vieler *Caladien* vorkommen, und so deutlich und schön entwickelt sind, dass an ihnen als die Grundform das quadratische Octaëder erkannt werden kann, dessen Endflächen in andern Fällen sehr scharfe Zuspitzungen von langen und schmalen quadratischen Säulen bilden.

§. 344.

Die meisten dieser Krystalle wurden früher für phosphorsaueren Kalk gehalten, wahrscheinlich desshalb, weil sich dieser immer in der Asche der Vegetabilien vorfindet. Es ist aber sehr wahrscheinlich, dass der grösste Theil des phosphorsauren Kalks (und vielleicht auch ein Theil des schwefelsauren Kalks, so wie

noch andere schwefel-, phosphor- und kohlen-saure Salze, welche die Asche enthält) erst durch das Verbrennen der Proteinsubstanzen gebildet wird. *De Candolle* gibt übrigens sauren phosphorsauren Kalk u. s. w. als in den Blättern von *Aconitum Napellus*, der Wurzel von *Paeonia officinalis*, dem Rhizom von *Nymphaea alba*, der Wurzel von *Polygala Senega*, *Glycyrrhiza glabra* und *echinata* u. m. a. enthalten an. Wie weit diese und andere Angaben wirklich begründet sind, müssten sorgfältigere neue Untersuchungen entscheiden.

§. 342.

14. Der schwefelsaure Kalk wird in fast allen Pflanzenaschen gefunden; er ist aber als solcher in der lebenden Pflanze bisher noch wenig nachgewiesen, und in diesem letztern Falle erscheint er in Krystallen. Die sind entweder dünne spitze Pyramiden, welche kreuzweise, strahlig oder büschelig beisammenliegen, wie bei einigen *Zygnema*-Arten, oder er bildet schmale sechsseitige Säulen oder hemitropische Zwillinge in den *Musaceen* und *Scytamineen* (*Schleiden*, l. c., p. 170)

§. 343.

15. Von besonderer Wichtigkeit für die Vegetation der Pflanzen sind die **Alkalien**. Von diesen kommen das Kali und Natron nur in Betracht und es scheint, als könne in einzelnen Fällen das eine durch das andere vertreten werden. Obschon die im Meere und am Meeresstrande gewachsenen Pflanzen meist mehr Natron und die Pflanzen des Binnenlandes (mit Ausnahme der auf Salzboden gewachsenen) meist mehr Kali als jene enthalten, so sind doch viele Fälle bekannt, welche beweisen, dass der Kaligehalt selbst bei Landpflanzen, und bei ein und derselben Art, sehr schwankend ist. Die Pottaschenanalysen haben namentlich dargethan, dass die Güte der Pottasche durchaus vom Standorte bedingt wird. Während amerikanische Pottasche nicht unbeträchtliche Mengen Natron aufzuweisen hat, finden sich nach *Hermann* in der von *Kasan* 4,14 Procent, in andern russischen und polnischen Sorten nach *Wittstock* bisweilen nur Spuren und in der illyrischen nach *Bley* gar keins. In einer im vorigen Jahr erschienenen Abhandlung von *C. Bischof*, welche besonders über diesen Gegenstand handelt (*Erdm. Journ.*, 1849, No. 12, p. 194 fg.), werden nicht nur neue Untersuchungen hierüber mitgetheilt, sondern auch alle bis jetzt darüber bekannt gewordenen Analysen zusammengestellt. Hiernach scheint allerdings die Annahme einer Vertretung des

Kali durch Natron nicht gerechtfertigt, sondern es geht vielmehr daraus hervor, dass die Pflanzen ohne Ausnahme das Kali vor dem Natron bevorzugen. Den auffallendsten Beweis dazu liefern mehrere Algen (*Laminaria latifolia*, *Ecklonia buccinalis*, *Iridaea edulis* und *Polysiphonia elongata*), welche im Meerwasser gewachsen sind, und doch in ihrer Asche mehr Kali als Natron geben.

Diese beiden Basen sind in der Pflanze wahrscheinlich mit den verschiedenartigsten Säuren verbunden und im aufgelösten Zustande im Zellensaft enthalten, wofür der Umstand spricht, dass die frischen grünen und saftigen Pflanzentheile (bei den Bäumen die Blätter, Blumen, Früchte und jungen Zweige) mehr Kali oder Natron, als die alten harten Hölzer, so wie einjährige saftige Kräuter mehr, als Holzpflanzen geben. (Ihre Wichtigkeit für das Pflanzenleben erhellt besonders aus den im §. 379 gegebenen Erörterungen.)

§. 344.

16. Die Magnesia (Magniumoxyd) ist weniger häufig, als die Alkalien und der Kalk in den Pflanzen vorhanden. Im Stroh und in den Samen der Getreidearten soll sie mit Kohlensäure verbunden vorkommen, ebenso in *Salsola Soda*. Mit Schwefelsäure verbunden hat man sie in grosser Menge in *Fucus vesiculosus*, mit Phosphorsäure in der *Radix bryoniae*, im Schierlingskraut (*Conium maculatum*), als Chlormagnium in der *Canella alba* und der *Radix Caryophyllatae* (*Geum urbanum*) u. s. w. gefunden (*De Candolle*).

§. 345.

17. Die Thonerde (Aluminiumoxyd) ist in noch geringerer Menge in den Pflanzen gefunden worden. Rein (?) gibt sie *Schrader* in den Gersten- und Haferkörnern, so wie im Roggenstroh an; ausserdem hat man sie noch im Milchsaft der *Papaveraceen*, in der Altheewurzel, im Stinkasant, in *Lycopodium complanatum*, *Juniperus communis*, *Helleborus niger* (*Salm-Horstmar*) u. s. w. gefunden. Bei den Bacillarien bildet sie mit Eisenoxyd in sehr geringer Menge gestreifte Inkrustationen der innern Kieselzelle. Ihr Vorkommen scheint daher für das eigentliche Pflanzenleben von keiner Bedeutung zu sein. Nadeln von *Pinus silvestris*, welche auf gutem Sandboden gewachsen, gaben keine Spur (*Salm-Horstmar*).

§. 346.

18. Dasselbe ist der Fall mit den übrigen Schwermetallen,

welche sich auch nur in sehr geringer Menge in den Pflanzenaschen finden. Doch soll nach *John* (Chem. Schriften, VI, S. 50) das Mangan bei *Lycopodium complanatum* mit einer Pflanzensäure verbunden sein.

Wichtiger ist das Vorkommen des Kupfers, welches man in sehr vielen Land- und Wassergewächsen, sowol kryptogamischen als phanerogamischen, gefunden hat. Auch im Kaffee und Weizen ist es enthalten und obschon es in beiden letztern nur in sehr geringer Menge vorhanden ist, so hat man doch berechnet, dass in Frankreich mit dem Brode 3650 Kilogramm Kupfer jährlich gegessen werden und dass das in Europa jährlich verbrauchte Kaffeequantum 500 Kilogramm Kupfer enthält (*Roeper*, in DC. Pflanzenphysiol. I, 386). Neueste Untersuchungen von *Malaguti*, *Durocher* und *Sarzeaud* beweisen auch das Vorkommen des Kupfers sowol, als des Bleis und Silbers in dem Meerwasser und in den Tangen. (*Erdm. Journ.*, 1850, No. 7.)

§. 347.

Wir haben nun noch Stoffe zu betrachten, welche aus den 4 Elementen C. H. O. und N. zusammengesetzt sind. Diese Verbindungen sind entweder solche, welche in der Erstarrung oder Ausscheidung in krystallinische oder organische Formen übergehen, oder (unter Umständen) übergehen können.

Wir betrachten jene zuerst.

§. 348.

19. Das Wasser. Das Wasser ist die erste Bedingung alles organischen Lebens, weil es das Medium ist, in welchem die organischen Bewegungen stattfinden. Es ist dies zwar auch zum Theil mit bei der Krystallbildung der Fall, aber nicht ausschliesslich, denn hier kann jeder flüssige Zustand eines Körpers das Medium der Bewegung bilden, wie wir das an den geschmolzenen Metallen, dem Schwefel u. s. w. sehen, auch können hier Alkohol, Oele, Aether und alle andern Flüssigkeiten als Mittel dienen, selbst Gase. In allen bilden sich Krystalle. Nicht so die organischen Bildungen. Diese sind durchaus von dem Wasser, als Mittel der Bewegung, abhängig. Daher auch die grosse Wichtigkeit des Wassers bei der Vegetation. Der Wassermangel vernichtet jede Vegetation, die Anwesenheit des Wassers ruft sie überall hervor. Aber das Wasser dient nicht nur als Mittel der Bewegung organischer Moleküle, sondern es geht auch mit diesen selbst in Verbindung, so dass es wesentlich mit bei den

Stoffveränderungen unmittelbar betheiligt ist, welche in den Pflanzen vorkommen.

Das Wasser dient ferner als Auflösungsmittel für die Stoffe, welche den Pflanzen aus der Erde als Nahrungsmittel zugeführt werden; als solches führt es aber auch solche mineralische Theile der Pflanze zu, welche nicht gerade für das Pflanzenleben nothwendig und daher gleichsam als Ballast erscheinen. Da das meiste Wasser als Wassergas aus der Pflanze entweicht, so bleiben jene fixen Bestandtheile in derselben zurück und häufen sich mit der Zeit immer mehr darin an. Anders ist es in den Fällen, wo die Pflanzen das aufgenommene Wasser wieder tropfenweise absondern. Man muss eigentlich annehmen, dass wol in allen Fällen das Wasser nicht in Gasform aus den oberflächlichen Zellen der Pflanzen, sondern in tropfbarer Form ausgeschieden wird. Geschieht dies an der offenen freien, der Sonne und der trocknen umgebenden Luft unmittelbar ausgesetzten Oberfläche, so werden die austretenden Wassertheilchen gewiss um so leichter zu Gas verflüchtigt und von der umgebenden Luft aufgenommen, je kleiner sie sind. Geschieht dies aber in geschützten, mehr oder weniger geschlossenen hohlen Räumen, wie z. B. in den Schläuchen von *Nepenthes* und andern Gattungen, oder in den Rinnen und Röhren der Blumenhüllen, so kann sich das Wasser ansammeln und wird alsdann in kleinern oder grössern Quantitäten angetroffen. Das austretende Wasser ist dann auch nicht rein, sondern enthält verschiedene Bestandtheile des Zellensaftes mit aufgelöst, je nach den Zellen, welche das Wasser an die Aussenfläche abgeben. Dasselbe ist der Fall, wenn kräftig vegetirende Pflanzen mit schnellem Wachsthum nach einem heissen Sommertage von kühler Nachtluft umgeben werden. Dann sammeln sich die Wassertropfen auf der Aussenseite der Blätter und bilden in diesem Falle den sogenannten Thau. Solche Thautröpfchen werden auch zu anderer Zeit von den Zahnspitzen der Blätter der *Balsamine*, von den Stipeln der *Sambucusarten* abgesondert. Ausserdem aber zeichnen sich die *Aroideen* (*Calla*, *Canna*, *Caladium*, *Colocasia*, *Sarracenia*, *Nepenthes* u. s. w.) besonders durch die wässrigen Ausscheidungen aus. In den meisten dieser Fälle hat das Wasser dieser Pflanzen nur wenig andere Beimischungen und wird daher gewöhnlich von den Physiologen als rein angenommen. So findet sich in den „*Annals of Natural History* (1848)“ eine Mittheilung von *Williamson*, wonach jedes ausgewachsene Blatt von *Caladium destillatorium* während einer Nacht eine halbe Pinte Wasser abgesondert, welches nur sehr

geringe Mengen von „organischer“ Substanz enthält. Die neueste Analyse über die wässrige Flüssigkeit in den Schläuchen von *Nepenthes* ist von A. Voelker (*Erdm. Journ.* 1849, No. 20, p. 245). Das Wasser schmeckt nicht sauer, aber röthet das Lackmuspapier. Der Rückstand nach dem Verdampfen betrug in einem Falle 0,92 p. C. (in andern Fällen etwas weniger) und dieser enthielt in 100 Theilen: Aepfelsäure und etwas Citronensäure 38,61; Chlorkalium 50,42; Natron 6,36; Kalk 2,59; Talkerde 2,59.

Das in den Blumenhüllen sich ausscheidende Wasser enthält, wie bekannt, meist Zucker aufgelöst. Die sogenannten Honiggefäße der Blumen sind den Schläuchen der *Nepenthes* vergleichbar. Solches „Zuckerwasser“ findet man aber auch an den Spitzen mancher Stipeln und auch mitunter an den drüsenartigen Zahnsitzen der Balsaminenblätter hängen. Als ungewöhnliche Erscheinung tritt es im Sommer nach kühlen Nächten an den Baumblättern, den Getreideähren u. s. w. auf, wo es den sogenannten Honigthau bildet. Auch das Ausschwitzten der Manna an den Zweigen der Eschen gehört hierher. Das Geschichtliche dieser Erscheinungen findet man zusammengestellt und mit Beobachtungen erweitert in den Beiblättern zur Flora, 1842, No. 1.

§. 349.

20. Ammoniak. Es ist keinem Zweifel unterworfen, dass das Ammoniak in vielen Pflanzen, meist aber an Säuren gebunden, vorkommt. Im freien Zustande findet man es in dem frischen Saft der Rüben, des Waid, im Frühlingssaft der Bäume u. s. w. In vielen Pflanzen ist das Ammoniak mit Salpetersäure verbunden. Die eingedickten Säfte des Schierlings, Bilsenkrauts, Tabaks u. s. w. entwickeln mit Kali behandelt bedeutende Mengen Ammoniak. Die Lactucaarten liefern bei der Destillation ebenfalls ein ammoniakalisches Wasser; als kohlen-saures Ammoniak soll es in der *Justicia purpurea* vorkommen (*De Candolle*). Es ist wol unzweifelhaft, dass alles Ammoniak, welches man in den Pflanzen vorfindet, denselben von aussen her zugeführt, nicht erst in denselben erzeugt wird. Es ist jedenfalls die Hauptquelle für die Bildung der Protein- und andern stickstoffhaltigen Sustanzen.

§. 350.

21. Die Pflanzenalkaloide. Es ist bekannt, dass, wenn Basen auf organische Substanzen einwirken, die Bestandtheile derselben genöthigt werden zu sauren Verbindungen oder doch wenigstens zu solchen zusammenzutreten, welche in Verbindung mit den

Basen die Rolle einer Säure übernehmen, z. B. Wasser. Umgekehrt bewirken aber auch Säuren Zersetzungen und die Bildung von Basen, wenn die Bedingungen dazu vorhanden sind. Was nun in dieser Beziehung täglich unter den Augen des Chemikers in dem chemischen Apparate offen vor sich geht, das scheint auch in der That versteckt und im Kleinen im Zellengewebe der Pflanze stattzufinden, und die Entstehung der Pflanzenalkaloide wäre sonach aus der Einwirkung der Pflanzensäuren auf die stickstoffhaltigen Bestandtheile des Pflanzensaftes (Proteinsubstanzen) zu erklären. Da die Sättigungscapacität der Alkaloide nach *Liebig* dem Stickstoffgehalte derselben entspricht, so liegt die Annahme nahe, dass in den Alkaloiden der Stickstoffgehalt durch die Gegenwart des Ammoniaks hervorgerufen werde und dass also dieselben eine Verbindung dieses Alkalis mit einem aus C. H. und O. bestehenden Körper (Huminsäure, Geinsäure, Quellsäure u. s. w.) seien. *Mulder* (Phys. Chemie. Nach dem Holländ. von *Kolbe*, Braunschw. p. 872) macht zwar darauf aufmerksam, dass die Construction der Stoffe mittelst der Feder, durch Combination der Möglichkeiten, zwar die Entstehung der Stoffe aufzuklären scheine, dabei aber keine nöthige Gewissheit gewähre, wie sie die strenge Wissenschaft verlange. Dieser Mangel der völligen Gewissheit begleitet uns aber bei der Stoffbildung der Organismen fast überall. Ja, die ganze chemische Theorie gewährt nur eine hypothetische Sicherheit. Darum mag es auch hier nur noch gestattet sein, zu erwähnen, dass viele Erfahrungen, welche man bei der Gewinnung der Alkaloide gewonnen hat, darauf hindeuten, dass dieselben sich in allen den Fällen vorzugsweise entwickeln, wo der Pflanze von aussen her keine oder nur geringe Mengen von fixen Alkalien zugebracht werden. Es scheint demnach, als wenn in gewissen Fällen alkalische Basen überhaupt eine Bedingung des Pflanzenlebens seien. So ist bei der Entwicklung der Kartoffelkeime bekannt, dass sie in der Erde, wo ihnen ein hinreichender Vorrath mineralischer Basen zu Gebote steht, nur sehr wenig oder gar kein Solanin erzeugen, während die jungen Luftkeime, denen jene Zufuhr aus der Erde fehlt, dasselbe in ziemlicher Menge enthalten. Auch ist bekannt, dass andere Pflanzen, deren medicinische Wirksamkeit von der Anwesenheit eines Alkaloids herrührt (z. B. *Hyoscyamus*, *Datura*, *Conium* u. s. w.) bei weitem weniger von demselben enthalten, wenn sie auf gedüngtem Boden gewachsen sind, wo es nicht an fixen Alkalien, Kalk u. s. w. fehlt.

Ebenso wechselt in allen Chinarinden der Gehalt an Chinin

und Cinchonin mit Kalk und „man kann den Gehalt an den Alkaloiden ziemlich genau nach der Menge von fixen Basen beurtheilen, die nach der Einäscherung zurückbleiben. Einem Maximum der erstern entspricht ein Minimum der andern, gerade so wie es in der That stattfinden muss, wenn sie sich gegenseitig nach ihren Aequivalenten vertreten“. (*Liebig.*)

Als sicher bekannt können folgende Alkaloide angenommen werden:

Aconitin (Aconitum), Aricin (aus einer Chinarinde, von welcher der Baum nicht bekannt ist), Atropin (Atropa Belladonna), Brucin (Strychnos nux vomica), Chelerythrin (Chelidonium majus), Chelidonin (in derselben Pflanze), Chinin, Cinchonin (beide in verschiedenen Cinchonaarten), Codein, Morphin, Narcein, Narcotin, Pseudomorphin (sämmtlich in den Papaveraceen und im Opium), Colchicin (Colchicum autumnale), Coniin (Conium maculatum), Corydalin (Corydalis), Curarin (in dem Curaragifte, womit die Indianer in Südamerika ihre Pfeile vergiften. Wahrscheinlich von einer Strychnee abstammend.), Daturin (Datura Stramonium), Delphinin (Delphinium Staphisagria), Emetin (Cephaëlis Ipecacuanha u. a.), Hyoscyamin (Hyoscyamus niger), Jervin (Veratrum album), Nicotin (Nicotiana), Pelosin (Cissampelos Pareira?), Sabadillin und Veratrin (Veratrum officinale u. a.), Solanin (Solanumarten), Strychnin (Strychnos nux vomica).

§. 354.

Nach den Alkaloiden lassen wir nun eine Reihe von indifferenten und sauren Körpern folgen, welche mehr oder weniger, unmittelbar oder mittelbar bei der Bildung der vegetabilischen Form theilhaft sind und meist keinen Stickstoff enthalten.

22. Das Salicin ist in der Rinde aller bitterschmeckenden Weiden (*Salix helix*, *fragilis*, *triandra*, *vitellina* u. s. w.), so wie auch mehrerer Pappeln (*Populus italica*, *tremula*, *nigra*, *alba*) enthalten und stellt ein weisses, mehlartiges krystallinisches Pulver dar von bitterm Geschmack, es löst sich in Wasser, Alkohol, Aether und fetten Ölen auf. (Vergl. §. 354 und S. 156.)

§. 352.

23. Das Phlorrhizin ist in der frischen Rinde der Wurzeln der Aepfel-, Birn-, Kirsch- und Pflaumenbäume (vielleicht aller Drupaceen und Pomaceen) enthalten und ist dem Salicin ähnlich. Seiner Zusammensetzung nach kann man es ansehen als Salicin plus 1 Aequivalent Wasser. (Vergl. §. 354.)

§. 353.

24. Das Glycyrrhizin ist in der Süssholzwurzel und zwar in den langgestreckten Zellen derselben enthalten. Es scheint saure Eigenschaften zu haben und in den Zellen an Ammoniak gebunden zu sein, weil das letztere sich durch Zusatz von Aetzkalk reichlich entwickelt, auch färbt seine Auflösung in Wasser und Alkohol das Lackmuspapier roth. Doch ist dadurch noch keineswegs festgestellt, ob die saure Reaction zu seinen Eigenschaften mitgehört oder ob sie durch eine fremde Säure hervorgerufen wird. Das Glycyrrhizin besitzt eine bräunlich gelbliche Farbe und ist unkrySTALLINISCH. Sein Geschmack ist süß, hintennach aber bitter und krallig. Es kann nicht in geistige Gährung versetzt werden.

§. 354.

25. Der Zucker. Diese Substanz ist eine der verbreitetsten im Pflanzenreiche und ihr Vorkommen steht oft mit dem Vorkommen des Stärkmehls (§. 390) in einem gewissen Verhältniss. Wenigstens steht so viel fest, dass die keimenden Samen des Getreides während dieses Actes zuckerhaltig werden und dabei ihren Stärkmehlgehalt verringern. Der Zucker ist daher auch reichlich in den jungen Stengeln der Gräser vorhanden, während sein Vorkommen mit der Ausbildung des Stärkmehls der Samenkörner wieder schwindet. Ebenso ist der Frühlingssaft der Bäume (Birken, Ahorne) sehr zuckerhaltig. Dieser Saft ist um so zuckerreicher, je weiter nach oben er abgezapft wird; aber mit der Ausbildung der übrigen Zellensubstanzen verschwindet er wieder. In vielen süßen Früchten steht seine Bildung mit den Pflanzensäuren in einem gewissen Verhältniss. Hier nimmt jedoch seine Menge mit dem Wachsthum und der Ausbildung dieser Organe zu. Dasselbe ist der Fall bei den saftigen, süßen Wurzeln, z. B. den Runkelrüben, Mohrrüben, Pastinakwurzeln, Zuckerwurzeln u. s. w. Die Zuckerrüben enthalten 10—14 Procent Zucker.

Man unterscheidet zwei verschiedene Arten von Zucker, nämlich Rohrzucker und Traubenzucker, welcher letztere ein Aequivalent Wasser mehr enthält.

Der **Rohrzucker** ($C_{12} H_{22} O_{11}$) ist vorzüglich in den jungen Grasstengeln und den saftigen süßen Wurzeln enthalten, aus denen er gewonnen wird.

Der **Traubenzucker** ($C_{12} H_{24} O_{12}$ in der Kochsalzverbindung; der krySTALLISIRTE $= C_{12} H_{24} O_{12} + 2H_2O$) ist besonders in den süßen Früchten enthalten, welche wegen ihres Gehaltes an

Pflanzensäuren zugleich ausgezeichnet sind, wie z. B. die Weinbeeren, Kirschen, Pflaumen, Feigen, Birnen u. s. w. Beide genannte Zuckerarten sind krystallisirbar und der Beispiele sind mehrere bekannt, wo der Zucker in den Honigbehältern der Blumen durch freiwilliges Verdunsten des Wassers herauskrystallisirt ist (*Rhododendron ponticum*, *Strelitzia Reginae*, *Fritillaria imperialis*). Auch der Rohrzucker kann durch Berührung mit verdünnten Säuren in Traubenzucker umgewandelt werden.

Ausserdem findet sich aber im Zellsafte neben dem krystallisirbaren noch ein unkrystallisirbarer Zucker, den man auch **Schleimzucker**, **Glycose** und **Fruchtzucker** genannt hat, übrigens aber wie der Rohrzucker zusammengesetzt ist.

Der Schleimzucker bildet nach *Piria* einen Bestandtheil des *Salicins* (§. 351), welches dieser Chemiker als eine Verbindung dieses Zuckers mit einem krystallisirbaren Körper, dem *Saligenin*, ansieht. Ebenso kann man das *Phlorrhizin* als eine Verbindung des Traubenzuckers mit einem ähnlichen Körper, dem *Phloretin*, betrachten, denn digerirt man das *Phlorrhizin* mit verdünnter Schwefelsäure, so löst sich der Traubenzucker auf und das *Phloretin* bleibt zurück. (*Mulder.*)

§. 355.

26. Der Mannazucker oder Mannit scheint nicht immer im Zellsafte vorzukommen. Doch wird er als solcher im Sellerie (*Apium graveolens*), in der Wurzelrinde des Granatbaums (*Punica granatum*), in den Quecken (*Triticum repens*), den Schwämmen (mehrere *Agaricus*arten), im Zuckertang (*Laminaria saccharina*) und andern Tangen angegeben. Ausserdem ist dieser Stoff in dem ausgeschwitzten Saft mancher Kirsch- und Aepfelbäume, so wie in dem sogenannten Honigthau enthalten, ganz besonders reich aber in der Manna, welche als eingetrockneter süsser, mehr oder weniger krystallisirter oder schmieriger Saft von einigen Eschenarten (*Fraxinus excelsior* und *Ornus*) in Calabrien, Sicilien, Spanien und Amerika, so wie von *Tamarix gallica*, am Sinai, gesammelt wird. Merkwürdig ist dabei, dass diese letztern Pflanzen in kältern Klimaten keine Manna liefern. Das Ausfliessen des süssen Saftes soll durch den Stich von Insekten hervorgerufen werden. Ausserdem liefern in Armenien und Persien noch andere Pflanzen Manna (*Alhagi maurorum*, mehrere Eichen und eine *Celastrus*art); in den Alpen sammelt man von den jungen Trieben des Lärchenbaumes (*Pinus Larix*) die sogenannte *Briançonner Manna* (*manne de Briançon*).

Alle Meinungen stimmen in neuerer Zeit darin überein, dass das Mannit in der Manna und in ähnlichen ausgeschwitzten Pflanzensäften erst durch einen Gährungsprocess nach dem Aus-treten des Saftes durch Zersetzung des Traubenzuckers oder der Glycose hervorgerufen werde. Es wird auch nicht in allen Manna-sorten gefunden, denn die von *Tamarix gallica*, am Sinai gesam-melte enthält nach *Mitscherlich* Traubenzucker. Es ist bekannt, dass sich bei der sogenannten Schleimgährung der Rohr- und Traubenzucker in Mannit, Milchsäure und einen gummi-artigen Stoff umwandelt. Eine ähnliche Zersetzungsweise findet jedenfalls auch hier Statt.

§. 356.

27. Das Kautschuk findet sich nur in den Milchsäften der Pflanzen, doch sind die Stoffe, welche man unter diesem Namen oft zusammenfasst, nicht immer gleich, so dass man in neuerer Zeit deren mehrere unterschieden hat, wie z. B. das Lactucon im Milchsaft der Cichoraceen, das Asclepion aus *Asclepias syriaca*, Gutta gireck und Gutta pertcha aus dem Milchsaft der Sapotaceen u. m. a. Diese Stoffe unterscheiden sich auch in ihrer chemischen Zusammensetzung, ähnlich den verschiedenen Zuckerarten. Alle sind in Aether löslich und unlöslich in Wasser und Alkohol. Das Asclepion krystallisirt in blumenkohlähnlichen Massen. Die Entstehung dieser Substanzen hängt jedenfalls mit denjenigen Erscheinungen des Pflanzenlebens zusammen, bei welchen durch Sauerstoffentwicklung aus der Zellensubstanz, dem Stärkmehl u. s. w. die kohlenstoffreichen aber sauerstoffarmen Verbindungen (z. B. die Fette, ätherischen Oele) gebildet werden. Nach *Faraday* ist die Zusammensetzung des Kautschuk $= C_5 H_9$. — Die Formel des Lactucon $= C_{40} H_{32} O_3$; des Asclepion $= C_{40} H_{34} O_6$ (*List*).

§. 357.

28. Das Wachs. Auch zum Wachs gehören eine Reihe ver-schiedener Körper, die man noch nicht hinlänglich untersucht hat und von denen man nur weiss, dass sie zu den sauerstoffarmen Verbindungen gehören. Bei der Bildung des Wachses steht so viel fest, dass sich dasselbe bei den Bienen in dem Wachsmagen aus reinem Zucker erzeugt (*Grundlach*). Es ist aber auch durch neuere Untersuchungen von *Karsten* dargethan, dass die Zellen-substanz in Wachs sich umwandelt; ebenso ist es sehr wahr-scheinlich, dass dieselbe Bildung aus dem Amylon und allen ver-wandten Stoffen hervorgehen kann. Das Wachs ist daher auch

ein im Pflanzenreiche sehr verbreiteter Körper. In vielen Fällen schwitzt er an der Oberfläche der Blätter, jungen Zweige und Früchte aus und bildet einen sehr zarten pulverigen Ueberzug, welcher hindert, dass das Wasser an der Oberfläche adhärirt. Es schützt der Wachsüberzug die Pflanzenepidermis ebenso vor dem Eindringen des Wassers, als das Fett, womit die Wasservögel ihr Gefieder bestreichen. Man nennt diesen Ueberzug in der botanischen Kunstsprache pruina. In andern Fällen ist derselbe schon so bedeutend, dass er abblättert, z. B. bei den Blättern der Bromelia Ananas, Elymus arenarius, Encephalarctos, die Bracteen von Musa paradisiaca und Strelitzia farinosa. An den blauen Pflaumen lässt sich der zarte Wachshauch leicht abwischen, aber er erzeugt sich jedesmal wieder; bei den entwickelten Blättern ist das nicht der Fall. Am reichsten ist die Wachsabsonderung bei den Früchten der Wachsmyrte (*Myrica cerifera*), des Croton sebiferum, Tomex sebifera und am Stamm der Kar-nauba- und Wachspalme (*Ceroxylon Andicola*). Es bildet hier eine besondere Rinde um die Organe.

Das Ausschwitzen des Wachses beweist, dass dasselbe schon im Zellensaft gebildet wird. Man findet es auch in der That in den Zellensaftkügelchen enthalten, wo es den gewöhnlichen Träger des Chlorophylls macht. Man kann es daher auch aus dem grünen Satzmehl und aus allen grünen Blättern durch Digestion mit Aether ausziehen und durch wiederholtes Auflösen in Alkohol und Auswaschen mit Wasser ganz weiss erhalten. Aus dem Stroh und dem Zuckerrohr kann man eine krystallisirbare Wachsort darstellen. Ebenso kann man auch mit Alkohol aus der Rinde der Korkeiche ein besonderes Wachs ausziehen. Das Galactin ist ein wachsartiger Körper, welchen Solli aus der Milch des amerikanischen Kuhbaums (*Galactodendron utile*), einer *Urticea*, erhalten hat.

Die meisten Wachsorten sind Mischungen verschiedener chemischer Substanzen, welche verschiedene Auflösungsfähigkeit in Alkohol zeigen. Die bekanntesten davon sind das Myricin ($= C_{20} H_{40} O$) und Cerin ($= C_{10} H_{20} O$). Die Wachsort aus dem Zuckerrohr hat *Arequin* Cerosin ($= C_{48} H_{100} O_2 = 48 (CH_2) + 2 H_2 O$) genannt. Derselbe theilt die wichtige Erfahrung mit, dass das Zuckerrohr um so mehr von diesem Wachs enthalte, je weniger es selbst zuckerhaltig sei, woraus sich die Bildung desselben aus dem Zucker ableiten liesse.

Das chinesische Wachs, von dem man bisher annahm, dass es ein Pflanzenwachs sei und von *Rhus succedaneum* abstamme,

soll nach neuern Nachrichten das Product eines Insects (*Coccus ceriferus*) sein. *Brodie* hat es untersucht und durch Verseifung in zwei Körper geschieden, die er Cerotin ($= C_{54} H_{56} O_2$) und Cerotinsäure ($= C_{54} H_{54} O_4$) nennt. Das Wachs selbst ist krystallinisch wie Wallrath. Die Analyse desselben ergab nach seiner Reinigung die Formel $C_{108} H_{108} O_4$. (*Erdm. Journ.*, 1849, No. 1.)

§. 358.

29. Die fetten Oele. Die fetten Oele erscheinen in den Pflanzentheilen meist da, wo in andern aber ähnlichen Fällen an ihrer Stelle Stärkmehlbildung stattfindet. Man kann daher wol annehmen, dass sich diese beiden Substanzen gegenseitig vertreten. Sie kommen in den Zellen vor, sind tropfenweise vertheilt und die Tropfen durch einen proteinhaltigen Stoff getrennt, der sie gleichsam zellenartig einhüllt. Durch Kochen wird diese Ordnung zerstört und sämtliche Tropfen einer Zelle vereinigen sich in einen einzigen. In vielen Fällen sind sie mit Amylon in einer Zelle vermengt, in andern nicht; ihre Verbreitung ist aber von den niedersten Pflanzenformen bis zu den höchsten so allgemein, dass sie kaum irgendwo (wenigstens in einer gewissen Periode) fehlen. Es ist kaum noch einem Zweifel unterworfen, dass viele dieser Oele aus Amylon entstehen, welches dabei den desoxydirenden Einflüssen des Pflanzenlebens unterliegt.

Auch der fetten Oele gibt es sehr viele Arten, welche sämmtlich sich durch niedere Temperatur oder durch Alkohol in zwei verschiedene, Elain und Stearin, trennen lassen. Aber jeder dieser Körper ist bei den verschiedenen Oelen wieder verschieden. Durch Verseifen lassen sich die Oele zersetzen in Elain-, Stearin- und Margarinsäure und einen syrupartigen Körper, den man Oelzucker (Glycerin) genannt hat. Er war schon *Scheele* bekannt und man glaubte lange, dass derselbe die Base der Fette bilde, die man als fettsaures Glycerin betrachtete. Aber nach *Berzelius* wird dieser Körper erst während der Verseifung gebildet; er nahm zugleich ein anderes Radical in den Oelen an, das er Lipyl ($= C_3 H_4$) nannte. Das Glycerin ($= C_6 H_{14} O_5$) ist nach ihm Lipyloxydhydrat ($= 2 C_3 H_4 O + 3 H_2 O$) und das Stearin = stearinsaures Lipyloxyd u. s. w.

Ausser den oben genannten Fettsäuren hat man aus den verschiedenen Oelen Cocostalgsäure ($= C_{27} H_{54} O_3 + H_2 O$) aus der Cocosbutter, Myristicinsäure ($= C_{28} H_{56} O_3 + H_2 O$) aus der Muskatbutter, Palmitinsäure ($= C_{32} H_{64} O_3 + H_2 O$) aus Palmöl, Laurostearinsäure ($= C_{24} H_{46} O_3$) aus dem Laurin, abgeschieden.

In der Thierbutter kommen mehrere Säuren vor; eine von ihnen, die Buttersäure ($= C_8 H_{14} O_4$), findet sich nach *Redtenbacher* auch als solche in dem sogenannten Johannisbrod, den Hülsen von *Ceratonia Siliqua*, wo sie den eigenthümlichen Geruch nach alter Butter verbreitet. Dieselbe Säure wird auch bei gewissen Gährungsprocessen gebildet. Sie ist flüchtig und ätzend.

Das meiste fette Oel ist in den Früchten enthalten, und zwar entweder in den Samen oder der Fruchthülle; selten kommt es in Wurzeln vor, wie z. B. in den Knollen der Erdmandel (*Cyperus esculentus*), welche desshalb im südlichen Europa und Orient angebaut wird.

Die meisten von diesen Oelen sind flüssig und schmierig (Lorbeeröl), mehrere starr und dann mit einer Neigung zur krystallinischen Structur (Palmöl, Cacaoöl, Muskatöl, Bassiaöl oder Butter von Galam). An den organischen Formen nehmen sie daher unmittelbar gar keinen Theil.

Schübler und *Bentsch* haben in einer besondern Schrift „Ueber die fetten Oele“ (Tübingen 1828) den Oelgehalt verschiedener Samen bestimmt. Es liefern hiernach die Samen von

<i>Corylus Avellana</i>	60 Procent.	
<i>Lepidium sativum</i>	56—58	»
<i>Juglans regia</i>	50	»
<i>Papaver somniferum</i>	47—50	»
<i>Amygdalus communis</i>	46	»
<i>Euphorbia Lathyris</i> , durch Pressen	41	»
— durch Aether	51	» (<i>Chevallier.</i>)
<i>Brassica campestris oleifera</i>	39	»
<i>Sinapis alba</i>	36	»
<i>Nicotiana Tabacum</i>	52—56	»
<i>Prunus domestica</i>	33	»
<i>Brassica napus oleifera</i>	33	»
— praecox	30	»
<i>Reseda luteola</i>	30	»
<i>Camelina sativa</i>	28	»
<i>Cannabis sativa</i>	25	»
<i>Pinus silvestris</i>	24	»
<i>Linum usitatissimum</i>	22	»
<i>Sinapis nigra</i>	18	»
<i>Helianthus annuus</i>	15	»
<i>Fagus silvatica</i>	12—16	»
<i>Vitis vinifera</i>	5—18	»
<i>Olea europaea</i>	50	»

Bei der letztern geben die harten Fruchthüllen 41 und die fleischigen 27 Procent (*Sieube*). Nach den Untersuchungen von *Blondeau de Carolles* soll die Oelbildung in den Oliven in einer Zersetzung der sogenannten Holzfaser und der Gerbsäure unter Abscheidung von Wasser und Kohlensäure beruhen. Beide vermindern sich in dem Verhältniss, als sich das Oel vermehrt. Er betrachtet das Olivenöl als eine rein chemische Verbindung, für welche er die Formel $C_{36} H_{36} O_4$ festgestellt hat. Hält man nun mit diesen Thatsachen die Erfahrung zusammen, dass die ölreichen Samen beim Keimen dieselben Erscheinungen darbieten, wie die mehlreichen, so liegt die Annahme nahe, dass auch hierbei das Oel eine ähnliche Rolle wie das Amylon spielen müsse. Nur ist hier noch zu bestimmen, welche Veränderungen das Oel beim Keimen erleidet.

§. 359.

30. Die ätherischen Oele. Sie sind von den fetten Oelen nicht nur chemisch, sondern auch in anderer Weise verschieden. Während ein Pflanzenfett sich durch milden Geschmack und Geruchlosigkeit — im reinen Zustande — auszeichnet, besitzen die ätherischen Oele einen scharfen Geschmack und sehr starken Geruch, so dass von ihnen immer der eigenthümliche Geruch und oft auch allein der besondere Geschmack eines Pflanzentheiles herrührt. Die ätherischen Oele werden durch den Vegetationsprocess und zwar, wie man vermuthet, durch Desoxydation des Zuckers, Dextrins, Pectins, Amylons und ähnlicher Körper, deren Zusammensetzung sich aus der Grundformel $C_{12} H_{18} O_9$ ableiten lässt, gebildet (*Mulder*). Mehrere von ihnen sind bloss flüssiger Kohlenwasserstoff ohne allen Sauerstoff: Citronenöl ($= C_{10} H_{16}$), Pomeranzenöl ($= C_{10} H_{16}$), Kalmusöl ($= C_{10} H_{16}$), Fenchelöl ($= C_{15} H_{24}$), Wachholderöl ($= C_{15} H_{24}$), Gewürznelkenöl ($= C_{20} H_{32}$), Terpentinöl ($= C_{20} H_{32}$), Sadebaumöl ($= C_{20} H_{32}$), Pfefferöl ($= C_{20} H_{32}$); — andere sind als Oxyde eines Kohlenwasserstoffs anzusehen: Poleiöl ($= C_{10} H_{16} O$), Cajeputöl ($= C_{10} H_{13} O$), Rautenöl ($= C_{18} H_{56} O_3$), Zimmtöl ($= C_{20} H_{22} O_2$) u. m. a.; — wieder andere sind Hydrate des Kohlenwasserstoffs oder eines Oxydes desselben, z. B. Rosmarinöl ($= 9 C_5 H_8 + 2 H_2 O$), Bergamottöl ($= 3 C_{10} H_{16} + 2 H_2 O$), Spiräaöl ($= C_{14} H_{10} O_3 + H_2 O$) u. s. w.

Viele von diesen Körpern verändern sich in der Pflanze, woher es dann kommt, dass sie theils unter sich selbst, theils auch in ein und derselben Pflanze verschiedene Eigenschaften

besitzen. So sind in den Blumenköpfchen der *Artemisia contra* (dem sogenannten Samen Cinae der Apotheken) zwei Oele, welche bei ungleicher Temperatur sich verflüchtigen, ebenso lässt sich das ätherische Oel der Salbei durch Destillation bei verschiedener Temperatur ($+ 130^{\circ}$, 140° und 150°) in drei verschiedene Oele trennen. Fast alle lassen sich in ein dünnflüssiges — Eläopten — und ein starres Oel — Stearopten — scheiden. Manche, wie der Kamphor, bestehen nur aus Stearopten. Andere, wie das Baldrianöl, bestehen aus einem sauren — der Baldriansäure — und einem indifferenten Oele, ohne Sauerstoff, dessen Formel $= C_{10} H_{16}$. — Es gibt noch mehr solcher gemischten Oele, wovon das eine besondere Neigung hat, sich mit Sauerstoff zu verbinden. So beim Zimmtöl, bei welchem sich mit der Zeit, wenn es der Luft ausgesetzt wird, Krystalle ausscheiden, welche man Zimmtsäure genannt hat. Durch Einwirkung von Kali (auch auf andere ätherische Oele) bildet sich Benzoesäure. Diesen beiden, sowie dem ätherischen Bittermandelöl, dem Spiräaöl (von *Spiraea Ulmaria*) und dem Salicin liegt ein hypothetisches Radical zu Grunde, welches man Benzoyl ($= C_{14} H_{10} O_2$) genannt hat.

Das Bittermandelöl ist Benzoylwasserstoff $= C_{14} H_{10} O_2 + H_2$; Benzoylwasserstoff plus 2 At. Wasser bilden das Saligenin. *Piria* stellte durch Zersetzung des Salicins eine ölige Säure dar, welche er Salicylwasserstoff nannte. Später ergab es sich, dass dieser Körper identisch sei mit einem andern, welchen *Löwig* als Spiroylwasserstoff beschrieben und welcher in dem ätherischen Oele der *Spiraea Ulmaria* enthalten ist. Die Formel des Salicyls ist $C_{14} H_{10} O_4$.

Beide, das Spiräaöl sowol, als das Bittermandelöl, sind nicht in den Pflanzen schon gebildet vorhanden, sie werden vielmehr erst durch die Destillation erzeugt. Durch Alkohol kann man einen krystallinischen Körper aus den bittern Mandeln ausziehen, den man Amygdalin genannt hat. Nach der Entfernung dieses Körpers liefern die bittern Mandeln durch Destillation mit Wasser kein ätherisches Oel. Bringt man jedoch das Amygdalin mit dem Emulsin (dem proteinhaltigen Körper der Mandeln) zusammen und befeuchtet beide mit Wasser, so nimmt man sogleich den Geruch nach bittern Mandeln wahr und zugleich die Bildung des ätherischen Oeles. Dieses Oel ist stickstoffhaltig. Aehnlich verhält es sich mit dem ätherischen Senföl, welches auch noch schwefelhaltig ist. Diese Thatsachen werfen wenigstens einiges Licht auf die Bildung der ätherischen Oele. Auch die trockne Destillation beweist, dass sich aus den verschiedenartigsten orga-

nischen Substanzen ätherische Oele (und Harze) bilden können. In ähnlicher Weise mögen Sonnenwärme und Sonnenlicht auf die immer in Bewegung begriffenen organischen Moleküle wirken, wodurch die Desoxydation derselben und ihre Bildung zu ätherischen Oelen bewirkt wird. Sonach wäre aber auch die Ausscheidung von Sauerstoff mit der Erzeugung dieser Gebilde verbunden und die Entwicklung dieses Gases nicht von einer einzelnen Thätigkeit abhängig.

Viele Pflanzen bilden ihre ätherischen Oele nur in ihren äussern dem Licht und der Wärme am meisten ausgesetzten Zellen, dunsten es sogleich aus und verbreiten dadurch einen Wohlgeruch um sich herum, z. B. die blühenden Bohnenfelder, Rübsenfelder, Veilchen, Narcissen, Rosen, Lilien, Levkoien u. s. w. Andere bergen es in ihrem Innern und dann verbreitet es sich entweder in mehr oder weniger erweiterten Intercellulargängen, wie das Terpentinöl, das Zimmtöl, die balsamischen Oele u. s. w. Wieder andere haben ihr ätherisches Oel von besondern Zellen umschlossen, welche sich zwischen den parenchymatischen Zellen oder auch äusserlich als sogenannte Oeldrüsen erscheinen. Hierher gehört das Oel im Rhizom und den Blättern von *Acorus Calamus*, im Kraute der Labiaten (*Mentha*, *Melissa*, *Salvia*, *Thymus*), die Oeldrüsen bei *Dictamnus albus*, *Ruta graveolens*, *Citrus* u. a. Pflanzen. Endlich werden auch noch bei manchen die Oele an der Oberfläche und an den Haaren in sehr kleinen mikroskopischen Tröpfchen ausgeschwitz und diese von einer unregelmässigen Schleimmasse umgeben, wie bei *Salvia officinalis*. (Taf. 1. Fig. 2. a. b. Taf. 9. Fig. 3. 4. a. a. Taf. 16. Fig. 2.)

§. 360.

31. Die Harze. Wenn die fetten Oele als Substanzen betrachtet werden können, welche sich weiter an den organischen Bewegungen des Pflanzenlebens betheiligen, so kann dasselbe von den ätherischen Oelen nicht mehr gesagt werden, sie müssen vielmehr als für die fernere Vegetation untaugliche Excrete betrachtet werden. Als solche gehen dann aber auch Veränderungen mit ihnen vor, welche dem eigentlichen engern Pflanzenleben nicht angehören, sondern rein chemischer Natur sind. Denn dieselben Veränderungen gehen auch vor, wenn die Oele von der Pflanze getrennt sind und im isolirten Zustande gewissen Einwirkungen ausgesetzt werden. Alle ätherischen Oele besitzen die Eigenschaft Sauerstoffgas aus der atmosphärischen Luft (oft in sehr grosser Menge) zu absorbiren und sich dadurch theilweise

oder auch ganz in Harze zu verwandeln. Erfolgt diese Veränderung nur theilweise, so entstehen dickflüssige Gemenge von Harz und Oel, welche aus den Pflanzen entweder freiwillig oder in Folge äusserer Verletzungen ausfliessen und bei den Zapfenbäumen Terpentine, bei andern Balsame genannt werden. Auch bei dem freiwilligen Verdunsten der ätherischen Oele an der Pflanze scheint die Zersetzung derselben durch den Sauerstoff der Luft stattzufinden. Wenigstens schreibt man die in den Blumenscheiden der *Colocasia odora* sich erzeugende Wärme dem Verbrennen der Dämpfe eines ätherischen Oeles zu. (*Link*, Phil. bot., II, 343.)

Nach *Heldt* soll die Harzbildung auf folgende Weise stattfinden: 1) Durch Aufnahme von Sauerstoff werden bei dem ätherischen Oele eine gewisse Anzahl Wasserstoffäquivalente abgeschieden und durch gleiche Aequivalente Sauerstoff ersetzt. 2) Es findet dieselbe Veränderung statt, nur mit dem Unterschiede, dass das neue Product zugleich Wasser aufnimmt. 3) Dieselbe Veränderung wie bei 1, aber statt des Wassers nimmt das Product noch mehr Sauerstoff auf. 4) Das Product von 3 nimmt noch Wasser auf. 5) Entstehen auch Harze, wenn die ätherischen Oele bloss Wasser aufnehmen.

Bei (allen?) diesen Veränderungen wird CO_2 entwickelt und zwar oft in grosser Menge. Es mag daher wol ein grosser Theil der CO_2 , welche die Pflanzen im Dunkeln entwickeln, durch die Zersetzung der ätherischen Oele herrühren und mit der Harzbildung in Verbindung stehen.

Die Harze sind demnach grösstentheils Oxydationsproducte der ätherischen Oele und in Folge davon besitzen auch diejenigen, welche nicht durch gleichzeitige Aufnahme von Wasser in einen neutralen Zustand versetzt worden sind, saure Eigenschaften. Diese verbinden sich mit Basen zu Salzen und ihre Auflösung in Weingeist röthet Lackmus. Ein solches Harz ist das Colophon, welches nach und nach aus dem Terpentinöl durch Einwirkung von Sauerstoff entsteht. Es ist aber keine einfache Substanz, sondern ein Gemeng mehrerer Harze mit sauren Eigenschaften, welche man Silvinsäure, Pininsäure, Colopholsäure u. s. w. genannt hat. Die Bildung der Silvinsäure kann man sich auf folgende Art erklären:

2 Aequiv. Terpentinöl = $\text{C}_{40} \text{H}_{64}$ nehmen 6 Aequiv. O auf, dadurch entstehen 1 Aequiv. Silvinsäure = $\text{C}_{40} \text{H}_{60} \text{O}_4$ und 2 Aequiv. Wasser = $\text{H}_2 \text{O}$. Man sieht daraus, dass die dem Terpentinöl entzogenen H_4 durch O_4 ersetzt worden sind. Weiteres kann man hierüber nachlesen bei *Mulder* (l. c., p. 892 fg.) und in

den verschiedenen Artikeln von *Liebig's* Handwörterbuch der Chemie.

Vielleicht alle natürlichen Harze sind Gemenge mehrerer Harze, von denen mehrere Krystallform annehmen. Sie sind im Wasser meist unlöslich, dagegen auf verschiedene Art löslich in Weingeist, Aether, ätherischen oder fetten Oelen, oder auch in Alkalilösung. Durch die verschiedenen Lösungsmittel werden auch die verschiedenen Harze von einander getrennt.

Wir haben schon erwähnt, dass viele Harze ausschwitzen und ausfliessen. In den Pflanzen sind diese meist in den erweiterten Interzellulargängen oder auch in sogenannten Harzgängen, z. B. bei *Pinus* (Taf. 12. Fig. 3. b.) enthalten. Bei der Jalappenzurzel bricht es nicht hervor, sondern ist in mehr oder weniger verschmolzenen Tropfen in den Interzellularräumen abgelagert (Taf. 1. Fig. 4.). Endlich kommt es auch in den Zellen vor (*Aloë*) und *Mulder* vermuthet, dass es in diesen Fällen durch die Einwirkung des in den Pflanzen entwickelten Sauerstoffs auf ein ätherisches Oel sich bilde. Diese Ansicht scheint durch die Harzbildung in der *Curcuma* (wo das gelbe Harz von Zellen eingeschlossen ist) bestätigt zu werden.

§. 361.

32. Extractivstoffe. Es gibt eine Anzahl Stoffe, welche weder Säuren noch Alkaloide, weder Fette noch Oele und Harze sind, kurz Stoffe, deren nähere Eigenschaften man noch weiter nicht kennt und die man, weil sie sich in den wässerigen Auszügen der Pflanzensubstanz finden, diese braun färben u. s. w., mit dem Namen Extractivstoffe belegt hat. Man kann aber diese Gruppe ebenso wenig genau bezeichnen, wie die andern Gruppen von Körpern, die wir schon betrachtet haben und noch betrachten werden, ein Beweis, dass die bisherige Eintheilung dieser Körper überhaupt sehr mangelhaft ist. *Scheele's* „*materia saponacea*“, welche in den Citronen- und Pomeranzenschalen enthalten ist und bitter schmeckt, gehört hierher. Durch Schütteln der Auflösung in Wasser erzeugt sie Schaum, wie Seifenwasser. Alle Pflanzenextracte besitzen diese Eigenschaft mehr oder weniger. Man nimmt an, dass der sogenannte Extractivstoff in den Pflanzen farblos sei, dass aber durch äussere Einwirkungen derselbe vielfach verändert werde. In Folge dieser Veränderungen unterschied man früher einen gummiartigen, harzigen, färbenden, gerbenden, zusammenziehenden, kratzenden, scharfen, bittern, süssen, narkotischen, sauren, je nachdem er diese oder

jene chemische Eigenschaften, oder einen besondern Geschmack u. s. w. besass. Aber die Anzahl dieser Arten wurde immer geringer, seitdem man die verschiedenen Harze, Farben, die scharfen und bittern Stoffe als besondere Säuren (Gerbsäure, Quellsäure, Huminsäure) oder Alkaloide, oder indifferente complexe Verbindungen, wie das Salicin u. s. w., kennen gelernt hatte, so dass die Arten des Extractivstoffes sich sehr verringert haben und der Ausdruck eigentlich nur noch auf nicht krystallinische noch ganz unbekannte Verbindungen sich erstreckt, welche vielleicht vorherrschend gummoser Natur sind und von denen vielleicht die folgenden Körper — Gerbsäure, Farbstoffe u. s. w. — Zersetzungsproducte sind. (Vergl. §. 393.)

§. 362.

33. Erythrin, Orcin, Lecanorin, Flechtenbitter. In den Flechten findet man eine besondere Art von Körpern, welche die Eigenthümlichkeit besitzen, durch Einwirkung des Ammoniaks und der atmosphärischen Luft eine rothe oder violette Farbe anzunehmen. Auch werden von diesen Körpern verschiedene Säuren (Erythrinsäure, Lecanorsäure, Orseillesäure, Everninsäure, Usninsäure u. s. w.) abgeleitet, welche vielfachen Veränderungen theils beim Vegetationsprocess, theils beim Abscheidungsprocess unterworfen sind, daher man ihre wahre Natur noch nicht kennt. *Stenhouse, Heeren, Kane, Schunk* und Andere haben sich mit diesen Untersuchungen beschäftigt, aber ihre Arbeiten weichen mehr oder weniger von einander ab. Die oben genannten Körper sind an sich farblos und grösstentheils krystallisirbar, färben sich aber unter den oben angegebenen Umständen roth. Hierauf beruht die Benutzung der Flechten zu Orseille und Lackmus. In der Flechte selbst durchdringen diese Substanzen die Zellensubstanz und können durch Wasser, Aether, Alkohol oder Alkalien theilweise ausgezogen werden. Die Betrachtung des Lackmus unter dem Mikroskope und die Behandlung desselben mit Säuren, Alkalien und verschiedenen Auflösungsmitteln bestätigt die eben ausgesprochene Ansicht.

Es schliessen sich übrigens die oben genannten Körper an das Phlorrhizin und Salicin (§. 354) an. Im Lackmus ist das Orcin in einen andern Körper, das Orcein, verwandelt. Aehnlich ist es mit dem Phlorrhizin, welches durch Einwirkung des Ammoniaks und des Sauerstoffs in einen schön blauen Körper — Phlorrhizein — verwandelt wird. Diese Thatfachen werfen gleichzeitig einiges Licht auf die Entstehung der sogenannten Farbe-

stoffe in den Pflanzen. Ich vermuthete auch, dass die braune Färbung des Pflaumenholzes von einer Modification des Phlorrhizins herrühre.

§. 363.

34. Gerbstoffe, Gerbsäuren. Unter diesem Namen werden eine Anzahl von Körpern verstanden, welche zum Theil unkrySTALLINISCH sind, zusammenziehend schmecken, Lackmuspapier schwach röthen und mit Leim eine compacte im Wasser unlösliche Masse bilden, die das Leder geschmeidig und wasserdicht macht. Diese Körper sind ziemlich allgemein verbreitet, aber in ihren Eigenschaften so veränderlich, dass es unmöglich ist, sie überall mit Genauigkeit bestimmen zu können. Eine der allgemeinsten Eigenschaften ist wol die noch, dass sie ursprünglich farblos und im Wasser löslich sind, in Berührung mit dem Sauerstoff der Luft aber mehr oder weniger gefärbt erscheinen. Daher auch ein Theil von ihnen in diesem veränderten Zustande als Farbstoffe gelten und als solche vielfache praktische Anwendung finden. Dehnen wir den Begriff dieser Substanzen nach dieser letztern Eigenschaft aus, so können wir unter dieser Rubrik eine Anzahl sogenannter Farbstoffe mit behandeln, deren Entstehung sich an die Bildung der Flechtenfarben anschliesst. Aber dann besitzen nicht alle diese Körper die Eigenschaft das Leder zu gerben in einem besondern Grade. Die besondere Reaction auf Eisensalze, welche früher fast allein zur Erkennung der Gerbsäuren diente, hat nur noch Werth zur Erkennung einzelner Arten desselben, nicht der Gattung. Darin stimmen jedoch alle diese Körper mit einander überein, dass sie im oxydirten Zustande unlöslich im Wasser sind und ihre gerbenden und zusammenziehenden Eigenschaften verlieren. Mehrere bilden in diesem Zustande bei den Extracten das sogenannte Apothema oder oxydirten Extractivstoff.

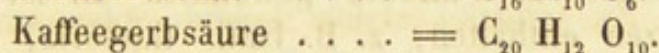
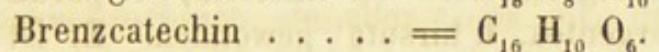
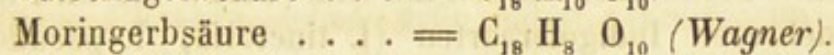
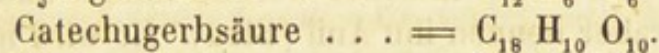
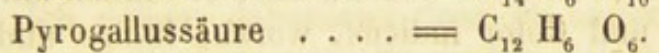
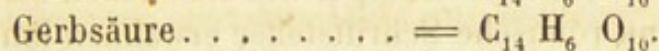
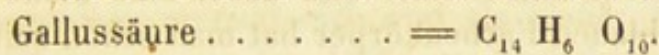
Zu den Gemengen von Apothema und mehr oder weniger veränderten Gerbsäuren gehört auch das Kino und Catechu, welche als Farbe- und Arzneimittel Anwendung finden. Jenes hat eine dunkelrothe und dieses eine braune Farbe. Beide sind die eingetrockneten Säfte verschiedener Bäume. Das letzte kommt von Mimosa Catechu. Es scheinen die Gerbsäuren keineswegs das Resultat geringer Vitalitätserscheinungen zu sein, denn gerade im reinsten und unzersetzten Zustande, so wie am reinlichsten findet man sie nur im frischen Saft jugendlicher, kräftig vegetirender saftiger Zellen, wovon die jungen saftigen (nicht die

alten verholzten, oder schwammig lockern und trocknen) Galläpfel und die jüngsten Eichentriebe sowol, als auch die grünen saftigen Wallnusshüllen den unumstösslichen Beweis liefern. Die ältere Eichenrinde und die Gerbsäure führenden Hölzer enthalten die Gerbsäuren immer nur in einem schon veränderten Zustande. Die Zellenwandungen aller dieser Hölzer, so wie die der grünen Wallnussschalen sind in der Jugend und oft auch beim frischen Holze ganz farblos. Aber sie werden erst bei nachlassender organischer Thätigkeit von der Gerbsäure durchdrungen und dann der Träger derselben. Daher kommt es, dass manche dieser Hölzer ihre anfangs helle Farbe durch längere Berührung mit der Luft in eine dunklere umändern, wie z. B. das Gelbholz, das Fernambukholz, das Eichenholz, das Wallnussholz, das Cedernholz, das Mahagoniholz, das Sandelholz u. m. a. Bei allen diesen Hölzern ist die Zellensubstanz durch eine gerbsäureartige Substanz gefärbt. Bei dem Ebenholze beruht jedoch die Schwärzung auf der dunkeln Färbung der proteinhaltigen Innenzelle, ähnlich den Pigmentzellen bei der Froschlarve. Bei den Galläpfeln, Cystosireen und Polysiphonien ist es ähnlich. Die Zellenhäute der Galläpfel erscheinen anfangs ganz frei von Gerbsäure, benetzt man sie mit Eisenoxydlösung, so werden nicht die Zellenwände, sondern die Proteinsubstanzen in den Zellen geschwärzt, erst nach einigen Tagen stellt sich die dunkelblaue Färbung der Zellenhäute dar; bei Cystosira ist die innere Proteinzelle in der lebenden Pflanze ganz hell, fast farblos, sie färbt sich aber, während man sie unter dem Mikroskop betrachtet, ganz dunkelbraun. Ich habe diese Substanz früher „Fucin“ genannt. Ich glaube aber jetzt, dass die Färbung der Gegenwart einer Art Gerbsäure zuzuschreiben ist. Aehnlich verhält es sich mit dem Schwarzwerden der Polysiphonien nach dem Trocknen. Das Schwarzwerden vieler Pflanzen nach dem Trocknen (der *Melampyrum*-arten im Herbarium), so wie auch das Blauwerden (bei *Mercurialis perennis*) beruht sicher auf ähnlichem Grunde, beim schwarzen Thee ist es gewiss. Die Gerbsäuren nehmen durch Aufnahme von Sauerstoff gar verschiedene Farben an. Die Moringerberbsäure (*Morus tinctoria*), worüber erst vor Kurzem eine schöne Arbeit von *R. Wagner* (*Erdm. Journ.*, 1850, No. 17 und 18) erschienen ist, steht mit dem Morin in nächster Beziehung. Jedenfalls ist dasselbe der Fall zwischen den Farbestoffen und Gerbsäuren der andern Farbehölzer. Aehnlich dem Morin, ist das Visetgelb, das Rumicin, Rhaponticin, Rhabarbarin und Luteolin. Ja ich möchte sogar hierzu noch die Farbekörper des Krapp und Indigo rechnen.

Beim Gelbholze (*Morus tinctoria*) findet sich nach *R. Wagner* die Moringersäure neben dem von *Cheuvreul* entdeckten Morin. Dieses bildet im reinen Zustande ein weisses krystallinisches Pulver, wie das Salicin, Phlorrhizin und die Erythrinsäure, es ist in den äussern Holzschichten des Stammes enthalten und hier an Kalk gebunden. An der Luft, nicht am Lichte, wird es gelb. Die Moringersäure bleibt in der Flüssigkeit zurück, aus welcher sich der Morinkalk abgeschieden hat. Sie bildet aber auch zum grössten Theil eine eigenthümliche Ablagerung in der Mitte der Blöcke des Gelbholzes. Man kann diese Substanz aus den der Länge nach gespaltenen Stücken mit dem Meisel herausnehmen. Sie ist schmutzig gelb, an andern Stellen fleischroth, rothbraun, blätterig und krystallinisch. Alle diese Erscheinungen sind gewiss nur Modificationen desselben Körpers, wie die natürlichen Harze. Es mag mit dem Catechu und Kino dieselbe Bewandtniss haben, wie mit der erwähnten Ablagerung der Moringersäure.

Wie gross übrigens die Zahl der Gerbsäuren, die bis jetzt nur zum kleinsten Theil gekannt sind, sein müsse, beweist, dass nach *Stenhouse's* Untersuchungen die Gerbsäure der Eichenrinde von der der Galläpfel verschieden und dass letztere neben der gewöhnlichen (Ellagsäure) noch die Gelbgerbsäure besitzen.

Mehrere Gerbsäuren gehen in Gallussäure über. Die Formeln mehrer dieser Säuren sind nach *Laurent* folgende:



Ich erwähne übrigens noch, dass Kino, Catechu, Moringersäure, der Gerbstoff des Sandelholzes und andere harzige Eigenschaften besitzen. Es gehen die harzigen Säuren in die gerbenden unmerklich über.

§. 364.

35. Xanthin, Rubiaceensäure und Alizarin. Der Durchschnitt einer frischen Krappwurzel sieht nicht roth, sondern gelb aus, am intensivsten nach aussen. Diese äussern Zellen sind mit Protein- und andern Körnchen gefüllt, welche gelb gefärbt sind. Diese Farbe wird aber an der Luft und bei der getrockneten

Wurzel dunkler, sie geht ins Rothe und Bräunliche über. Die neuesten Untersuchungen von *Schunk* und *James Higgin* (*Erdm. Journ.*, 1849, No. 1) lassen keinen Zweifel übrig, dass die frische Krappwurzel nur Xanthin (den gelben Farbestoff) enthält; aber durch die sogenannte Gährung in den Fässern, welche vom dritten bis zum fünften Jahre ihren höchsten Punkt erreicht, verbessert er sich, d. h. das Xanthin verändert sich in Rubiaceensäure, und diese in Alizarin. Diese Veränderungen werden namentlich beim holländischen Krapp bemerkt, welcher besonders reich an Xanthin ist. Die Umänderung des erstgenannten Körpers in die beiden folgenden beginnt auch schon beim gewöhnlichen Einweichen in Wasser. Auch das Schönen der schon gefärbten Zeuge beruht auf der Zerlegung jener Körper in Alizarin. Die Harze, welche *Schunk* im Krapp nachgewiesen, sollen nach *Higgin* ursprünglich nicht darin enthalten sein, sondern erst während der chemischen Behandlung der Wurzel erzeugt werden.

§. 365.

36. Indig. Es gibt viele Pflanzen, welche in ihren Zellen einen farblosen Körper aufgelöst (?) enthalten, der sich aber verändert, sobald er mit der atmosphärischen Luft in Berührung kommt. Diese Veränderung besteht darin, dass er sich in Pulver- oder körniger Form ausscheidet und dabei eine blaue Farbe annimmt. Diesen blauen Farbenkörper hat man schon seit 2000 Jahren gekannt, denn römische Schriftsteller erwähnen ihn unter dem Namen Indicum und Color indicus, woraus Indigo und Indig entstanden. Die Araber nennen ihn Anil (Blau). Er wird in Ostindien aus mehreren Indigoferaarten (*I. tinctoria*, *I. pseudo-tinctoria*, *I. disperma*, *I. argentea*, *I. hirsuta*) gewonnen. Er ist aber auch in andern Pflanzen enthalten, z. B. *Isatis tinctoria*, welche bei uns desshalb cultivirt und zur Waidküpe benutzt wird, während die in Schweden cultivirten Pflanzen, nach dem Zeugniß von *Berzelius*, keinen Indig enthalten sollen; ferner *Polygonum tinctorium*, *Nerium tinctorium*, mehrere tropische Orchideen (*Tankervillia cauponensis*, *Limodorum veratrifolium* u. s. w.), *Asclepias tingingens*, *Marsdenia tinctoria*, *Spilanthus tinctorius* u. m. a. Vielleicht gehört auch das schon oben erwähnte Blauwerden der *Mercurialis perennis* und mehrerer Rhinantheen mit hierher.

Der Indig ist ein Gemenge von mehreren Körpern. Er besteht aus dem Indigblau, Indigroth (harzähnlich und von Alkohol ausziehbar), Indigbraun (durch Alkalien ausziehbar) und Indigleim.

Das Indigblau besteht aus $C_{16} H_{10} N_2 O_2$. Bei den Färbern wird durch eine eigenthümliche Gährung, welche mit Waid, Krapp und Kleie (Waidküpe) angestellt wird, der Indig entfärbt. Er nimmt dabei H_2 auf, wodurch er nach der Ansicht *Doebereiner's* und *Chevreur's* in eine Wasserstoffsäure, die sie Isatinsäure nennen, verwandelt wird. Andere nennen diese Verbindung Indigweiss. Sie besitzt die Eigenschaft, sich mit Basen zu verbinden, und besteht aus $C_{16} H_{12} N_2 O_2$. Man glaubt, dass dieselbe ursprünglich im Zellsafte der oben genannten Pflanzen aufgelöst und an eine Base gebunden sei. Wenn man sie der Luft aussetzt, so verliert sie H_2 und wird blau.

So wie die Harzsäuren, die Flechtensäuren, die Gerbsäuren u. s. w. mit gewissen „Bitterstoffen“, z. B. Aloebitter, Picamar, Flechtenbitter, Rhabarberbitter, Eichenrindenbitter, correspondiren, so entspricht dem Indigblau das *Welter'sche* Bitter oder die Picrinsäure, welche man durch Einwirkung der Salpetersäure auf Indigblau erhält. Derselbe Körper bildet sich aber auch durch Einwirkung der Salpetersäure auf Salicin.

§. 366.

37. Phykokyan. Dieser Körper ist noch nicht genau erforscht. Ich habe zuerst auf ihn aufmerksam gemacht („Phycol. generalis“, S. 20). Er ist nicht fertig gebildet in den Pflanzen enthalten, sondern erzeugt sich erst als blauer Körper in Berührung der Pflanzen mit der Luft, in ähnlicher Weise, wie das Indigblau. Ich nehme daher an, dass er entfärbt und aufgelöst im Zellsafte enthalten sei. Er findet sich bei *Lemania* und *Thorea*. Diese Pflanzen sehen grün oder grünlich im Leben aus; getrocknet nehmen sie aber (jene oft, diese immer) eine schön blaue oder dunkel violette Färbung an. Das Mikroskop zeigt, dass besonders der Zelleninhalt, die körnigen oder soliden Massen, diese Färbung angenommen haben. Die Zellenwände selbst sind farblos. Lässt man die Pflanzen frisch und feucht auf einander liegen und einige Tage gähren, so sammelt sich unten im Gefässe eine blaue Auflösung. Diese bleibt klar, bis sie eintrocknet, und behält ihre blaue Farbe unverändert. Alkalien machen diese Farben sogleich verschwinden, während Säuren sie herstellen. Ist bei der eingetrockneten Masse noch ein Stich ins Rothe vorhanden, so verschwindet dieser durch eine Säure und die Farbe erscheint rein Blau. Die blaue Farbe wird jedenfalls durch die in Folge der Gährung gebildete Säure

hervorgerufen und der Stoff scheint, wie das Indigweiss, im Zellensaft mit einer Base verbunden zu sein.

Ich habe früher angenommen, dass derselbe blaue Farbstoff bei den Oscillarien, Nostochinen und andern niedern Algen schon fertig gebildet vorhanden sei und dass er hier die eigenthümlichen blaugrünen und spangrünen schönen Färbungen des Zellinhaltes hervorrufe. Ich gründete diese Meinung darauf, dass die Oscillarien, wenn man sie übereinander liegen lässt, ihren Farbstoff aufgelöst ausfliessen lassen und das Papier blau, violet oder roth (*O. rubescens*) färben. Diese Färbung wird auf dem Papier durch Alkalien entfernt und entsteht wieder durch Säuren, wie beim Phykokyan. Aber der Umstand, dass manche frische und lebende Oscillarien mit Salzsäure ihre Farbe in ein schmutziges Gelbbraun umändern, macht die Gegenwart des gefärbten Phykokyans in manchen Oscillarien etwas zweifelhaft. Bei den Euactis-, Schizosiphonarten und ihren Verwandten bleibt jedoch die blaugrüne Farbe durch Salz und Schwefelsäure unverändert.

§. 367.

38. Das Phykoerythrin scheint sich zum Phykokyan wie das Flechtenroth zu dem Lackmusblau zu verhalten. Es ist statt des Phykokyans in einigen Oscillarien, z. B. *O. rubescens*, *Mougeotii* enthalten, und da, wo es mit diesem zugleich auftritt, bildet es den color amethysteus und chalybeus, der bei vielen Arten mit dem c. aerugineus wechselt. Dann kommt es aber auch fast allgemein in den rothen Meertangen (den Heterocarpeen) vor, wo es auf gleiche Weise wie das Phykokyan durch Gährung ausfliesst. Alkalien entfärben das Phykoerythrin und Säuren stellen seine Farbe wieder her. Zieht man bei den rothen Tangen vorher das Chlorophyll mit Aether aus, so bleibt das Phykoerythrin zurück. Es ist hier an die Zellkugeln (Protein) gebunden. Behandelt man jetzt den Tang mit Aetzammoniak, so wird die ganze Pflanze, wenn keine andern Farbekörper vorhanden, entfärbt und weiss. Säuren stellen die rothe Farbe wieder her.

39. Das Phykohämatin. Es ist von mir jetzt bloss in *Rytidophlaea tinctoria* aufgefunden. Die Exemplare, welche ich einige Stunden nach ihrer Herausnahme aus dem Meere in Genua untersuchte, zeigten ihre Zellwände ganz von diesem Stoff durchdrungen. Er löst sich leicht vom Wasserausziehen und wird, wenn der Auszug durch Abdampfen concentrirt worden ist, durch Alkohol in rothen Flocken niedergeschlagen, welche getrocknet eine

dunkelblutrothe oder kirschrothe Masse bilden, mit einem Stich ins Bräunliche. Alkohol und Aether lassen diese Substanz ungelöst und färben sich gar nicht davon. Aetzammoniak löst sie auf mit Verschönerung der Farbe. Säuren verändern seine Farbe in hellrothes Orange. An der Luft bleicht die Farbe aus. Eine genauere Untersuchung dieses so wie der beiden vorigen Körper wäre dem Chemiker sehr zu empfehlen.

§. 368.

40. Unter den harzigen rothen Farbstoffen sind besonders das Draconin, im Drachenblute, das Santalin, im Sandelholze, die Anchusasäure, in den Rindenzellen der Wurzel von *Anchusa tinctoria*, und das dunkelrothe Harz in den Drüsenzellen der Blumentheile von *Hypericum perforatum*, *montanum* u. s. w. zu erwähnen.

Das **Santalin** ist in den Holzzellen des Stammes von *Pterocarpus santalinus* enthalten, die es ganz ausfüllt, in Form einer homogenen dunkelrothen Masse. Auch die Zellenwände sind roth, aber heller, gefärbt und ich vermute, dass diese Färbung mehr von einem den Gerbsäuren näher verwandten Körper herrühre.

Das **Anchusin** oder die **Anchusasäure** ist in den Zellen auf den proteinhaltigen Zellenkugeln abgelagert. Sie umgibt dieselben wie eine Rindenschicht. Aether löst dieselbe vollständig auf, lässt die Kugeln farblos zurück, während die rothe Aetherlösung sich auf dem Objectträger ausbreitet und die Anchusasäure nach freiwilligem Verdampfen als ein schön dunkelrothes unkrystallinisches Harz zurücklässt. Seine Formel ist: $C_{35} H_{40} O_8$ (*Bolley* und *Wydler*).

Alkannagrün. Wird die Alkannawurzel (*Anchusa tinctoria*) mit Alkohol ausgezogen und der Auszug eingetrocknet, so erhält man einen schwarzgrünen Rückstand, aus welchem das Wasser einen braungefärbten Körper auszieht. Wird der abermalige Rückstand mit Wasser so lange behandelt, bis dieses farblos erscheint, so zieht Aether aus demselben eine schöne grün gefärbte Substanz aus, welche nach dem Verdampfen des Aethers zurückbleibt und von *Bolley* und *Wydler* Alkannagrün genannt worden ist. Seine Formel ist: $C_{34} H_{44} O_8$.

Das **Hypericumroth** ist ein weiches Harz, welches aus den Blumen mit Alkohol ausgezogen werden kann. Man kann es aus den frischen Blüten schon zwischen den Fingern auspressen, welche dadurch eigenthümlich dunkelblutroth gefärbt werden. Es besitzt einen eigenthümlichen würzigen Geruch, welcher jedenfalls von einem ätherischen Oele herrührt.

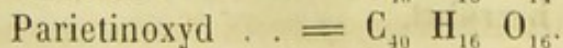
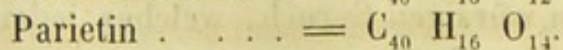
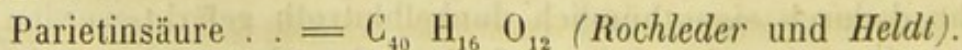
§. 369.

41. Das Saffrangelb oder Polychroit in den Narben des *Crocus sativus* ist in Wasser und Alkohol löslich. Es ist im Zellsafte enthalten.

Das **Carthamin** kommt mit dem **Saflorgelb** als orangeroth gefärbter Saft in den Zellen der Blumen von *Carthamus tinctorius* vor.

Das **Flechtengelb (Parietin)**, aus *Parmelia parietina* und andern Flechten kann mit Alkohol ausgezogen werden, und krystallisirt nach dem Verdampfen desselben in langen glänzenden Blättchen oder in gelben Nadeln heraus. Es ist in der gonimischen Zellschicht enthalten und in den runden Zellen an den Inhalt abgelagert, wie bei grünem Zelleninhalte das Chlorophyll. Durch längeres Kochen mit Wasser löst sich ein Theil auf, der nach dem Erkalten als eine rothe krystallinische Masse sich ausscheidet. Dieser rothe Körper löst sich in Schwefelsäure, so wie in ätzenden und kohlen sauren Alkalien mit rother Farbe auf. Das Parietin wird durch Ammoniak roth gefärbt. *Thomson* glaubt, dass das Parietin das (harzige) Oxyd eines (hypothetischen) Oeles sei, und ich vermuthete, dass dieses Oel wirklich in den Zellen des *Chroolepus iolithus* und seiner verwandten Arten vorkomme. Diese Vermuthung gründet sich theils auf den Veilchen geruch, den die *Chroolepus*arten zum Theil besitzen, theils auch darauf, dass man die Oeltröpfchen mit goldgelber Farbe in den Zellen zwischen Proteinsubstanzen liegen sieht, die mit Alkohol und Aether ausgezogen werden können. Nach freiwilligem Verdunsten in einem Uhrgläschen bleibt eine ölig-harzige (balsamartige) Substanz von orangerother Farbe zurück. Mit der Zeit bleicht die Farbe derselben aus. Diese kleinen wohlriechenden Pflänzchen überziehen fast alle Granit- und Gabbroblöcke des Brockenfeldes im Oberharze, der Alpen, Sudeten und anderer hoher Gebirge mit einer orangerother Farbe, welche sich auch den Fingern mittheilt, wenn man mit der Hand darüber streicht. Eine genaue Untersuchung dieses Oeles wäre wol zu wünschen.

Thomson glaubt nach den mit dem Parietin und dem Parietinoxyd vorgenommenen Analysen, das Parietinöl durch die Formel $C_{40} H_{16}$ ausdrücken zu können. Dieses besitzt folgende Oxydationsstufen:



§. 370.

42. Chlorophyll, Erythrophyll und Xanthophyll, oder Blattgrün, Blattroth und Blattgelb. Diese drei Körper sind von den gefärbten die wichtigsten, weil von ihnen die Farben der Blätter und zum Theil auch der Früchte, überhaupt der meisten Pflanzentheile, herrühren. Wenn man die Blätter und Fruchthäute mikroskopisch untersucht, so bemerkt man, dass in den äussern, dem Lichte ausgesetzten Zellen gefärbte Zellenkugeln enthalten sind. Diese hat man im Allgemeinen mit dem Namen Farbmehl, Chromül, belegt. Die grünen oder rothen Kugeln sind nicht der Farbkörper selbst, sondern die Unterlage desselben, der Kern, ist entweder ein Protein- oder Stärkekörperchen, welches mit einer dünnen Wachsschicht bekleidet ist, die zugleich den Träger der genannten Farbkörper bildet. „Chlorophyllbläschen“, von denen *Nuegeli* spricht, gibt es nicht.

Uebergiesst man frische grüne Blätter mit Aether, so zieht derselbe das Chlorophyll mit dem Wachs aus. Wird diese Lösung verdampft und der Rückstand wiederholt mit Alkohol behandelt, die letztere Lösung wieder verdunstet, der Rückstand mit heissem Alkohol gelöst, so scheidet sich beim Erkalten eine Menge Wachs aus, und die davon abfiltrirte grüne Lösung hinterlässt nach dem Verdampfen eine Substanz, welche man in concentrirter Salzsäure auflöst und daraus durch Wasser wieder fällt. Der Niederschlag färbt das Wasser beim Auswaschen gelb. Er ist in Alkohol und Aether schwierig löslich, die Auflösung ist schwarzgrün und undurchsichtig. Concentrirte Kalilauge löst den grössten Theil mit einer schönen grasgrünen Farbe auf und hinterlässt eine schwarze Substanz. Wird die Lösung mit Essigsäure übersättigt, so fällt das Chlorophyll rein nieder. Beim Trocknen scheint dasselbe sich zu verändern und einen mehr blauen Ton zu bekommen; wenigstens hat die Auflösung des getrockneten Chlorophylls in Alkohol eine blaugrüne Farbe. Mit Aether verhält es sich ebenso. Concentrirte Schwefelsäure löst das Chlorophyll mit einer schön grünen Farbe auf; durch Zusatz von Wasser lässt die Auflösung das Chlorophyll wieder fallen. Salzsäure verhält sich ähnlich, nur lässt diese bei der Auflösung eine geringe Menge einer blassgelben Substanz zurück, das Xanthophyll. Doch ist dieser letzte Körper nicht in dem aus jungen frischen Blättern gewonnenen Chlorophyll enthalten, sondern erst in dem aus Herbstblättern dargestellten.

Das Chlor scheint das reine Chlorophyll in Wachs und einen

andern fetten Körper zu verwandeln und es wird daraus ersichtlich, dass das Wachs der grünen Pflanzentheile zum Theil aus dem Blattgrün erzeugt werden kann. An der Luft und im Lichte bleicht das Chlorophyll in getrockneten Pflanzentheilen aus. Es wird dabei jedenfalls in andere Stoffe zerlegt. Die Annahme, dass das Wachs zum Theil ein Product des Chlorophylls ist, wird durch die Thatsache unterstützt, dass bei den Blättern im Herbste, wenn sie gelb werden, der Wachsgesalt zunimmt.

Wenn eine Auflösung des Blattgrüns dem Sonnenlichte ausgesetzt wird, so färbt sie sich nach wenigen Stunden gelb. Auf dieselbe Weise scheint das Licht auf die grünen Früchte (Birnen u. s. w.) zu wirken, welche in der Reife gelb werden. Mit dem Gelbwerden soll die Wachsbildung aufhören. Das Gelbwerden der Blätter durch die herbstlichen Nachtfroste steht mit der Bildung desselben gelben Farbestoffs, des Xanthophylls, in Verbindung.

Manche Blätter (z. B. von *Pyrus*) werden durch die Nachtfroste roth. Diese Veränderung steht mit der Bildung des Erythrophylls in Verbindung, desselben Körpers, welcher sich aus dem Chlorophyll bei den rothbäckigen Aepfeln und Birnen durch Wärme und Sonnenlicht erzeugt. Dieselbe Substanz färbt auch die Kirschen, Johannis- und Stachelbeeren u. s. w. Das Blattroth weicht von dem Roth der meisten Blumen ab, welches durch die Reaction der Säuren auf eine blaue Substanz erzeugt wird.

Wenn man reines Blattgrün in Salzsäure auflöst und diese Lösung der Einwirkung von Wasserstoff in statu nascenti aussetzt, indem man ein Stück Zink in die saure Flüssigkeit bringt und die atmosphärische Luft durch ein Gasleitungsrohr absperrt, so ändert sich die grüne Farbe in Gelb um. Wird die Flüssigkeit verdunstet, so wird sie wieder grün, doch nicht so intensiv wie vorher. Wärme verwandelt die grüne Substanz in eine rothe.

Mulder, dem ich nächst *Berzelius*, das Meiste über diese Substanzen entnommen habe, glaubt, dass die gelbe Färbung vieler Pflanzentheile auf einer Desoxydation des Chlorophylls beruhe. Diese Umänderung kann gewiss auf ebenso verschiedene Weise bewirkt werden, als die Zuckerbildung aus Stärkmehl (mittels Säuren, Diastase, Frost u. s. w.).

Ein Mittelding zwischen Blattgelb und Blattroth scheint der nach Veilchen riechende, orangerothe, harzigölige Körper zu sein, welcher in kleinern oder grössern, zusammengeflossenen oder getrennten Tropfen in den Zellen des *Chroolepus iolithus* und der verwandten Arten vorkommt. Er lässt sich mit Alkohol ausziehen und die Auflösung hinterlässt nach freiwilligem Verdunsten

eine weiche Substanz, die an der Luft bald ausbleicht. Wegen Mangels an Material habe ich dieselbe nicht genau untersuchen können. Sie scheint mir ein verharztes ätherisches Oel, eine Art Balsam, zu sein. Manche Chroolepusarten, welche denselben Stoff enthalten (z. B. *Chroolepus velutinum* und *Chr. oleiferum*), ändern nach dem Trocknen ihre orangerothe Farbe in Grün um. (Vergl. §. 369.)

Nach *Decaisne* („Recherches anatom. et physiol. sur la Garantie“, 1837) soll das Xanthin in der Krappwurzel (*Rubia tinctorum*) sich aus Chlorophyll erzeugen. Es ist hiernach höchst wahrscheinlich, dass das Chlorophyll ein sehr veränderlicher Körper ist, der so verschieden ist, wie die Pflanze selbst, und wie die Harze und ätherischen Oele.

Das Chlorophyll der Blätter von *Populus* *Tremula* besteht nach *Mulder* aus $C_{18} H_{18} N_2 O_8$. Es kommt also dem Indigblau nahe. *Mulder* glaubt auch, dass das entfärbte Chlorophyll ein Hydrür sei und sich zu dem gefärbten verhalte wie der weisse Indig zum blauen.

Mulder erwähnt auch einer blauen Substanz, welche während der Zersetzung des Blattgrüns sich zeigte, als derselbe reines aus der salzsauren Lösung durch kohlen sauren Kalk gefälltes Chlorophyll mit verdünnter Salzsäure auswusch. „Die schwachsaure Lösung enthielt nichts von einem grünen Farbstoff, sondern war sehr schön indigblau gefärbt. Jener blieb auf dem Filter zurück“. Dass dieser blaue Körper seine Farbe nicht durch Säure ändert, erinnert an das Phykokyan (§. 366).

Der Stickstoffgehalt des Chlorophylls, so wie auch der Umstand, dass die proteinhaltigen Körperchen in den Zellen die gewöhnlichen Träger des Chlorophylls sind, sprechen dafür, dass dasselbe ein Zersetzungsproduct der Proteinstoffe vornehmlich durch Licht sei. Selbst da, wo das Stärkmehl, wie z. B. bei den *Cladophoren* und andern grünen Algen, so wie bei den der Luft und dem Lichte während der Vegetationsperiode ausgesetzt gewesenen Kartoffeln, mit Chlorophyll überzogen ist, muss eine Umkleidung des Amylons mit Proteinstoffen stattfinden, wie wir später sehen werden. Auch ist bekannt, dass alle frischen Stärkekörnchen aus dem Weizen und den Kartoffeln mehr oder weniger mit einer dünnen Proteinschicht (Kleber) noch umkleidet sind, von der sie nur sehr schwierig (bei der Fabrikation der Weizenstärke nur durch eine wochenlange Gährung) befreit werden können. Das etwas verschiedene Blattgrün der Flechten haben *Knop* und *Schnedermann* Thallochlor genannt.

§. 371.

43. Das Blumenblau, Blumenroth und Blumengelb sind von allen Farbekörpern diejenigen, welche ihre Farben am leichtesten verändern und am leichtesten durch das Licht oder die Luft ausbleichen lassen. Ich erinnere an die Glockenblumen, Veilchen, Schwertlilien, Boragineen, Rosen und viele andere bekannte Familien, deren Blumen daher auch oft mit weisser, rother und gelber Farbe abändern. Nur der blaue Farbstoff der Gentianen scheint ein anderer zu sein.

Eine solche blaue Blume wird durch Säuren erst violet und dann roth; durch Alkalien erst grün, dann gelb. Die gelbe Farbe der *Rosa bicolor* wird durch Säuren schön roth; durch Alkalien geht die rothe Farbe wieder durch Violet, Blau und Grün in Gelb über. Bei den Schwertlilien, Glockenblumen, Veilchen, Paeonien, Klatschrosen, Malven, Cactus, den blauen Heidelbeeren, Holunderbeeren, dem Rothkohl und vielen Andern kommen dieselben Erscheinungen vor. Alle diese Farbekörper besitzen gewiss einen gemeinsamen Grundstoff, welcher durch die im Zellensaft vorherrschend saure oder alkalische Reaction seine Farbe erhält. Es ist bekannt, dass man die Blumen der Hortensien am lebenden Stocke schön blau machen kann, wenn man Eisen in dem Wasser auflöst, womit man die Stöcke begiesst.

Die Blumen vieler Boragineen sind beim Aufbrechen roth, dann violet und zuletzt blau. *Myosotis versicolor* hat zuerst gelbe, dann rothe und zuletzt blaue Kronen. Der färbende Stoff ist hier meist in der Zellenflüssigkeit gelöst und füllt die ganze Zelle aus. Er kann mit Wasser und Weingeist ausgezogen werden. Man hat ihn nicht in Krystallen erhalten und kennt auch seine Zusammensetzung nicht.

Ueber seine Entstehung aus Chlorophyll könnte die Bereitung des blauen Farbestoffs aus *Crozophora tinctoria* einigen Aufschluss geben. Die meisten Blumenblätter enthalten in der Knospe Chlorophyllkörner und sind grün; man findet dann beim Aufbrechen der Blumen öfters noch grün und anders gefärbte Kügelchen in den Zellen, die aber zuletzt immer im Zellensaft zerfliessen und dann die Zelle mit farbiger Flüssigkeit erfüllen. Bei *Crozophora tinctoria* scheint sich die blaue Substanz auch erst durch Einwirkung von Luft und Ammoniak auf Chlorophyll zu bilden (*Liebig*). Man bereitet aus dieser Pflanze im südlichen Frankreich die blauen Bezetten und Tournesol, indem man den Saft derselben dem Dunste faulenden mit Kalk vermischten

Urins und der Luft aussetzt, bis er die blaue Farbe angenommen.

§. 372.

44. Die Fruchtsäuren. Diese Bezeichnung ist zwar für die Gruppe der hier in Betrachtung kommenden Säuren unzulänglich, sie ist aber einmal vielfach in Gebrauch und mag schon desshalb genügen, weil wir keine bessern in Vorschlag bringen können. Auch mag es gestattet sein, neben den eigentlich sogenannten Fruchtsäuren, noch andere mit in die Erörterung hinein zu ziehen.

Wir haben es zunächst zu thun mit der

Weinsäure und Traubensäure = $C_4 H_4 O_5$.

Aepfelsäure = $C_4 H_4 O_4$.

Citronensäure = $C_{12} H_{10} O_{11}$.

Aconitsäure, Equisetsäure,

Fumarsäure, Flechtensäure . = $C_4 H_2 O_3$.

Ameisensäure = $C_2 H_2 O_3$.

Essigsäure = $C_4 H_6 O_3$.

Alle diese Säuren kommen theils allein, theils mehr oder weniger mit einander vermengt in dem Zellensaft vor.

§. 373.

Die Weinsäure findet sich in den Weintrauben, Pflaumen, Tamarinden, Ananas, Pfeffer, Maulbeeren, im Sauerampfer, der Rhapontica (*Rheum rhaponticum*), Agave americana, den Quecken (*Triticum repens*), dem Löwenzahn, in der Krappwurzel, den Kartoffeln, und in Verbindung mit Kalk in den Knollen von *Helianthus tuberosus*, den Früchten von *Rhus typhinum*, der Krappwurzel, dem Quassiaholze und der Meerzwiebel. Auch in den zuerst genannten Pflanzen ist sie wol zum Theil mit Kali und andern Basen verbunden, doch aber meist frei, und verursacht dann den sauren oder säuerlichen Geschmack. Die Traubensäure ist wol nur in der Krystall- nicht in der Stoffform von der Weinsäure verschieden. Sie verhalten sich demnach zu einander wie der Graphit und Diamant.

§. 374.

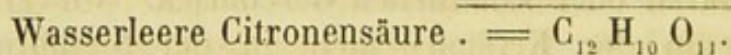
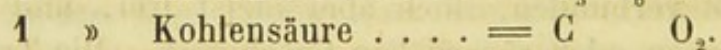
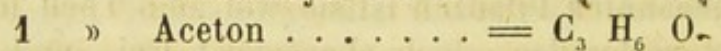
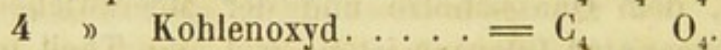
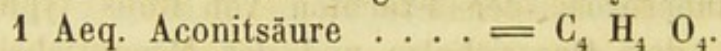
Die Aepfelsäure. Sie findet sich nicht bloss in den Äpfeln, sondern in vielen sauren und säuerlichen Früchten und andern Pflanzentheilen, aber nie allein, sondern gewöhnlich in Begleitung von Weinsäure und Citronensäure. *Donavan's acide sorbique*,

welche in den Früchten von *Sorbus aucuparia* enthalten ist, gehört auch zur Aepfelsäure.

§. 375.

Die Citronensäure. Die oben angegebene Formel ist nach der Säure bestimmt, wie sie im citronensauren Silberoxyd enthalten ist. Die Formel der bei 100° getrockneten Säure ist: $C_{12} H_{10} O_{11} + 3 H_2 O$. — Wird die Auflösung im Wasser in der Wärme abgedampft, so schießen in der Kälte Krystalle an, welche aus $\bar{C}i + 4 aq.$ bestehen; wird dagegen die Auflösung bei gewöhnlicher Temperatur (+ 16°) der freiwilligen Verdampfung überlassen, so schießen Krystalle an, welche aus $\bar{C}i + 5 aq.$ bestehen. Sie kommt, wie die vorigen, theils frei, theils an Basen gebunden im Zellensaft vor und findet sich neben denselben besonders reichlich in den Citronen- und Pomeranzenfrüchten, den Stachel- und Johannisbeeren, den Kirschen, den Beeren von *Vaccinium Myrtillus*, *Vitis idaea*, *Oxycoccus*, den Hagebutten und Rosenäpfeln, den Früchten mehrerer *Solanum*-arten, *Crataegus*-arten, den Erdbeeren, Brombeeren und Himbeeren, im spanischen Pfeffer (*Capsicum annuum*), in der Haselwurz (*Asarum europaeum*), den Zwiebeln, dem Waid, *Aconitum Lycoctonum*, *Helianthus tuberosus* u. v. a.

Wenn eine verdünnte Auflösung der Citronensäure in Wasser längere Zeit hingestellt wird, so bildet sich *Hygrocrocis acida* (*Kg. Sp. Alg.*, p. 150) und die Säure zersetzt sich in Essigsäure und andere nicht genau ermittelte Producte. Aehnlich verhalten sich auch die vorigen Säuren. Durch hohe Temperatur zerfällt die krystallisirte Säure unter Abgabe ihres Krystallwassers in



§. 376.

Die Säuren, welche man **Aconitsäure**, **Equisetsäure**, **Fumarsäure**, **Flechtensäure** genannt hat, sind ihrer Zusammensetzung nach ganz identische Säuren; auch die **Maleinsäure** und **Paramaleinsäure** gehören dazu. Dass durch Erhitzen die Aepfelsäure zersetzt wird, hatte schon *Braconnot* 1818 nachgewiesen. Er nannte das Zersetzungsproduct Brenzäpfelsäure. Erst in neuerer

Zeit wurde diese genauer untersucht und es ergab sich, dass dieselbe aus zwei Säuren bestehe, deren eine, welche sich verflüchtigt, von *Pelouse* Maleinsäure, die andere aber, welche zurückbleibt, Paramaleinsäure genannt wurde. Bald darauf aber zeigte *Demarçay*, dass die letztere mit der Fumarsäure identisch sei und *Schoedler* wies gleichfalls nach, dass die Flechten- oder Lichensäure, welche früher von *Pfaff* in der *Cetraria islandica* entdeckt worden war, hierher gehöre. Diese Säure ist im Erdrauch (*Fumaria officinalis*) an Kalk gebunden, in der *Cetraria islandica* an Kalk und Kali; sie ist auch im *Glaucium luteum* reichlich enthalten. Aepfelsaure Salze werden durch Erhitzung in fumarsaure Salze verwandelt. Die wasserhaltige Fumarsäure krystallisirt in weichen glimmerartigen Blättchen oder in blumenkohlartigen Gruppierungen. Sie schmeckt und reagirt stark sauer, wie alle vorgenannten Säuren.

Die Equisetsäure, Aconitsäure und Maleinsäure sind mit der Fumarsäure isomer, sie scheinen in einem ähnlichen Verhältniss zu einander zu stehen, wie die Weinsäure zur Traubensäure.

Die Equisetsäure ist in dem Saft der Schachtelhalme mit Kalk und Talkerde, im Saft von *Aconitum Napellus* (und wahrscheinlich noch anderer Arten) meist an Kalk gebunden. Sie kann aber auch noch durch Erhitzen der Citronensäure erhalten werden, wie wir schon gezeigt haben.

§. 377.

Die Ameisensäure ist bisher nur in sehr geringer Menge in den Pflanzen aufgefunden worden. Sicher ist sie in den Hülsen der *Ceratonia Siliqua* neben der Buttersäure nachgewiesen; ihre Anwesenheit in den Brennhaaren der Urticeen ist nach den Untersuchungen von *Gorup-Besanez* sehr wahrscheinlich gemacht worden (*Erdm. Journ.*, 1849, No. 18, 19). Sie kann durch Destillation des Zuckers, Amylons und anderer organischer Stoffe mit Schwefelsäure und Manganhyperoxyd dargestellt werden. Ihre Zusammensetzung $C_2 H_2 O_3$ entspricht $2 CO + H_2 O$, in welche beide Körper sie auch zerfällt, wenn sie mit einem Ueberschuss von Schwefelsäure erwärmt wird.

§. 378.

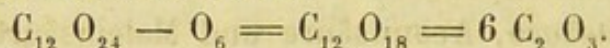
Die Essigsäure ist vielleicht nicht so häufig in den Pflanzen verbreitet, als man früher anzunehmen geneigt war. In vielen Pflanzensäften, wo man sie nachgewiesen hatte, war sie erst nach dem Ausfliessen gebildet. Nach *Becquerel* ist sie bei der Ent-

wicklung des Embryo vorhanden („Annal. d. Chim.“, Mars 1835). Mit Kalk verbunden ist sie in der Betelnuss enthalten (*De Candolle*).

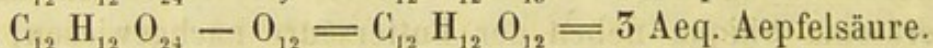
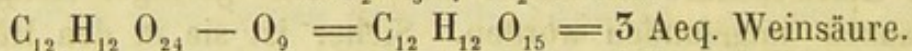
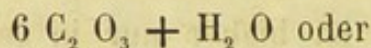
§. 379.

Ueber die Entstehung der ersten Säuren hat *Liebig* interessante Combinationen geliefert, welche ich hier zu erwähnen nicht unterlassen kann, obschon dieselben nur die Möglichkeit, nicht die Gewissheit über deren Bildung darthun. *Liebig* leitet ihre Entstehung von der Kohlensäure ab. Diese wird den Pflanzen aus der Atmosphäre sowol, als aus dem Boden als Nahrungsmittel in Vereinigung mit Wasser u. s. w. zugeführt. Die Gegenwart von Basen und Licht kann aus Kohlensäure CO_2 Kleesäure $\text{C}_2 \text{O}_3$ entstehen lassen.

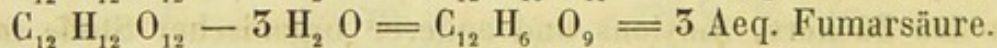
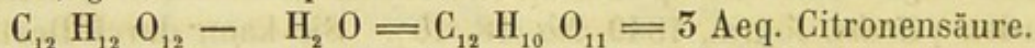
12 Aeq. CO_2 verlieren dabei den vierten Theil ihres Sauerstoffs, der in Gasform entweicht.



Aber die wasserfreie Oxalsäure ($\text{C}_2 \text{O}_3$) kann nicht existiren. Auf 1 Aeq. dieser Säure kommt daher noch 1 Aeq. Wasser. 1 Aeq. Kleesäurehydrat ($\text{C}_2 \text{O}_3 + \text{H}_2 \text{O}$) enthält aber so viel Sauerstoff als 2 Aeq. Kohlensäure (2CO_2). Daher kann man sich das Oxalsäurehydrat auch entstanden denken aus Kohlensäure, welche in ihre Zusammensetzung 2 Aeq. Wasserstoff aufgenommen hat. Wenn nun bei weitem chemischen Bewegungen aus der Oxalsäure neue Mengen Sauerstoff ausscheiden, so entstehen Weinsäure oder Aepfelsäure, z. B.

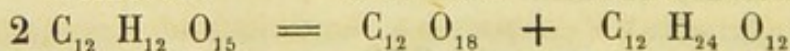


Gibt die letztere nur 1 Aeq. Wasser ab, so entsteht Citronensäure, gibt sie 3 Aeq. Wasser ab, so bildet sich Fumarsäure u. s. w.



Betrachtet man nun ferner die Weinsäure, Citronensäure und Aepfelsäure als Verbindungen der Oxalsäure mit Zucker, Cellulose u. s. w., oder deren Elementen, nämlich:

Weinsäure Oxalsäure Traubenzucker



so leuchtet ein, dass hiernach bloss das Hinzutreten von Wasserstoff nöthig ist, um aus den genannten Säuren den Zucker, das Amylon, Pectin, Gelin, Bassorin u. s. w. entstehen zu lassen. Bei diesem Uebergang werden aber die Alkalien, die mit der Säure verbunden waren, wieder frei, wodurch sie in den Stand

gesetzt werden, ihre Rolle zur Bildung der Fruchtsäuren aus CO_2 und C_2O_3 aufs Neue zu beginnen. Auf diese Weise könnte 1 Aeq. Alkali hinreichen 10—100 Aeq. Kohlenstoff in die Bestandtheile der Pflanze überzuführen und dasselbe wäre sonach der salpetrigen Säure bei der Bildung der Schwefelsäure einigermaßen vergleichbar.

Der chemische Process in der Pflanze bildet den Gegensatz zu dem gewöhnlichen. Hier gehen Oxalsäure, Weinsäure, Citronensäure, Zucker, Stärke, Inulin u. s. w. durch Berührung mit Kali in höherer Temperatur in Kohlensäure über und zwar in Folge einer Abscheidung von Wasserstoff und der Bindung von Sauerstoff.

Beim organisch-chemischen Prozesse des Pflanzenlebens wird die Kohlensäure in Oxalsäure, Weinsäure, Citronensäure, Zucker u. s. w. durch Berührung mit Kali in mittlerer Temperatur übergeführt, in Folge der Bindung von Wasserstoff und der Abscheidung von Sauerstoff.

Weil die Wein- und Citronensäure sich bei Gegenwart eines Alkali ohne Gasentwicklung schon bei $+200^\circ$ in Oxalsäure spaltet, während die andern Elemente zu Essigsäure zusammentreten, welche im wasserfreien Zustande wenigstens sehr nahe die Elemente im Verhältniss der Zellenfaser enthält, so hat diese Vorstellungsweise zu der Annahme fertig gebildeter Oxalsäure in der Weinsäure geführt; „jedenfalls sind ihre Elemente darin neben denen eines zweiten Körpers zugegen, welcher wie Zucker, Gummi und Holzfaser als eine Verbindung von Kohlenstoff mit Wasser betrachtet werden kann“ (*Liebig*).

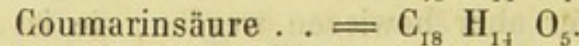
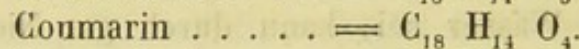
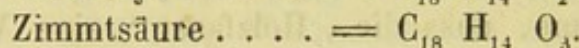
Dieser letzte Schluss *Liebig's* ist jedenfalls etwas voreilig, denn die Annahme, dass die „Holzfaser“ eine Verbindung des Kohlenstoffs mit Wasser sei, kann durch gar Nichts gerechtfertigt, noch weniger aber bewiesen werden, sie ist rein willkürlich.

§. 380.

45. Bernsteinsäure, Benzoessäure und Coumarin. Die Formel der Bernsteinsäure ist $\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_3 = \overline{\text{S}}$. Ausserdem existiren von ihr zwei Hydrate 1) $2\overline{\text{S}} + \text{H}_2\text{O}$. 2) $\overline{\text{S}} + \text{H}_2\text{O}$. Sie ist in den Harzen mehrerer Zapfenbäume fertig gebildet enthalten und kann auch künstlich durch Einwirkung der Salpetersäure auf Stearinsäure (*Bromeis*), Wachs (*Bonald*), und Kork (*Mitscherlich*) erzeugt werden. Nach *Chevalier* kommt sie auch in altem, sehr sauer reagirenden ätherischen Oele der Frucht von *Cuminum Cyminum* vor. Wird eine Auflösung des Asparagins, welches auch

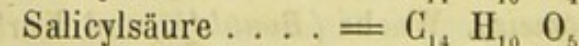
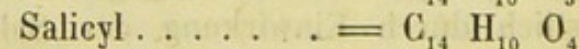
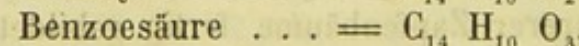
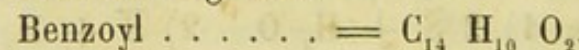
in den Wicken vorkommt, mit Wickensaft in Gährung versetzt, so verwandelt sich ersteres in bernsteinsaures Ammoniak, indem es 4 Aeq. Wasserstoff und 2 Aeq. Sauerstoff aufnimmt. Durch Untersalpetersäure kann dagegen das Asparagin in Aepfelsäure verwandelt werden (*Piria*).

Die Benzoessäure hat schon oben (§. 359) einmal Erwähnung gefunden. Hier soll nur noch bemerkt werden, dass sie in den Pflanzen vielfach fertig gebildet angenommen wurde. Sie wird als ein häufiger Begleiter wohlriechender Harze, Balsame, ätherischer Oele und anderer Stoffe angegeben, z. B. in der Benzoe, dem Storax, Perubalsam, der Vanille, im chinesischen Firniss, in den Tonkabohnen (*Dipterix odorata*), im Steinklee (*Melilotus officinalis*, *dentata* u. a. A.), Ruchgras (*Anthoxandum odoratum*), *Holcus odoratus*. Doch hat sich die Säure im Storax, Perubalsam als Zimmtsäure erwiesen und den Körper, welchen *Vogel* aus *Anthoxanthum odoratum* und *Holcus odoratus* erhielt und für Benzoessäure erklärte, erkannte *Guibourt* für einen eigenthümlichen Stoff, den er Coumarin (von *Coumarouna Aubl.* = *Dipterix odorata Schreb.*) nannte. Man kann diesen Stoff aus den Tonkabohnen, den wohlriechenden Gräsern und den Blumentrauben des Steinklees durch Extraction mit Aether oder Alkohol, so wie auch durch Destillation erhalten. Er gehört zu den Kamphorarten, bildet weisse glänzende Krystalle von angenehmem gewürzhaften Geruch und schmilzt bei $+ 50^{\circ}$. Seine Formel ist $C_{18} H_{14} O_4$ (*Delalande*). Er ist auf der einen Seite ebenso mit der Cinnamyl-, als auf der andern mit der Benzoyl- und Salicylreihe verwandt; denn



Durch Einwirkung des Kali auf Coumarin entsteht auf nassem Wege coumarinsaures und durch den Schmelzprocess salicylsaureres Kali.

Die Salicylreihe ist folgende:



Es ist sehr wahrscheinlich, dass das Coumarin einen ziemlich weit verbreiteten Bestandtheil der Futtergräser und einer Anzahl Futterkräuter ausmacht und dass damit die Bildung der

Hippursäure im Harn der kräuterfressenden Thiere im Zusammenhange steht.

Stoffformen, welche niemals in Krystallformen vorkommen und nur bei einer Temperatur bis zu $+ 130^{\circ}$ bestehen können.

§. 384.

Alle bisher genannten Stoffe zeigen mehr oder weniger Neigung, in Krystallformen einzugehen, so dass wir keine Gruppe betrachtet haben, in welcher nicht wenigstens die eine oder andere besondere Art in Krystallen erschiene. Bei den folgenden Verbindungen finden wir die Stoffe entweder in massigen oder organischen Formen. Zu den massigen Formen gehören der Schleim, die Gallert und diejenigen, welche wir wegen ihrer besondern Härte hornartig, knöchern und steinern nennen. Alle diese Formen sind nicht Stoff- sondern Körperformen. Aber man hat das nicht bisher beachtet und den Pflanzenschleim und Pflanzengallert als Stoffe behandelt, wodurch eine grosse Verwirrung in die Bestimmung derselben gebracht worden ist.

Es gibt bloss zwei Wege, die hierher gehörigen Stoffe genau von einander zu unterscheiden, nämlich 1) die Analyse zur Ermittlung der chemischen Formel. 2) Die Reaction anderer Stoffe auf die in Rede stehenden. Auf irgend eine andere Weise kann kein Stoff sicher bestimmt werden. Es hat das aber weder ein Chemiker noch ein Physiolog bisher beachtet. Ueberall finden wir Stoffe als Schleim, Gallert, Stärkmehl u. s. w. in einer Weise behandelt, wie man nur die Körperformen behandeln darf.

Wir bringen die hierher gehörigen Stoffformen in zwei Hauptgruppen, in stickstofffreie und stickstoffhaltige (§. 411).

a) Stickstofffreie Organstoffe.

§. 382.

Die hierher gehörigen Stoffe bestehen aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff und zerfallen wieder in die Pectinreihe und Cellulosereihe (§. 387).

46. Pectinreihe. *Frémy*, dem wir die genauesten und besten Arbeiten über diese Gruppe verdanken, nimmt an, dass ihre

Glieder von einem Molekül abzuleiten sind, dessen Formel $= C_8 H_{10} O_7$ ist.

Die Glieder, welche *Frémy* aufgestellt hat, sind folgende:

1. Pectose.

2. Pectin $= C_{64} H_{80} O_{56}, 8 \text{ aq. (Frémy).}$

3. Parapectin . . . $= C_{64} H_{80} O_{56}, 8 \text{ aq. } \gg$

4. Metapectin . . . $= C_{64} H_{80} O_{56}, 8 \text{ aq. } \gg$

5. Pectosinsäure . . $= C_{32} H_{40} O_{28}, 5 \text{ aq. } \gg$

6. Pectinsäure . . . $= C_{32} H_{40} O_{28}, 2 \text{ aq. } \gg$

7. Parapectinsäure $= C_{24} H_{30} O_{21}, 2 \text{ aq. } \gg$

8. Metapectinsäure $= C_8 H_{10} O_7, 2 \text{ aq. } \gg$

Die Pectose ist ein neutraler Körper. Das Pectin ebenfalls, aber No. 3 besitzt schon die Eigenschaften einer schwachen Säure. Noch mehr tritt der saure Charakter bei den folgenden Gliedern hervor und diese Eigenschaft nimmt zu, je mehr sie sich von dem Pectin entfernen.

Das Parapectin ist zwar auch neutral, aber es fällt neutrales essigsaures Bleioxyd, welches beim Pectin nicht der Fall ist. Das Bleisalz enthält nur 10,6 p. C. Oxyd.

Das Metapectin fängt an auf Lackmuspapier zu reagiren; das Bleisalz enthält 19,4 p. C. Oxyd.

Die Pectosin- und Pectinsäure reagiren auf Lackmuspapier wie Säuren und kommen in Gallertform vor; ihre Bleisalze enthalten 33,4 bis 33,8 p. C. Oxyd.

Die Parapectinsäure ist löslich, sehr sauer und bildet ein Bleisalz mit 40,5 p. C. Oxyd.

Die Metapectinsäure ist ebenso stark wie die oben genannten Fruchtsäuren (Aepfel-, Wein-, Citronensäure u. s. w.); ihr Bleisalz enthält 67,2 p. C. Oxyd.

§. 383.

So stellt sich nun durch diese Mittheilungen heraus, dass die Pectinreihe mit einem indifferenten Körper beginnt und mit einer starken Säure schliesst, ähnlich der Dextrinreihe, welche mit der Milchsäure endigt. Man sieht ferner, dass alle Glieder durch Verdoppelung der Grundform $C_8 H_{10} O_7$ und durch Aufnahme von entsprechenden Wasseräquivalenten in dieselbe gebildet werden. Sie unterscheiden sich also nur durch den Wasser-, nicht Sauerstoffgehalt. Diese Ansicht wird durch den Versuch *Frémy's* bestätigt, welcher Pectin mit Pectose in ein hermetisch verschlossenes Gefäss brachte. Nach und nach gingen jene Körper durch alle Glieder von selbst in Metapectinsäure über, ohne andere

Producte dabei zu erzeugen. Wichtig ist dabei noch der Umstand, dass die Sättigungscapacität dieser Körper zunimmt, je mehr sie sich vom Pectin entfernen.

§. 384.

Es geht aus allen diesen Versuchen und Beobachtungen hervor, dass das Pectin, von welchem auch noch gar nicht dargethan ist, dass es durch Säuren oder auf andere Weise in Zucker übergeführt werden könne, nicht mit dem Gummi, Dextrin und der sogenannten Cellulose in dieselbe Reihe gestellt werden darf, und namentlich mit denselben gar nicht isomer ist, weil es weniger Wasserstoff enthält. Dies wird nicht nur durch die *Frémy'sche* Analyse dargethan, sondern auch durch die Analyse der Pectinsäure von *Regnault* ($= C_{12} H_{14} O_{10}$ [im Silbersalz], oder $C_{12} H_{16} O_{11}$ [die getrocknete Säure]) und *Mulder* ($= C_{12} H_{16} O_{10}$). Auch ist noch der wichtige Umstand zu beachten, dass das Pectin sich durch die schwächsten Agentien, wie der verdünnten Säuren und selbst des siedenden Wassers verändert, wobei die Cellulose unverändert bleibt.

§. 385.

Neben den oben genannten Körpern der Pectinreihe kommt aber noch einer vor, welchen *Frémy* Pectase nennt. Wie die Diastase neben dem Amylon in der keimenden Gerste enthalten ist und die Verwandlung desselben veranlasst, so wird die Umänderung des Pectins in den Pflanzenzellen durch die Pectase bewerkstelligt. *Frémy* vergleicht diese Umänderungen mit der Milchsäuregährung.

§. 386.

Alle diese genannten Stoffe sind in den verschiedenen Früchten (Aepfeln, Birnen, Pflaumen, Kirschen u. s. w.) und saftigen Wurzeln (Mohrrüben, Runkelrüben) und vielleicht in allen sehr saftigen Zellen enthalten.

Die Pectose ist besonders in den Parenchymzellen der unreifen Früchte, der Möhren und Runkelrüben enthalten; sie soll nach *Frémy* den unreifen Früchten ihre Härte ertheilen und sich während des Kochens oder des Reifens derselben in Pectin verwandeln. Dieses ist im reinen Zustande immer gummiartig und bildet bei seiner Auflösung in Wasser keine Gallert. So wie es die letztere Form annimmt, ist es in Parapectin umgewandelt.

In unreifen Früchten soll kein Pectin enthalten sein; letzteres und das Parapectin sind aber häufig in reifen Früchten ent-

halten. Ist jedoch die Frucht überreif, wie z. B. die teigigen Birnen, so findet man häufig keine Spur mehr von Pectin, sondern dasselbe ist in Metapectinsäure verwandelt, welche mit Kali oder Kalk gesättigt ist. Die Metapectinsäure kommt auch in der Rüben- und Rohrzuckermelasse vor; sie ist gallertartig oder schleimig, aber löslich in Wasser und durch Alkohol nicht daraus fällbar. Diese Verwandlung schreibt *Frémy* ebensowol den Fruchtsäuren als der Pectase in den Früchten u. s. w. zu. Diese letztere kommt in den Pflanzen in zwei Zuständen, einem löslichen und unlöslichen, vor und kann aus dem Zellsafte durch Alkohol ausgeschieden werden.

Ausserdem können aber die verschiedenen Säuren dieser Reihe auch durch Einwirkung der Basen auf Pectin erzeugt werden (*Erdm. Journ. d. Chemie*, 1848, No. 23 und 24).

Die künstliche Pectinsäure von *Sacc*, welche derselbe durch Kochen des Fichtenholzes mit Säuren erhielt, gehört nicht hierher, sondern zum Bassorin (§. 406), was auch aus der Zusammensetzung ($= C_{14} H_{24} O_{13}$) hervorgeht (*Erdm. Journ.*, 1849, No. 7).

§. 387.

Die Cellulosereihe wird durch eine Gruppe von Stoffen vertreten, welche durch die Grundformel $= C_6 H_8 O_4$ ausgedrückt werden können.

Alle hierher gehörigen Körper nehmen grössere oder kleinere Mengen Wasser auf, das sie mehr oder weniger fest zurückhalten. Von diesem Wasser ist ein Theil chemisch gebunden und dieser Theil bewirkt den chemischen Unterschied der Körper. Ein anderer Theil ist nur lose damit vereinigt und lässt sich meist durch Trocknen bei $+ 150^{\circ}$ entfernen. Sie quellen alle mehr oder weniger durch die Wasseraufnahme auf; viele werden dadurch weicher (knorpelig, gallertartig), manche lösen sich sogar in Wasser auf und machen es schleimig. Einige bleiben aber auch fest und hart. Die vom Wasser aufgelösten Substanzen der Cellulosereihe gehen durch den Einfluss von Luft, Wärme und besonders der Proteinkörper in eine saure Gährung über, wobei Essigsäure und zuletzt Milchsäure gebildet wird. Werden die hierher gehörigen Substanzen mit verdünnter Schwefelsäure gekocht, so verwandeln sie sich wie der Rohrzucker in Traubenzucker, indem sie noch eine Anzahl Wasseräquivalente chemisch binden. Diese Umwandlung kann zum Theil auch durch die Einwirkung der proteinhaltigen Stoffe bewirkt werden. Bei län-

gerer Einwirkung von Luft und Feuchtigkeit werden sie in Ulmin und Humin (§. 414) verwandelt. Durch Einwirkung der Salpetersäure zerfallen sie in Oxalsäure und Wasser. Manche bilden erst Schleimsäure.

Die Cellulosereihe zerfällt in zwei Gruppen:

1) Die Amylgruppe.

2) Die Inulingruppe.

§. 388.

47. Die Amylgruppe (Dextringruppe) ist daran kenntlich, dass ihre Glieder durch Jodtinctur blau, violet oder amethystroth gefärbt werden. Diese Färbung entsteht entweder unmittelbar oder mit Hilfe der Schwefelsäure. Die Substanzen dieser Gruppe drehen (alle?) die Ebene des polarisirten Lichtes nach rechts. Ihre Glieder sind folgende:

Amyl . = $C_{12} H_{20} O_{10}$ (*Berzelius*).

Gelin . = $C_{12} H_{20} O_{10}$ (*Payen und Mitscherlich*).

§. 389.

Amyl. Das Amyl erscheint in verschiedenen Körperformen, besonders in denen, welche man Amylon genannt hat.

Die Betrachtung der verschiedenen Amylonformen folgt im III. Buche. Hier wollen wir nur untersuchen, wie der im Amylon enthaltene Stoff, den ich Amyl (Stärke) nenne, sich gegen Reagentien verhält. Im kalten Wasser scheint es ganz unlöslich, im kochenden Wasser vertheilt es sich jedoch so, dass es darin aufgelöst zu sein scheint. Aber mit dem Erkalten scheidet es sich in Flocken aus, welche durch reines Wasser getrennt sind. Von dieser Thatsache kann man sich überzeugen, wenn man eine solche amyhlaltige Flüssigkeit mit Jodtinctur versetzt, welche alle Amyltheilchen blau färbt, während die übrige Flüssigkeit farblos bleibt. Wird eine trockne Amylsubstanz mit Jodtinctur benetzt, so färbt sie sich ebenfalls blau. Ist die Tinctur sehr verdünnt, so ist die Färbung nur schwach blau, eine amyhlaltige Flüssigkeit ebenfalls, bisweilen geht diese Färbung ins Violette über. Concentrirte Jodinlösung färbt jedoch die Amylsubstanzen tief dunkelblau. Sie erscheinen in grössern Massen sogar schwarzblau. In Alkohol, Aether und allen Oelen ist das Amyl unlöslich und bleibt unveränderlich. Man hat die Wirkung des Jodins auf Amyl der Bildung einer chemischen Verbindung zugeschrieben, die man „Jodstärkemehl“ genannt. Wenn man Jodin auf Stärkemehl oder Amylon einwirken lässt, so behält das-

selbe seine ganze Structur. Dasselbe ist auch der Fall mit andern Amylkörpern. Dieses Beibehalten der Körperform, während sich die Stoffform verändert, ist bei unorganischen Körpern bisher wenig beobachtet worden, wesshalb Manche die Reaction des Jodins auf Amyl auch nicht als Folge einer Stoffveränderung wollen gelten lassen. Dazu kommt noch, dass die Jodinverbindung nur vorübergehend, nicht constant ist, weil die sogenannte „Jodstärke“ durch blosses Liegen in der Luft oder im Wasser das Jodin durch Verdunsten verliert und dadurch wieder farblos wird. Noch schneller entweicht das Jodin in der Wärme oder durch Kochen der wässerigen Jodamylflüssigkeit. Auch durch Alkohol und Aether kann dem Jodamyl alles Jodin entzogen werden, weil in beiden Flüssigkeiten das Jodin löslich, das Amyl aber unlöslich ist. Alle diese Erscheinungen haben manche Physiologen zu der Annahme geführt, dass das Jodin hierbei keine chemische Verbindung eingehe, sondern in die Zwischenräume des Stärkewebes nur mechanisch eindringe, wie die Tinte in die Haarröhrchen des Löschpapiers. Dabei werde das Jodin sehr fein vertheilt und nehme die ihm eigenthümlichen Farben an, welche es im fein vertheilten Zustande besitze. Diese Annahme wird allerdings dadurch unterstützt, dass die Jodindämpfe, je nachdem man sie in dickern oder dünnern Massen besieht, mit violetter oder rother Farbe erscheinen. Sie wird ferner noch dadurch unterstützt, dass manche Stärkesorten (z. B. bei Furcellaria und andern Meeresalgen) nur amethystroth, violet oder braunviolet gefärbt werden. Dieses Alles würde, wenn das Jodamyl keine chemische Verbindung wäre, dadurch seine Erklärung finden, dass die Körperporen dieser Körper eine verschiedene Grösse hätten und man könnte aus der Farbendifferenz wieder auf eine verschiedene Structur des Amylgewebes (d. i. des Amylons) schliessen. Diese Ansicht hat allerdings viel für sich und wäre sie richtig, so würden jedenfalls alle Substanzen, welche wir hier unter der Cellulosereihe zu betrachten haben, nur von einem und demselben Stoffe gebildet werden. Aber es ist dabei auch noch Folgendes zu bedenken. 1) Das Goldoxyd gibt seinen Sauerstoff in der Wärme und im Lichte ebenso schnell ab, als das Jodamyl sein Jodin. 2) Im Torfe, wo die organischen Körperformen bis in die kleinsten Theile erhalten sind, ist mit Sicherheit die chemische Veränderung der Zellen- und anderer Substanzen in Ulmin und Humin vor sich gegangen. Hier sowol als noch bei andern organischen Substanzen, z. B. Schiessbaumwolle, die gefärbten Zeuge u. s. w., liegt der sicherste Beweis vor, dass organische

Formen ihren Stoff verändern können, ohne dass diese Aenderung einen Einfluss auf die Körperform ausübt. Es ist dies eine sehr wichtige Thatsache, welche zum Theil den Unterschied der organischen Körper von den unorganischen mit bedingt¹⁾.

Diese Thatsachen beweisen daher nicht zu Gunsten der Annahme, welche die Reaction des Jodins auf Amylon nur als Folge einer mechanischen, keiner chemischen, Verbindung ansehen will; auch kann man noch den Umstand mit in Anrechnung bringen, dass das Jodin bei feiner Vertheilung wol in violeter und rother, aber nicht in blauer Farbe erscheint. Endlich ertheilt ja das grüne Kupferoxyd den Kupferoxydsalzen auch eine grüne Farbe, ohne dass man hier diesen Umstand als einen Mangel an chemischer Durchdringung bezeichnet, und so noch in vielen andern Dingen. Dieses Alles gegen einander gehalten, hat mich bewogen, das Amyliodid als eine chemische Verbindung anzusehen und die Reaction des Jodins als ein Mittel, das Amyl in seinen Modificationen ebenso zu erkennen, wie mehrere der verschiedenen Gerbsäuren durch Eisenoxydsalze unterschieden werden.

§. 390.

Die Zersetzungsproducte, welche das Amyl bildet, sind je nach den dabei ins Spiel kommenden andern Stoffen verschieden. Wenn gewisse Amylsubstanzen, z. B. Stärkmehl mit Wasser gekocht werden, so entsteht daraus eine schleimige und nach dem Erkalten mehr oder weniger gallertartige Masse, die als Kleister bekannt ist. Wenn der Kleister mehrere Tage lang mit Wasser gekocht wird, so erhält man eine gummihaltige bitter-schmeckende Auflösung und einen gallertartigen unlöslichen Rückstand (*Vogel*). Dieser Vorgang beweist, dass das Amyl in einen bittern Stoff verwandelt werden kann.

Es kann aber auch in einen süssen, den Traubenzucker verwandelt werden und zwar hauptsächlich durch Einwirkung proteinhaltiger Substanzen. Die Amylsubstanzen, namentlich das Amylon sind von einem Proteingewebe häufig umgeben, dessen Bildung im dritten Buche genauer abgehandelt werden wird. Von dieser Umgebung ist das Amylon schwer zu trennen, wesshalb man annehmen kann, dass sie in dem Kleister, der von Stärkmehl gewonnen worden, wenn auch in sehr geringer Menge, vorhanden sind. Lässt man nun diesen Kleister in kleinen Portionen an der Luft liegen, so trocknet er zu einer harten etwas hornarti-

gen Substanz ein. Lässt man aber eine grössere Quantität in einem Gefässe ruhig stehen, so wird er nach und nach dünnflüssig, nimmt einen süssen Geschmack an, welcher von der Bildung des Traubenzuckers herrührt, und wird zuletzt sauer. Die Säure ist Essigsäure, zuletzt aber Milchsäure. Je mehr proteinhaltige Substanz der Kleister enthält, um so schneller zeigen sich diese Veränderungen. Sie kommen auch noch in saftigen amylohaltigen Pflanzentheilen vor, wenn dieselben (wie z. B. die Kartoffeln) dem Frost ausgesetzt werden. Es scheint eine organische (keine chemische) Verbindung des Amyls mit einem Proteinkörper vorhanden zu sein, welche man sich so vorzustellen hat, dass der letztere den Amylkörper als eine äusserst feine, selbst durch die besten Mikroskope bisher noch nicht erkannte Haut umgibt, welche sehr fest anschliesst, also mit dem Kern innig verwachsen ist. Diese Verwachsung wird jedenfalls ebenso durch den Frost, als durch hohe Temperatur, oder durch die Einwirkung von Säuren oder Alkalien, oder durch den Lebensprocess der Pflanze, wie beim Keimen amylohaltiger Samen (also mechanisch) aufgelöst. Mit dieser Auflösung wird aber auch das bisherige starre Verhältniss der beiden Stoffe in ein flüssiges umgewandelt und dieses wandelt das unlösliche Amylon zunächst in eine lösliche gummiartige Substanz, das Dextrin, und zuletzt in Zucker um. Man hat den Stoff, der in der Zellenflüssigkeit während des Keimens der Samen, besonders in der Gerste, enthalten ist und die Fähigkeit besitzt, grosse Mengen Stärkmehl in Zucker zu verwandeln, Diastase genannt. Man erhält die Diastase aus dem frischen Gerstenmalz, wenn dasselbe zerquetscht und ausgepresst wird. Aus dem Saft schlägt sich mit Alkohol eine schleimige Substanz nieder, welche „unreine Diastase“ genannt wird. Ich glaube aber, dass auch die „reine“ Diastase, wenn es welche gäbe und dieselbe darzustellen wäre, immer auch ein Gemenge von Dextrin mit Proteinsubstanz sein würde. Gerade in der natürlichen Mischung dieser beiden Stoffe suche ich die auffallende Wirkung der „Diastase“, welche sich dadurch auszeichnet, dass sie in sich eine kräftige Bewegung der Stofftheilchen bewahrt, die sie allen mit ihr in Berührung kommenden Amylontheilchen mittheilen kann. Das Dextrin wäre sonach die Resultirende der Amylbewegungen, angeregt durch Proteinstoff, der Zucker die Resultirende der Dextrinbewegungen, ebenfalls angeregt durch Protein. Wie leicht die Dextrin- und Zuckerbildung vor sich gehen kann, ist daraus ersichtlich, dass Amyl, Dextrin und Rohrzucker gleiche Zusammensetzung haben

und dass zur Bildung von Traubenzucker nur der Zutritt von 2 Aeq. Wasser nöthig ist.

Die Verwandlung des Amyls in Dextrin durch die Temperatur. Wenn das gewöhnliche Stärkmehl aus Kartoffeln nur lufttrocken ist und man setzt es in einem verschlossenen Gefässe schnell einer Temperatur von $+200^{\circ}$ aus, so verliert es seinen Zusammenhang und seine Structur und die Amylkörperchen zerfliessen in dem Wasser, was sie noch mechanisch in ihren Poren bergen. Dasselbe geschieht nur zum Theil, wenn die Erhitzung bis $+200^{\circ}$ in einem offenen Gefässe vorgenommen wird, weil ein Theil Wasser dabei verflüchtigt wird. Dabei nimmt aber die erhitzte Masse im letztern Falle eine bräunliche Farbe an; in beiden Fällen aber ist es im kalten Wasser auflöslich geworden und besitzt die Eigenschaft, dasselbe schleimig zu machen. Es ist in Dextrin verwandelt. Wir sehen hieraus deutlich, dass die Umänderung zunächst nur von einem Flüssigwerden abhängig ist, dieses hat zuerst die Aufhebung der Körperform und dann auch der Stoffform zur Folge, denn das Dextrin wird nicht mehr von Jodin blau gefärbt.

Die Veränderungen des Amyls durch Säuren. Wenn man käufliche Weizenstärke mit wenig Wasser zu einem sehr steifen Kleister kocht, dann etwas concentrirte Salzsäure zusetzt und mit dem Kochen fortfährt, so wird die Masse dünnflüssig. Lässt man das Gefäss jetzt ruhig stehen, so bilden sich in der hellen Flüssigkeit helle Flocken. Unter dem Mikroskop erscheinen in der durch Schütteln gemischten Flüssigkeit 1) sehr feine, helle, klare und durchsichtige Moleküle, zwischen welchen 2) grössere oder kleinere Flocken schwimmen, die aus etwas grössern Kügelchen zusammengesetzt sind; auch kommen 3) noch einzelne unversehrte Stärkekörperchen darin vor. Mit schwacher Jodintinctur vermischt färben sich letztere blau und die Flocken (2) gelb. Die Moleküle (1) erscheinen deutlicher sichtbar, lassen aber wegen ihrer Kleinheit (ich schätze den Durchmesser auf $\frac{1}{50000}'''$) keine Farbe erkennen. In kurzer Zeit zeigen sich aber folgende Veränderungen. Es treten nämlich die scheinbar farblosen Moleküle (1) in kleine Flocken zusammen und diese zeigen eine sehr verdünnte blaue Färbung. Diese Färbung nimmt an Intensität zu und man bemerkt, dass sich die Moleküle immer dichter sammendrängen. Lässt man die Probe auf dem Objectträger eintrocknen, so entsteht ein glänzender bräunlichgelber Ueberzug, dessen Glanz vom Dextrin und Zucker, dessen Farbe aber von der Jodintinctur herrührt. Unter dem Mikroskop aber

erscheinen in der eingetrockneten Dextrinmasse die Amylflocken röthlich und schwach violet, während die gelben Flocken (2) unverändert geblieben sind. Ein wenig Wasser macht jedoch die Amylflocken wieder blau. Es scheinen demnach die Farbenveränderungen auf Beugungsphänomenen zu beruhen, welche sich wieder auf Hydratverhältnisse gründen, wie das so oft bei den Metallsalzen auch der Fall ist. Die aus den grössern Molekülen bestehenden gelben Flocken (2) bestehen aus einer Protein-substanz (Gluten). Alle hängen noch mit Amylflocken zusammen. So zeigt also diese Untersuchung ein Verwachsensein der Protein-substanz mit dem Amylonkörperchen an. Sie zeigt aber auch, dass das, was man gewöhnlich Amylon nennt, gar keine reine homogene und einfache Substanz ist. Kocht man die oben erwähnte Flüssigkeit noch einige Minuten lang, so werden alle Theilchen des Amylonkörpers bis auf die Proteinsubstanz zerstört und in Dextrin und theilweise in Zucker umgewandelt.

Mit Kartoffelstärke ist es ähnlich, nur findet der Unterschied Statt, dass die Flüssigkeit weniger schleimig ist, weil sich hier das Amyl schneller in Zucker umwandelt, und dass von den Flocken zweierlei in der Flüssigkeit erscheinen, nämlich 1) grössere, die sich schon während des Kochens bilden und sich in der aufwallenden Flüssigkeit bewegen und hautartig zusammenhängen. Sie bestehen aus Pflanzeneiweiss. 2) Kleinere, sehr zarte, die sich erst beim Erkalten der scheinbar klaren und durchsichtigen farblosen Flüssigkeit ausscheiden. Sie bestehen aus sehr kleinen Molekülen, welche sich durch Jodtinctur sehr schwach und kaum bemerkbar fleischroth färben und jedenfalls Stärketheilchen sind, die sich verändert, aber noch nicht in Dextrin verwandelt haben. Diese Flocken werden beim Auftrocknen farblos und daher in der zurückbleibenden klebrigen Masse unsichtbar.

Verdünnte Schwefelsäure verhält sich ähnlich wie die Salzsäure. Durch sehr concentrirte Salpetersäure entsteht eine Verbindung welche *Braconnot* entdeckt und *Xyloidin* genannt hat. Das Amyl gibt Wasser ab und nimmt dafür Salpetersäure auf. Es ist sehr leicht entzündlich und gab Veranlassung zur Entdeckung der Schiessbaumwolle. Seine Zusammensetzung ist nach *Pelouze* $= C_6 H_8 O_4 + N_2 O_5$; nach *Buijs Ballot* $= C_{15} H_{24} N_2 O_{16}$.

Wird Amylon mit einer Mischung von 1 Th. concentrirter Schwefelsäure und 2 Th. Wasser destillirt, so erhält man Ameisensäure, ein ätherisches Oel und im Rückstande eine schwarze poröse im Wasser unlösliche Masse.

§. 391.

Das Amyl welches die Sporenschläuche der Flechten, so wie die Zellen in der äussern Schicht des Laubes von *Cetraria islandica* bildet, scheint von dem in den vorigen §§. abgehandelten nicht verschieden zu sein. Ebenso dasjenige, welches in gewissen Zellenwänden des Leinsamens u. s. w. enthalten ist.

Etwas anders zeigt sich das Amylon in den Meeresalgen, z. B. *Furcellaria*, *Delesseria* und andern. Dieses wird durch Jodintinctur niemals ordentlich blau, sondern violet oder violettroth gefärbt.

Das Amyloid, welches *Vogel* und *Schleiden* als eine neue Pflanzensubstanz eingeführt haben, scheint mir von dem Amyl nicht wesentlich verschieden zu sein. Wie beim Leinsamen und einigen gewissen Flechtenzellen, so werden die Zellenhäute beim Embryo von *Schotia latifolia* und *speciosa*, *Hymenaea Courbaril*, *Mucuna urens*, *Tamarindus indica* und vielleicht noch von andern Leguminosen durch Jodintinctur blau gefärbt. Ein Theil dieser Zellensubstanz löst sich in Wasser auf und seine Gegenwart wird durch die blaue Färbung angezeigt, die die Flüssigkeit durch Jodintinctur erhält. Durch Kochen mit Wasser löst sich ein Theil der Cotyledonarsubstanz in Wasser und bildet eine Art Kleister, der aber beim Abkühlen nicht gelatinirt. Am leichtesten löst sich die Substanz bei *Schotia*, am schwersten bei *Tamarindus*. Aber selbst nach 12stündigem Kochen bleibt scheinbar das ganze Zellengewebe zurück und wird durch Jodin blau gefärbt. Das klebrige Decoct wird durch wässrige Jodinlösung, nach Maassgabe der zugeführten Menge, blassgelb bis dunkelgoldgelb gefärbt. Durch weingeistige Jodintinctur wird sie dagegen als eine schöne blaue Gallerte niedergeschlagen. In destillirtem Wasser löst sich dieser blaue Niederschlag vollständig mit goldgelber Farbe auf und wird daraus durch Schwefelsäure in braunen Flocken gefällt. (*Schleiden*.)

Diese Erscheinungen kommen mit grössern oder kleinern Abweichungen auch bei den verschiedenen Arten von Amylon vor.

Schleiden hat nun aus diesen und den von *Mohl* bekannt gemachten Untersuchungen über die Zellenmembran die Schlüsse gezogen:

1) „Dass es mit dem Jod als Reagens auf Stärkmehl nichts mehr ist“.

2) „Dass die blaue Färbung vegetabilischer Stoffe durch Jod keine eigentliche chemische Verbindung ist“.

Ueber jene Ansicht habe ich mich schon geäußert; was aber die letzte betrifft, so gibt es auch bis auf den heutigen Tag kein empfindlicheres und genaueres Reagens auf das Amylon sowol, als auf alle vegetabilischen Bildungen, welche wie das Amylon Amyl enthalten. Wir müssen nur die Stoffform von der Körperform trennen und nicht meinen, dass jeder Stärkestoff nur die Körperformen der Kartoffel-, Weizen- und anderer Stärke bilden dürfe. Wir haben ja auch den Kohlenstoff in verschiedenen Körperformen, und so noch viele andere Stoffe.

§. 392.

Das Gelin. Ich habe diesen Namen für die Zellensubstanz der Algen seit acht Jahren gebraucht, weil ich glaubte, dass dieselbe von der anderer Pflanzen, namentlich der Cellulose der Phanerogamen, verschieden sei. Ich wurde zu dieser Meinung besonders durch die oft sehr weiche und gallertartige Beschaffenheit der Zellensubstanz der niedern und höhern Algenformen verleitet. Jetzt habe ich mich überzeugt, dass in den Algen nicht nur keine andern Zellensubstanzen als bei den übrigen Pflanzen vorkommen, sondern dass auch die von mir als Gelin bezeichnete Substanz nicht überall dieselbe ist, vielmehr in allen ihren Eigenschaften mit derjenigen übereinkommt, welche *Payen* und nach ihm andere Chemiker mit dem Namen Cellulose bezeichnet haben. Ich habe nun diesen letzten Namen für die ganze Reihe der Substanzen beibehalten, welche überhaupt Zellen bilden und dabei keinen Stickstoff enthalten, den Namen Gelin aber werde ich auf die Substanz beschränken, die ich hier beschreibe.

Das Gelin ist jedenfalls isomer mit dem Amyl. *Mulder* („Scheik. Onderz.“, III. Deel, 3 St. S. 336) hat zwar eine andere Formel ($= C_{24} H_{42} O_{21}$) dafür angegeben, aber die neuesten und sehr schönen Untersuchungen *Mitscherlich's* („Bericht der Berl. Acad. d. W.“, März 1850) beweisen die Richtigkeit der ursprünglich von *Payen* festgestellten und von mir schon oben angegebenen Formel $= C_{12} H_{20} O_{10}$. *Mitscherlich* bemerkt dabei, dass durch die Natronlösung die Zellensubstanz ein wenig zersetzt werde. Die Baumwollenfaser und Leinenfaser bestehen, wenn sie von dem äussern zarten Ueberzuge, welcher das Eindringen des Wassers verhindert, befreit sind, aus reiner Gelin-substanz, ebenso die gesunden Zellen der Kartoffeln, Mohrrüben, Zuckerrüben, des Kohlrabi u. s. w.

Man erkennt sie leicht daran, dass sie mit Jodtinctur schön blau gefärbt wird, wenn man sie vorher mit Kalilauge oder mit

hinreichend starker Schwefelsäure behandelt hat. Durch weitere Einwirkung der Schwefelsäure wird sie in Dextrin und zuletzt in Zucker verwandelt.

§. 393.

Wenn man Gelinsubstanz mit concentrirter Salpetersäure behandelt, so behält sie ihre Zusammensetzung, aber sie ist in eine gallertartige Substanz verwandelt, welche durch Jodin nicht mehr blau gefärbt wird. Sie hat ganz die Eigenschaften des Bassorin angenommen. Dieselbe Veränderung erleidet die Gelinsubstanz durch eine freiwillige Zersetzung, oder wenn man will durch einen Gährungs- oder Fäulnisprocess. Man kann diesen je nach den dabei gebildeten Producten, in die schleimige und in die trockene Weissfäule unterscheiden. Bei allen diesen Vorgängen wird das Gelin in Bassorin oder Inulin u. s. w. umgewandelt. Weitere Ausführungen werden bei der Betrachtung dieser Substanzen gegeben werden.

Xyloidin wird durch die Einwirkung der Salpetersäure auf Gelin nicht gebildet, aber wol erzeugt sich durch dauernde Einwirkung Oxalsäure. Wird bei dieser Einwirkung rauchende Salpetersäure, oder noch besser ein Gemisch von concentrirter Salpetersäure und Schwefelsäure angewandt, so entsteht das Pyroxylin, bekannt als Schiessbaumwolle. Dieses hat je nach seiner Darstellungsweise eine verschiedene Zusammensetzung. Es gleicht aber dem Xyloidin darin, dass eine gewisse Anzahl Wasseräquivalente aus dem Gelin ausscheidet und dafür eine gleiche (?) Anzahl Äquivalente der Salpetersäure oder Untersalpetersäure eintreten. Die Structur der dabei angewandten Faserzellen (Baumwolle, Leinen) wird durch die Einwirkung der beiden starken Säuren gar nicht verändert. So sehe ich bei den Leinenfaserzellen nicht nur den proteinartigen Zelleninhalt, der mit Jodintinctur sich gelb färbt, wie bei der lebendigen Zelle, sondern auch die feinsten zartesten Spiralfasern, welche das Gewebe der Leinenzellen bilden. Die Pyroxylinzellen sind so fest und gegen gewisse ätzende Flüssigkeiten so unzerstörbar geworden, dass die stärksten Säuren und Alkalien wirkungslos auf dieselben sind. Ich habe sie, um zu versuchen, ob sie nicht durch irgend ein Verfahren in den Amylzustand, in welchem sie von Jodintinctur blau gefärbt werden, zurückgeführt werden könnten, abwechselnd mit starker Kalilauge, concentrirter Salzsäure und Schwefelsäure behandelt (wobei ich die Fasern jedesmal wieder mit Wasser auswusch), aber ich habe in der Structur und Form

derselben kaum eine andere bemerkbare Veränderung hervorbringen können, als dass bei wenigen einzelnen Zellen die äusseren Lagen sich etwas in spiralförmige Falten zusammenzogen und dadurch auch eine Krümmung der innern Schichten bewirkten. Im Pyroxylin ist die Substanz, oder eigentlich der Stoff, ein durchaus anderer geworden. Durch die Entziehung von Wasseräquivalenten ist er dem Kautschouk in so fern nahe gebracht, dass er sich in Aether löst (Collodium), im Uebrigen aber von den ätzenden Flüssigkeiten gar nicht angegriffen wird. Jodintinctur äussert auch nicht die geringste Wirkung darauf, er bleibt dabei farblos.

§. 394.

Die Gelinsubstanz bildet nicht immer Zellen. Sie ist bald schleimig, bald weich gallertartig, bald fest in deutlichen Körnern, bald mehr oder weniger fest in Zellenform.

Hiernach können wir vorläufig folgende verschiedene Formen von Gelinsubstanzen unterscheiden, die ich hier mit einigen Erörterungen folgen lasse.

§. 395.

I. Schleimiges Gelin. Es kommt bei *Ulvina myxophila* (Kg. „Sp. Algarum“, p. 147. — „Phycol. germanica“, p. 120) vor. Diese niedere Pflanzenbildung entsteht im Quittenschleime (*Mucilago Sem. Cydoniorum* der Apotheken) und mit seiner Entstehung ist jedesmal ein Sauerwerden des Schleimes verknüpft. Es scheidet sich dieselbe in farblosen dünnhäutigen Flocken aus, welche man mittelst Papierblättchen herausfischen kann. Auf Glas eingetrocknet und mit Jodintinctur und Schwefelsäure behandelt, zeigt sich die blaue Farbe in der die Matrix bildenden Substanz, welche homogen zu sein scheint; die in derselben liegenden Körnchen werden gelb und bestehen aus Proteinsubstanz. Der Zusammenhang der Matrix ist so gering, dass man sie halbflüssig nennen kann.

II. Gallertartiges Gelin. Es zeigt sich in der Essigmutter (*Ulvina aceti* und *Ulvina rubi idaei*, Kg. l. c.). Die eine, *U. aceti*, bildet sich im gewöhnlichen Essig und zwar ebensowol in dem, welcher mit Weingeist, als in dem, welcher mit dextrinhaltigen Flüssigkeiten angestellt wird. Am meisten bildet sie sich in Essig, welcher nach der ältern langsamen Methode gewonnen wird. Aber ich habe sie auch in concentrirter Essigsäure gefunden, welche aus Alkohol nach *Doebereiner* mittelst Platinmohr in der Nordhäuser Essigfabrik von *Schreiber und Sohn* dargestellt war. Die

Bildung beginnt an den Wänden des Gefässes, dicht über der Flüssigkeit, wo Luft, Essigsäure und Gefässwand sich berühren. Es entstehen ungemein kleine schleimige Moleküle, welche sich hier ausscheiden, anhäufen, dann sich in den gewöhnlichen Essigtöpfen über die Oberfläche der Flüssigkeit verbreiten und in eine gallertartige Haut zusammenwachsen, welche mit der Zeit an Dicke zunimmt. Die auf Glas eingetrocknete Essigmutter gibt in ihrem gallertartigen Theile, der durchaus keine Zellenbildung erkennen lässt, wol aber eine sehr grosse Anzahl Proteinkörperchen enthält, sich gegen Jodintinctur und Schwefelsäure ganz wie Gelin zu erkennen. Nach Maassgabe der Dicke der eingetrockneten Masse ist die blaue Farbe heller oder dunkler. Auch hier kommt die Reaction bisweilen erst zum Vorschein, wenn zu der Schwefelsäure noch 1—2 Tropfen Wasser gesetzt werden. Die Einwirkung folgt weniger schnell als beim Gelin I, weil hier die Schwefelsäure zuerst das Cohäsionsverhältniss zu überwinden hat. Dass sich aus der Essigmutter durch Behandlung mit Schwefelsäure und Wasser Dextrin und Zucker bilden, davon habe ich mich überzeugt.

Die Bildung des Gelins aus den Bestandtheilen des Essigs möchte kaum einem Zweifel unterliegen.

Bei der *Ulvina rubi idaei*, welche im gährenden frischen Himbeersafte sich schon nach 24 Stunden in ziemlicher Menge erzeugt, liegt es nahe, an die Bildung des Gelins aus den Substanzen der Pectinreihe zu denken; denn der Saft der Himbeeren verliert in gleichem Maasse die Eigenschaft, mit Zucker zu gelatiniren, als die Bildung der *Ulvina* stattfindet. Dass aber diese Bildung nicht zu den Pectinsubstanzen gehört, beweist die Reaction mit Jodin und Schwefelsäure, welche sich in Nichts von der bei dem Gelin vorkommenden unterscheidet. Bei beiden *Ulvina*arten ist die Gelinsubstanz gallertartig und besitzt ziemlichen Zusammenhang.

§. 396.

Die Gelinsubstanz III. Ich nenne sie *Herpogelin*, weil sie in den *Caulerpeen* — ich habe bis jetzt *Caulerpa Freycinetii*, *taxifolia*, *Phyllerpa prolifera* und *flagelliformis*, *Chauvinia Selago*, *peltata* und *Lamourouxii* darauf untersucht — vorkommt. Das *Herpogelin* bildet den Träger der grünen Körner, welche die, den innern Raum als lockeres Gewebe ausfüllenden weissen Bassorinfäden in grössern oder kleinern, getrennten oder zusammenfliessenden Häufchen besetzen. Die grüne Farbe scheint vom

Chlorophyll herzurühren und die Körner haben einige Aehnlichkeit mit kleinen Stärkekörnchen, aber sie sind mit einander verwachsen. Jodintinctur färbt diese Körner intensiv gelb, etwas ins Bräunliche ziehend, concentrirte Tinctur sogar dunkelbraun. Hinzugefügte Schwefelsäure, mit ein wenig Wasser vermischt, bringt nach und nach eine blaue Färbung der vorher grün gewesenen Körnermassen hervor. In einem Falle, wo mir die Färbung durch die Schwefelsäure nicht gelingen wollte, wurde dieselbe durch Kalilauge bewerkstelligt, welche ich nur kurze Zeit einwirken liess, dann durch Auswaschen mit Salzsäure und Wasser entfernte. Die so behandelte Körnermasse wurde durch verdünnte Jodintinctur sehr schön blau. Die Herpogelinsubstanz ist ziemlich fest und geht nur durch anhaltendes längeres Einwirken von Schwefelsäure unter Mitwirkung von Wärme in Dextrin und Zucker über. Der Grund davon ist auch hier mehr in der grössern Festigkeit der Substanz als in der Beschaffenheit des Stoffverhältnisses zu suchen.

§. 397.

Die Gelinsubstanz IV. Sie war bisher mit unter dem Ausdruck Cellulose und Membranenstoff begriffen. Sie ist von allen die verbreitetste, denn von ihr werden die meisten Zellen gebildet. Sie kommt aber nicht vor in den Zellen der Pilze, der Flechten, der Bacillarien oder Diatomeen und einem grossen Theile der niedern Algen.

Die Zellenformen des Gelins machen verschiedenartige Grade der Festigkeit durch, wonach sie unterschieden werden können. So bildet das Gelin

I. Schleimzellen in der äussersten Lage beim Leinsamen, Quittensamen und Flohsamen (*Plantago Psyllium*). Ferner die grossen Zellen in den Orchisknollen, die schleimigen Zellen in der Altheewurzel, in *Symphytum officinale*, dem Carragheen und vielen andern Pflanzen. Man hat bisher überall irrthümlich den Schleim, welchen man durch Auskochen aus diesen Pflanzentheilen oder durch Schütteln derselben mit kaltem Wasser, wodurch in beiden Fällen die Schleimmoleküle von der Aussen- seite der Zellenwand mechanisch abgerissen und ebenso in Wasser suspendirt werden, erhalten wird, mit Traganthschleim, Bassorin und arabischem Gummi, auch wol mit Dextrin und Pectin verwechselt, weil man sich nicht streng an die chemische, sondern mehr an die oberflächliche Erkennungsweise hielt, wobei die „schleimige“ oder „gallertartige“ Beschaffenheit den Ausschlag

gab. Aber die Schleim- und Gallertzellen aller oben genannten Pflanzen sind aus Gelinsubstanz gebildet, sie werden alle mit Jodtinctur und Schwefelsäure blau. Selbst der durch Kochen oder durch Schütteln mit kaltem Wasser gewonnene Schleim ist durch aufgelöste (oder suspendirte) Gelinsubstanz schleimig. Aber man muss ihn, wenn man auf ihn reagiren will, erst eintrocknen lassen. Nur beim Leinsamenschleim finde ich die Färbung sehr blassblau; ich glaube daher, dass hier die Gelinsubstanz mit viel Bassorin gemischt ist. Ferner habe ich bisweilen bei den Schleimzellen der Quittensamen gefunden, dass sie ohne Zusatz von Schwefelsäure durch Jodtinctur blassblau wurden, was auf eine Vermischung mit Amylsubstanz hinweist.

Mulder hat die Bleioxydverbindungen mehrerer dieser Schleimarten zweimal untersucht. Sie bestehen nach den zuletzt von ihm angestellten Untersuchungen aus:

(Quittenschleim) . . 46,44 C. 6,18 H. 47,38 O.

(Leinsamenschleim) 45,82 C. 5,92 H. 48,26 O.

Beide Schleimarten sind von *Mulder* im J. 1846 untersucht worden, als Folge der Untersuchungen von *C. Schmidt* („Scheik. Onderzoek“, III. Deel, p. 17—30). Nach den frühern Untersuchungen *Mulder's* („Nutnur-en Scheik. Archief“, 1837 und „Bulletin“, 1838, p. 35) besteht der Schleim aus

Sphaerococcus crispus (Carragheen) aus 45,17 C. 4,88 H. 49,95 O.
Altheewurzel. 46,00 C. 4,96 H. 49,04 O.

Obschon *Mulder* als allgemeine Formel für den Schleim $= C_{24} H_{38} O_{19}$ angibt, welche aber nur durch den (beim Trocknen sich leichter zersetzenden) Quittenschleim annähernd ausgedrückt wird, so geht doch hieraus hervor, dass man nach den übrigen Ergebnissen auch ebenso gut die Formel $= C_{12} H_{20} O_{10}$ annehmen kann. Dass die genannten Schleimarten durch Digestion mit verdünnter Schwefelsäure in Zucker verwandelt werden, hat *C. Schmidt* („Annal. d. Chem. u. Pharm.“, Juli 1844) bewiesen.

II. Die Gallert- und Knorpelzellen bei den Tangen und andern Pflanzen. Sie sind nur in der Festigkeit von den vorigen verschieden.

III. Die weichen häutigen Zellen des gewöhnlichen Parenchyms, Merenchyms und der verschiedenen Arten des Fleisch- und Markgewebes der Phanerogamen und der höhern Kryptogamen. Von diesen sind untersucht: Das Zellengewebe von Hollundermark, der Gurken, das Mark von *Aeschynomene paludosa*, die Zellen der Wurzelschwämmchen, die Samenknospen der Mandeln, der Aepfel und der Sonnenrose (*Helianthus annuus*) von *Payen*. („Annal.

des sc. nat.“, Serie 2, T. II, Bot. 1839, p. 21.) — Ferner hat derselbe Chemiker das Zellengewebe der Blätter von Endivien, *Ailanthus glandulosa* und *Agave americana* im folgenden Jahre untersucht (l. c. Août. 1840, p. 73). An diese Untersuchungen schliessen sich die Arbeiten von *Fromberg* („Scheik. Onderz.“, II. Deel, p. 36 — 61. — „*Erdm. Journ.*“, 1844, No. 11, 12, p. 198), welcher das Zellengewebe der Rüben, des weissen Kohls, der Endivien und der Charen analysirt hat; dann die Arbeiten *Mulder's* („Scheik. Onderzoek.“, III. Deel, 3. St., p. 336), welche sich über Papierfaser, Flachs, Baumwolle, Bast von *Agave americana* und mehrere andere Gegenstände verbreiten; den Schluss bildet *Mitscherlich* („Bericht d. Berl. Academie d. W.“, 1850, März), welcher das Papier untersuchte, das in Schweden mit reinem Wasser dargestellt und in den Laboratorien zu Filtern gebraucht wird. *Mitscherlich* hat sich überzeugt, dass dieses Papier „reine Cellulose“ ist, während in der Flachszelle oft noch ein proteinhaltiger Inhalt zurückbleibt. Er nimmt an, dass die Zusammensetzung des reinen Gelins = $C_{12} H_{20} O_{10}$ sei, nicht $C_{24} H_{42} O_{21}$, wie *Mulder* aus seinen Versuchen schliesst.

IV. Das harte, holzige, hornartige und knöcherne Gelingewebe, welches in dem jungen Holze und in dem Albumen der Samen vorkommt. *Payen* (l. c., Août., 1840, p. 82) und *Baumhauer* („Scheik. Onderz.“, II. Deel, p. 62 — 75) haben die „Cellulose“ der Samen von *Phytelphas macrocarpa*, welche als „Steinnüsse“ oder „vegetabilisches Elfenbein“ in den Handel kommen und von den Drechslern verarbeitet werden, analysirt und die Resultate beider liefern den Beweis, dass das Gelin dieser knochenartigen Samen sich durch Nichts weiter von dem des Hollundermarks, der Baumwolle, der Leinenfaser u. s. w. unterscheidet, als durch den Aggregatzustand.

Die Spiralgefässe von *Musa sapientum* und die harten und festen Holzzellen der verschiedenen Pflanzentheile bestehen alle in der Jugend aus Gelinsubstanz, welche sich im Alter nach und nach verändert. Analysen davon haben *Payen*, *Mulder* und Andere geliefert. Mehr davon bei der Inulingruppe §. 399 fg.

§. 398.

Eine dem Gelin nahe kommende, gleichsam zwischen ihm und dem Inulin stehende, vielleicht aber mit dem Dextrin identische Substanz kommt in dem Gewebe der sogenannten Muskatblumen vor. Wenn man diese letztere mit Alkohl oder Aether von dem Oele befreit, wodurch sie ihre gelbe Farbe bekommen,

dann mit Wasser auswäscht, so färbt die Jodtinctur die Wände der runden Zellen braun. Behandelt man diese Zellen vorher mit concentrirter Salpetersäure, so werden sie durch Jodtinctur sehr schön amethystroth gefärbt; dasselbe geschieht auch wenn man Schwefelsäure anwendet, oder die Zellen mit Kalilauge behandelt und das Kali vorher mit Chlorwasserstoffsäure wieder abstumpft. Es hat also diese Substanz in dem veränderten Zustande grosse Aehnlichkeit mit dem Amyl der Tange, welches auch durch Jodin nicht blau, sondern amethystroth oder violett gefärbt wird. Man könnte sonach unter diesen Substanzen eine blaue und eine amethystrothe Amylgruppe unterscheiden. Das Dextrin, welches im Handel in reinen klaren Stückchen, wie Gummi arabicum, vorkommt, verhält sich gegen Jodin und Schwefelsäure genau wie die Substanz in den Macis, nur mit dem Unterschiede, dass die letztere eine gewisse Structur und Festigkeit besitzt und unauflöslich in Wasser ist.

§. 399.

48. Die Inulingruppe (Sinistringruppe). Sie zeichnet sich dadurch aus, dass die Substanzen, die zu ihr gehören, durch Jodin orangegelb oder gelbbraun gefärbt werden, entweder unmittelbar oder durch Einwirkung von Schwefelsäure.

Die zur Inulingruppe gehörigen Substanzen sind bisher nicht genau unterschieden worden. Man hat sich durch die äussere Form der Körper, in welchen das Inulin vorkommt, verleiten lassen, einen andern Stoff darin zu suchen, als darin wirklich enthalten ist, weil man gewohnt war, das Inulin nur in der Form eines feinen Pulvers zu erblicken. Daher kam es, dass man die „Cellulose“ bei den Pilzen und Flechten für dieselbe Substanz gehalten hat, als in der Baumwolle, der Leinenfaser und andern Gelinzellen.

Das Inulin in seiner ausgedehntesten Bedeutung ist ein allgemeiner Pflanzenstoff. Er ist entweder aufgelöst oder in kaum erkennbaren Molekülen im Zellensaft enthalten, oder er bildet Fasern, Zellen u. s. w., kurz ganz ähnliche oder gleiche Formen wie das Amyl und Gelin. Die Polarisationssebene drehen die zur Inulingruppe gehörenden Substanzen nach links. Wir unterscheiden folgende Glieder:

Inulin (im engern Sinne) = $C_{12} H_{16} O_8 + 2 H_2 O$ (Mulder).

Gummi (Bassorin) = $C_{12} H_{16} O_8 + 2 H_2 O$ (Mulder).

Lignin = $C_{12} H_{16} O_8$ (Gay-Lussac u. Thénard).

§. 400.

Das Inulin im engeren Sinne wird vorzüglich in den Wurzeln der Compositen (*Cichorium Intybus*, *Taraxacum officinale*, *Georgina variabilis*, *Helianthus tuberosus*), ferner in *Angelica Archangelica*, *Colchicum autumnale*, *Datisca cannabina* und einigen Flechten angegeben, aber es macht gewiss einen so häufigen Bestandtheil der Pflanzen aus, dass ich glaube es als einen allgemeinen annehmen zu müssen. Dass das Inulin ein weisses Pulver darstelle, darüber sind alle Angaben gleich; aber nicht darin, in welcher Form es in den Zellen der oben genannten Pflanzen enthalten sei. *Meyen* und *Link* sagen, dass es im Zellsafte aufgelöst sei, weil man es mit dem Mikroskope nicht darin erkennen könne; dagegen bemerkt *Schleiden*, dass das Inulin in feinen Körnern in den Zellen vorhanden, es besitze aber die Eigenschaft, das kalte Wasser einzusaugen und dadurch unter dem Mikroskope zu verschwinden, weil seine „lichtbrechende Kraft“ der des Wassers gleich sei. Ich gebe das für einzelne Fälle zu, namentlich für diejenigen, wo man das Inulin aus gefrorenen Georginenknollen untersucht. Aber es gibt gewiss mehr Fälle, wo es wirklich aufgelöst oder wenigstens so fein in einer Flüssigkeit suspendirt ist, dass man es für aufgelöst ansehen kann, als wo es sich deutlich körnig ausgeschieden hat. Denn obgleich es richtig ist, dass die Inulinkörnchen das Licht fast ebenso brechen, wie das Wasser, so müssten doch die Körnchen zum Vorschein kommen, wenn die Flüssigkeit mit Jodidlösung versetzt würde, wodurch die oben angegebene Reaction eintritt, welche selbst bei einer sehr verdünnten Lösung noch hinreichend ist, die Körnchen sichtbar zu machen; aber wenn man Jodintinctur, die mit Alkohol bereitet und verdünnt ist, nimmt, so scheiden sich die Inulinkörnchen durch den Alkohol aus der Lösung ab, nimmt man aber eine wässrige Jodidlösung, so färbt sich zwar die inulinhaltige Flüssigkeit gelb, aber die Ausscheidung von Körnern findet nicht Statt. Ich habe überhaupt die Körnerbildung nur sehr mangelhaft beim Georginensaft bemerkt, der von gefrorenen Knollen bereitet worden war und einige Tage gestanden hatte. Es setzt sich dabei oben auf eine Oelschicht, welche aus einer sehr grossen Anzahl Oeltropfen besteht. Diese Oeltropfen können von Unkundigen leicht für Inulinkörner gehalten werden, wesshalb ich sie hier besonders erwähne. Sie sind im frischen Zellsafte ganz farblos und mit einer zarten Schleimhülle (Inulinhülle?) umgeben, die bisweilen an der Aussenfläche mit sehr zarten Schleim-

härchen besetzt ist. Durch Jodintinctur werden sie nach Maassgabe dunkel- oder gelbbraun gefärbt, ein Umstand, welcher leicht dazu verleiten kann, sie für Inulinkörner zu halten; drückt man sie aber zwischen zwei Glasplatten, so sieht man deutlich, dass es Oeltröpfchen sind. Lässt man den Saft aus den Georginenknollen auf einer Glasplatte eintrocknen, so bleibt ein kreideweisser zusammenhängender Rückstand, welcher, wenn man ihn trocken unter dem Mikroskope betrachtet, aus ungemein kleinen opaken Körnchen besteht, deren Durchmesser kaum $\frac{1}{5000}$ ''' sein kann. Diese Körnchen liegen nicht locker neben einander wie die Stärkekörperchen, sondern sind aneinander geklebt und da wo Oeltröpfchen dazwischen gewesen sind, ist das Oel in die benachbarte trockene Umgebung eingedrungen und hat durchsichtige Oelflecke erzeugt. Diese sehr feinen Körnchen sind das Inulin. Durch Benetzen mit Wasser lassen sie sich zwar viel schwieriger erkennen, aber man sieht sie doch, wenn man recht aufmerksam beobachtet. Noch leichter sieht man sie, wenn man sie mit Jodintinctur vorher benetzt hat. Das Inulin ist auch wirklich im kalten Wasser auflöslich, noch mehr aber im heissen. Ist die Auflösung in heissem Wasser concentrirt, so scheidet es sich nach dem Erkalten wieder als weisses Pulver aus. Man kann das Inulin aus dem Saft der oben gedachten Wurzeln abscheiden:

- 1) wenn man den Saft mit starkem Alkohol mischt;
- 2) wenn man den Saft einkocht und dann erkalten lässt.

In beiden Fällen scheidet sich das Inulin in Flocken oder als weisses zartes Pulver aus. Je öfter man die Auflösung des Inulins in kochendem Wasser wiederholt, um so mehr bekommt es die Eigenschaft, sich in kaltem Wasser zu lösen. Das rührt daher, dass man durch längeres anhaltendes Kochen das Inulin in eine gummiartige und dann in eine zuckerartige Substanz (Schleimzucker) verwandeln kann. Trocknet man einige Tropfen vom Zellensaft der Georginenknollen auf einer Glasplatte bei einer Temperatur von $+ 60-80^{\circ}$ ein, so sieht der Rückstand nicht kreideweiss und matt aus, sondern gelbbraunlich, durchsichtig und glänzend, wie wenn man eine dextrinhaltige Flüssigkeit (z. B. Bier) hätte eintrocknen lassen. Benetzt man diesen Rückstand noch während des Erkaltes mit ein wenig Wasser, mittelst eines Pinsels, so wird er undurchsichtig, matt und weiss, aber mit einem Stich ins Gelbbraunliche.

Man kann auch das Inulin aus getrockneten Wurzeln durch blosses Kochen mit Wasser ausziehen und das Decoct durch Verdampfung concentriren, bis sich auf der Oberfläche eine Haut

bildet. Nach dem Erkalten setzt sich das Inulin ab. Diese Haut bildet sich übrigens beim Verdampfen aller (?) Pflanzenextracte und aus der extracthaltigen Flüssigkeit setzt sich auch ein Niederschlag ab, den *Berzelius* Apothema genannt hat und den man früher oxydirten Extractivstoff nannte. Ich glaube, dass dieses Apothema in vielen Fällen mit dem Inulingehalte der Pflanzen zusammenhängt.

Ausser durch Kochen mit Wasser kann das Inulin durch verdünnte Säuren noch viel leichter als das Amylon in Zucker übergeführt werden; auch mit Hefe zusammengebracht, wird es in seiner Auflösung in Zucker verwandelt und diese Zuckerlösung geht bald in geistige Gährung über. Der aus Inulin gebildete Zucker dreht, wie das Inulin und Arabin, die Polarisationsebene nach links; das Drehungsvermögen ist dabei nach *Bouchardat's* Angaben dreimal so gross, als bei dem Traubenzucker, welcher durch Einwirkung der Säuren aus dem Rohrzucker erhalten wird. Durch concentrirte Salpetersäure wird das Inulin in Oxalsäure verwandelt, aber kein Xyloidin gebildet. Galläpfeltinctur (Gerbsäure) schlägt das Inulin aus seiner wässrigen Auflösung nieder, aber der Niederschlag löst sich durch Kochen wieder auf. Nach *Croockewit* geben einige Metalloxyde unter gewissen Bedingungen ihren Sauerstoff an das Inulin ab, wodurch jene reducirt und aus dem Inulin verschiedene Producte, namentlich Ameisensäure, gebildet werden.

Wird das trockne Inulin bis etwas über $+ 100^{\circ}$ erhitzt, so verwandelt es sich in eine süssliche gummiartige Substanz, welche sich leicht in kaltem Wasser löst. Mit Basen zusammengebracht, zersetzt es sich theilweise, wobei Glucinsäure und Apoglucinsäure gebildet werden, welche sich mit der Base vereinigen; nebenbei aber entsteht auch noch ein Inulat.

Mulder zweifelt an der Existenz reiner Inulate, so wie auch an einem reinen Inulin, worin er Recht haben mag. Mit der Amylonform hat diese Inulinform Nichts gemein, wonach die Angaben *Meyen's* zu berichtigen sind.

Wegen der Unbeständigkeit und leichten Zersetzbarkeit des Inulins kommt es, dass die Angaben (wie überhaupt bei den Substanzen der ganzen Cellulosereihe) über seine elementare Zusammensetzung differiren. Nach *Parnell* („*Erdm. Journ.*“, XXVI, p. 140) hat das aus den Georginenknollen dargestellte Inulin die Formel $= C_{24} H_{42} O_{21}$, während *Mulder* für das aus *Inula Helenium* und *Taraxacum* dargestellte die Formel $= C_{24} H_{40} O_{20}$ gibt. *Croockewit* („*Lieb. Annal. d. Chem.*“, XL, p. 184 fg.) bestätigt

beide Angaben und erklärt die Differenz derselben dadurch, dass er annimmt, das Inulin besitze nach der verschiedenen Darstellungsweise und den verschiedenen Pflanzen, aus denen es gewonnen, auch verschiedene Zusammensetzung. Dieser Meinung scheinen auch die meisten Chemiker zugethan.

Nur *Woskressensky* („Bullet. de St. Pétersbourg“, Tom. V, No. 3) ist nicht dieser Meinung, indem er gefunden zu haben glaubte, dass das Inulin sich von einer constanten Zusammensetzung darstellen lasse und dass es einen grössern Kohlen- und Wasserstoffgehalt besitze, als man bisher geglaubt habe. Er gibt ihm die Formel $= C_{24} H_{19} O_{14}$. Sie weicht so sehr von der durch *Mulder* und andere Chemiker gegebenen ab, dass das Inulin hiernach gar nicht zu den Gliedern der Cellulosereihe gerechnet werden könnte, sondern für sich aufgestellt werden müsste, wenn sie richtig wäre. Aber man hat Grund, an der Richtigkeit von *Woskressensky's* Angaben zu zweifeln, weil die Darstellungsweise, nach welcher er sein Inulin erhält, keineswegs von der Art ist, dass sie ein reineres Inulin, als das von Anderen untersuchte, erwarten lässt, und endlich hat auch *Woskressensky* keineswegs den Beweis geliefert, dass er ein Inulin von constanter Zusammensetzung dargestellt habe, vielmehr geht aus seinen fernern Mittheilungen hervor, dass sein Inulin aus *Taraxacum* bei weitem weniger Kohlenstoff enthält, so dass dessen Zusammensetzung sich sehr der *Mulder'schen* Formel nähert. Ich halte daher die Versuche *Woskressensky's* zur Gewinnung eines reinen Inulins für verfehlt und glaube, dass wir uns hinsichtlich seiner Zusammensetzung an die von *Mulder* und *Parnell* gegebenen und von *Croockewit* bestätigten Formeln noch am sichersten halten können.

Was nun die Entstehung des Inulins betrifft, so liegen Beobachtungen vor, welche sehr die Ansicht unterstützen, dass dasselbe auf verschiedene Weise, besonders aber durch Zersetzung der Pflanzensäure und des Zuckers, so wie auch des Gelins sich bilden könne. Ich werde eine hierher gehörige Beobachtung mittheilen.

An einer sehr grossen Zuckerrübe, welche ich über zwei Monate (von Mitte October bis Ende December) in meinem Zimmer liegen hatte, bemerkte ich, als ich das untere, zum Theil schwarz gewordene und durch Austrocknung eingeschrumpfte Ende abschchnitt, einzelne Stellen, an welchen das Zellengewebe auseinander getreten war durch Ansammlung einer mehr als syrupdicken klaren gummiartigen, aber etwas süsslich schmeckenden, farblosen

Substanz, welche langsam hervorquoll, wie der Terpentin aus den Harzgängen der Tannenstämme. Mit der Messerklinge konnte man immer mehr davon herausnehmen und die Masse hatte Aehnlichkeit mit einem dicken zähen Gummischleim. Auf Glas ausgebreitet, konnte man unter dem Mikroskope eine unendliche Menge kleiner Kügelchen, deren Durchmesser ich auf ungefähr $\frac{1}{3000}$ ''' schätzte, zwischen einer andern homogenen klaren Masse erkennen. Diese Kügelchen hatten sehr bestimmte Umrisse, waren aber übrigens klar und farblos. Jodintinctur färbte sie gelbbraunlich, während die Matrix, in der sie schwammen, und welche sich ganz wie ein Gemenge von Arabin mit ein wenig Zucker verhielt, kaum davon gefärbt wurde. Ein Wassertropfen löste die Matrix vollständig auf und liess die Kügelchen unangefochten. Um mich zu überzeugen, dass dieselben nicht einer Protein-substanz angehörten, behandelte ich sie zuerst mit Salpetersäure in gelinder Wärme und sättigte diese nachher mit Ammoniak, wobei sie farblos blieben; mit Schwefelsäure und ein wenig Wasser behandelt, lösten sie sich auf. Ich glaube hieraus sicher schliessen zu können, dass diese Kügelchen Inulin waren und dass dieselben sich wie auch das Arabin (?) jedenfalls aus dem Zucker der Rübe gebildet hatten. Es ist auch bekannt, dass alle in der Zersetzung begriffene „angegangene“ Rüben weniger Zucker geben und ungern zur Fabrikation genommen werden, weil sie die Entstehung von Schleimzucker bei dem Sieden vermehren. Auch dieser Theil der Rübe hatte fast seinen süssen Geschmack verloren, es musste eine Art „Schleimgährung“ stattgefunden haben.

§. 404.

Gummi. (Flechtenstärke, Fungin.) Alle zu dem Gummi gehörenden Substanzen kommen darin überein, dass sie von Jodintinctur nicht unmittelbar, sondern erst mit Hülfe der Schwefelsäure braun gefärbt werden. Es sind sehr viele Gebilde, in welchen das Gummi vorkommt, namentlich sind die Gummisubstanzen sehr verschieden, je nach ihrem Zusammenhang und ihrer Auflöslichkeit in Wasser. Im Alkohol, Aether und Oelen ist das Gummi durchaus unlöslich. Diejenigen zum Gummi gehörenden Substanzen, welche nicht im Wasser auflöslich sind, scheinen diese Eigenschaft nur vermöge eines organischen (auf Texturfestigkeit beruhenden) Zusammenhanges zu besitzen, was aus den spätern Untersuchungen hervorgehen wird.

Guérin-Varry nennt das auflösliche Gummi Arabin, das

unlösliche Bassorin. Beide und ihre Gemenge werden mit unter der Collectivbenennung „Pflanzenschleim“ begriffen, wozu aber auch noch Gelinformen gehören.

§. 402.

Man hat bisher nur diejenigen Stoffe als Gummi betrachtet, welche freiwillig aus der Rinde mancher Stämme oder auch der Früchte als zähe Masse hervorbrechen, dann eintrocknen. Man unterscheidet von diesen:

1) Arabisches Gummi, welches in Arabien und den Nilgegenden von verschiedenen Acaciaarten, wie *Acacia tortilis*, *A. vera*, *A. Seyal*, *A. nilotica* u. m. a. gesammelt wird. Es besteht fast aus reinem Arabin, in welchem das Mikroskop nur sehr vereinzelte, gegliederte und theilweise verzweigte Fäden eines kleinen Pilzes zeigt, dessen Zelleninhalt aus einem proteinartigen Stoffe besteht.

2) Senegal-Gummi. Es wird in den Gegenden nördlich vom Senegal gesammelt, von verschiedenen Acacien (*A. Senegal*, *A. Adansonii*), welche hier Wälder bilden. Es besteht theils aus Arabin, theils aus Bassorin, welches als eine durchsichtige klare Gallert zurückbleibt, wenn das Arabin mit kaltem Wasser ausgezogen wird. Auch in ihm, wie in allen folgenden Sorten, finden sich die oben genannten Pilzfäden.

3) Gedda-Gummi und barbarisches Gummi. Beide Sorten sind wenig bekannt, ähneln dem Senegal-Gummi, enthalten aber mehr Bassorin und sollen von *Acacia gummiifera* abstammen.

4) Bassora- und Kutira-Gummi. Diese sollen nach Wiggers ganz mit einander übereinstimmen und auch von einer *Acacia* abstammen. Legt man sie in Wasser, so quellen sie zu einer durchsichtigen Gallert auf, welche unter dem Mikroskop keine Structur zeigt.

5) Traganth-Gummi. Es bricht absatzweise aus Spalten verschiedener *Astragalus*arten hervor und bildet schuppig muschelförmige Stücken. Man kann zwei Arten unterscheiden:

a) *Tragacantha minor*, *lutescens*, *vermicularis*. (Taf. 5. Fig. 4.)

b) *Tragacantha major*, *albissima*, *lata*. (Taf. 5. Fig. 4.)

Beide sind auch in der Structur von einander verschieden. Der Traganth ist ein selbständiger Organismus, ein Pilz, der aus den Pflanzen hervorbricht, wie die *Nemasporea crocea* aus der Rinde der Buchenstämme. Wie diese Bildungen im Innern

der Pflanzen, aus denen sie hervorbrechen, entstehen, darüber wird die Entstehung des Kirsch- und Pflaumengummi Aufschluss geben, die ich nachher mittheilen werde. Macht man bei der trockenen *Tragacantha major* (bei welcher die Structur am deutlichsten zu sehen ist) mit dem Messer einen feinen Schnitt und legt denselben auf den Objectträger in Wasser, so schwillt er auf, wie ein Schnitt von einer getrockneten gallertartigen Alge (z. B. Carraghen) und man sieht deutlich grosse neben einander liegende runde Zellen, welche wie im Merenchym ziemlich lose vereinigt sind. Innerlich enthalten sie Amylonkörner, welche durch Jodtinctur sich blau färben; das Uebrige bleibt ungefärbt; aber man sieht bisweilen noch zwischen den Zellen einzelne feine Fasern und kleine steife Spiralfasern liegen, welche jedenfalls von der Mutterpflanze herrühren. Die zellige Structur wird überhaupt durch Jodtinctur deutlicher sichtbar. Ein Tropfen concentrirte Schwefelsäure macht die Zellenwände noch dicker, als sie sind, und wo sie hinreichend auf dieselben einwirkt, färben sie sich gelb oder orange. Durch wiederholtes Auswaschen mit Wasser und Behandeln mit Schwefelsäure verlieren diese dicken Bassorinzellen die Eigenschaft, durch Jodtinctur gefärbt zu werden, eine Erscheinung, die auch die gallertartige Substanz des Bassoragummi zeigt und bei den Bassorinzellen aller Pflanzen vorkommt, die ich bisher untersucht habe. Aber die dicken Traganthzellen zeigen noch eine innere Auskleidung von einer sehr zarten Zelle, welche aus Gelinsubstanz besteht und daher erst zum Vorschein kommt, wenn die Schwefelsäure einwirkt. Demnach besteht der Traganth aus drei Substanzen: 1) Bassorin, die äussere dicke Zellenwand in mehreren Schichten bildend; 2) Gelin, die innere zarte Zelle bildend, welche 3) die Amylonkörner einschliesst. Bei *Tragacantha minor* sind die Amylonkörner um vieles kleiner, auch die Bassorinzellen sind kleiner und weniger deutlich sichtbar.

6) Das Pflaumen- oder Kirsch-Gummi (Taf. 3. Fig. 1.) schwitzt aus den Stämmen, Aesten und Früchten der Drupaceen aus. Man findet es an den Kirsch-, Pflaumen-, Mandel- und Aprikosenbäumen. Ob es nach der verschiedenen Pflanzenart, welche es liefert, auch verschieden ist, muss erst noch eine genaue Untersuchung lehren. Ich habe seine Entstehung und Weiterbildung an den Früchten von *Prunus domestica* genau beobachtet. Das Pflaumengummi kommt nicht in Bändern oder wurmförmig verschlungenen Fäden vor, wie der Traganth, sondern es dringt langsam aus den betreffenden Pflanzentheilen

heraus und bildet dann zähe, dickflüssige, mehr oder weniger klare helle Tropfen, die an der Luft austrocknen und hart werden. Ihre bräunliche Farbe rührt von einer Beimischung einer ulmin- oder huminartigen Substanz her. Kaltes Wasser löst einen Theil einer dem Arabin ähnlichen Substanz auf, der Rückstand besteht aus Bassorin; weil er aber durch anhaltendes Kochen mit Wasser sich leichter in Arabin verwandeln lässt, als eine andere Bassorinsubstanz, so hatte *Guérin-Varry* ihm den Namen Cerasin gegeben. Im gewöhnlichen Cerasin bemerkt man nur eine sehr undeutliche organische Structur, oder auch gar keine. Aber untersucht man die Stelle, womit das Gummi an der Mutterpflanze gesessen, so bemerkt man sehr feine Moleküle, welche eine reihenweise Anordnung zeigen und wie durch eine Art Strömung sich gebildet zu haben scheinen. Bei den Pflaumen kann man nun leicht den Zusammenhang der ausgeflossenen Substanz mit der innern Beschaffenheit des Gewebes verfolgen. Das Zellengewebe, wo der Ausfluss stattgefunden, ist theils zerstört, theils in der Zersetzung begriffen und braun gefärbt. Das Mikroskop zeigt, dass die gesunden Zellen des saftigen Parenchyms noch aus reinem Gelin bestehen, die braungefärbten aber sind schon grösstentheils in eine Substanz umgewandelt, welche sich wie Bassorin gegen Jodin und Schwefelsäure verhält. Wo die Umbildung in Bassorin stattgefunden hat, da beginnt an den äussersten Stellen, welche der Luft am nächsten liegen, auch die Zellenwand sich aufzulösen und zu zerfliessen (Fig. a. b.). Dieser Auflösung geht jedesmal erst eine bedeutende Verdickung und Auflockerung der Zellenwand voraus und eine recht genaue und scharfe Beobachtung unterstützt von Jodin und Schwefelsäure lässt zunächst in der Wand eine Streckung eines Systems verflochtener sehr zarter Schleimfasern erkennen, welche sich immer mehr entflechten und auflockern, wie das Ende eines Haargeflechts. In weiterer Entfernung laufen dann auch die Schleimfasern parallel neben einander her (b.) und an andern Stellen lösen sich dann die Fasern in punktförmige Moleküle auf (c.), die gewöhnlich noch in der Richtung der Fasern liegen. Weiter bemerkt man nun, dass diese Moleküle sich vergrössern, und allmählig zu Zellen werden, welche zuletzt, als Mutterzellen, wieder kleinere Tochterzellen ersten und zweiten, auch wol dritten Grades einschliessen (d.), übrigens aber durchaus nur aus Bassorin bestehen und keinen Protein- oder andere Körper einschliessen. Die ganze Masse ist klar und farblos. Je weiter aber nach aussen, desto mehr verwischen und zerfliessen diese Bildungen.

So beweist diese Untersuchung ganz genau die Entstehung der Gummisubstanzen aus der Gelinsubstanz. Es steht indessen diese Erscheinung nicht isolirt da und ich werde in der Folge zeigen, dass viele Pilzbildungen mit der Umbildung der Gelinsubstanz in Bassorin beginnen. Zunächst aber ist es nöthig, die weitem chemischen Eigenschaften des Gummi in Betracht zu ziehen.

§. 403.

Das aufgelöste Gummi (Arabin) besitzt die Eigenschaft, die Polarisationsebene des polarisirten Lichtes nach links zu drehen, in hohem Grade. Wird aber die Auflösung mit Schwefelsäure versetzt und nach und nach erwärmt, so vermindert sich diese Drehung und wendet sich zuletzt nach rechts. Das Gummi ist dadurch in Dextrin verwandelt, welches durch weitere Behandlung mit Schwefelsäure in gährungsfähigen Zucker übergeht. Aber dieses Gummi-Dextrin weicht von dem Amylondextrin dadurch ab, dass es mit Salpetersäure Schleimsäure liefert und von Jodintinctur selbst mittelst Schwefelsäure gar nicht mehr gefärbt wird. (Vergl. Traganthgummi.) Eine Gummilösung verändert sich durch Stehen an der Luft dadurch, dass sich feine Pilzfasern in Form gallertartiger Massen bilden, die zuletzt in Schimmelfäden auswachsen, während die übrige Flüssigkeit sauer wird. Es erzeugt sich anfangs Essigsäure, zuletzt Milchsäure. Diese Veränderung mag wol durch die Anwesenheit der Proteinfasern, welche sich in Folge der Auflösung der höhern Pflanzenzellen mit dem Gummi vermischt haben, angeregt und weiter geführt werden. Die Entstehung des Gummi macht es erklärlich, warum seine Zusammensetzung nicht von der des Gelins und Amyls verschieden ist. Mit Basen verbindet sich das Gummi zu unkrystallinischen Verbindungen, welche zum Theil in Wasser löslich sind. Das Gummi, wie überhaupt alle aufgelösten Substanzen der Cellulosegruppe und des Pectins besitzen die Eigenthümlichkeit selbst krystallisirbare Körper, welche sich mit ihnen zugleich in Auflösung befinden, an dem Herauskristallisiren zu hindern. Dadurch werden oft mineralische oder überhaupt unorganische Bildungen von diesen Substanzen eingeschlossen und diese folgen dann der Anordnung, welche durch die organischen Bewegungen bedingt wird. So tragen Verbindungen der Basen mit den Substanzen der Cellulosereihe dazu bei, dass manche organische Formen eine besondere Härte bekommen, gleichsam verknöchern, wie die steinigen Hüllen der Nüsse und Steinfrüchte.

§. 404.

Bildung des Bassorin aus dem Gelin in allen ältern Hölzern. Wenn das Holz bei den perennirenden Pflanzentheilen über ein Jahr alt ist, so verlieren die Holzzellen und Spiralfasern, welche in der Jugend immer und durchaus aus Gelinsubstanz bestehen, ihre Eigenschaft durch und durch, von Jodin mit Hilfe der Schwefelsäure blau gefärbt zu werden. Vielmehr zeigt sich, dass die Zellen — die eine Art früher, die andere später — von der Aussenseite her in der Substanz derartig verändert werden, dass die äussern Schichten der einzelnen Zellen zuerst (gleichsam durch eine Art Gährungsprocess) in Bassorinsubstanz sich umändern. Behandelt man einen Querschnitt von einer solchen Holzpartie mit Jodintinctur und Schwefelsäure, so erscheinen die Holzzellen alle mit einer oder mehreren innern Schichten, welche blau gefärbt, und einer oder mehreren äussern Schichten, welche orange oder braun gefärbt sind. Dass diese äussern Schichten wirklich Bassorin sind, beweist der Umstand, dass sie durch weitere Behandlung mit Schwefelsäure in Gummidextrin übergehen, wodurch sie die Fähigkeit verlieren, durch Jodin ferner gefärbt zu werden. Man kann dies bei allen Hölzern, besonders schön aber auch in dem hornartigen Zellengewebe der „Kaffeebohnen“ beobachten. In den Holzzellen geht bei normalem Vegetationsacte diese Veränderung nur sehr langsam von statten, ohne dass dabei eine Erweichung oder Auflockerung der Zellwände stattfindet, vielmehr werden diese bisweilen noch härter, fester. Auf diese Weise bildet sich zuletzt die ganze Gelinzelle in eine holzige Bassorinzelle um. Wo die beiden Substanzen noch in ziemlich gleicher Menge vorhanden sind, erscheinen die Zellwände auf dem Längenschnitte Grün. Solcher Fälle hat *Mulder* („Versuch einer allgem. physiol. Chemie“. Braunschweig. Tab. III. Fig. 23. 27. b. 28.) mehrere abgebildet.

§. 405.

Bildung des Bassorins bei der Weissfäule des Holzes. Bei der Weissfäule treten dieselben Erscheinungen in der Zellensubstanz ein, wie im normalen Zustande, aber da diese Veränderung eine Folge grösserer Feuchtigkeit ist, welche gleichsam in den fertigen Zellen, oder eigentlich in den Intercellularräumen des Gewebes stagnirt, so finden die Veränderungen nicht nur schneller Statt, sondern greifen auch in so fern noch weiter, als die äussern Zellenschichten, wenn sie in Bassorin übergegangen sind, sich auflockern und allmählig auflösen, wodurch der feste

Zusammenhang der Zellen und Gefässe aufgehoben und das Holz in eine weiche schwammige weisse Masse verwandelt wird. Die Zellen lassen sich in diesem Falle oft ebenso schön untersuchen und trennen, als wenn das Holz mit Salpetersäure gekocht wird, wodurch übrigens immer zuletzt eine Umänderung in Gummidextrin erfolgt. Diese Umänderung ist von *Sacc* für künstliche Pectinsäure ausgegeben worden (§. 386).

§. 406.

Bildung des Bassorins bei der Fäulniss und Gährung saftiger und anderer Pflanzentheile. Wenn Aepfel, Birnen, Pflaumen, Rettige, Mohrrüben und ähnliche Pflanzentheile in Fäulniss übergehen, so ist diese immer mehr oder weniger mit der Umänderung der Gelinzellen in Bassorinzellen verbunden, wie bei der Weissfäule des Holzes. Die gewöhnliche Folge ist auch hier, dass die äussersten Zellschichten sich auflösen, wodurch die Zellen den Zusammenhang verlieren und dann lose neben einander liegen. Die Bewegung beginnt an einem oder mehreren Punkten, gewöhnlich an verletzten Stellen, wo die Luft Zutritt hat, und verbreitet sich nach allen Seiten hin, je nach der Structur, mehr oder weniger gleichmässig. Sie pflanzt sich fort, wenn man gesunde Theile mit faulenden in Berührung bringt, und wird namentlich durch Wärme und Feuchtigkeit sehr beschleunigt. Ich habe die Fäulniss von Rüben, Rettigen und andern saftigen Wurzeln im Wasser beobachtet. Eine Partie derselben wurde zur Nahrung der Fische in einen Teich geworfen. Bei warmen Tagen entwickelten sich viele Luftblasen an der Aussenseite der schwimmenden Wurzeln. Diese Luftblasen bildeten sich auch, wenn kleinere Stückchen der schon in Zersetzung begriffenen Rüben in ein Glas mit Wasser hingestellt wurden. Es trat in dem ganzen Wasser eine Bewegung ein, wie bei der Schleimgährung und die aufsteigenden Luftblasen enthielten Kohlensäure. Oben auf bildete sich theils eine Schleimhaut, theils eine schaumige Schleimmasse. Der Schleim zeigte durch Salpetersäure und Ammoniak die Gegenwart einer stickstoffhaltigen Materie an. Die Rüben im Teiche waren äusserlich ganz mit diesem Schleim überzogen und aus diesem, der anfangs sehr feinkörnig erschien, bildeten sich später sogenannte Wasserpilze (*Mycothamnion macrospermum* Kg. „Phyc. germ.“, p. 126), deren feine dünne Zellenwände durchaus aus reiner Bassorinsubstanz bestehen. Die innere weiche Zellenmasse der Rüben ist zuletzt ebenfalls grossentheils in Bassorin umgeändert.

Diejenige Kartoffelkrankheit, welche als Zellenfäule bezeichnet wird, zeigt ganz dieselbe Erscheinung. Auch hier sind die kranken Zellen in Bassorinsubstanz umgewandelt. Damit stimmen auch zum Theil die Beobachtungen *Mitscherlich's* („Bericht d. Berl. Acad.“, März, 1850) überein. Er sagt: „Von ganz besonderm Interesse und charakteristisch für die Cellulose (unsere Gelinsubstanz) ist ihre Verwandlung durch ein eigenes Ferment. Man verschafft sich dieses Gährungsmittel, wenn man zerschnittene, halbverfaule Kartoffeln und zugleich Stücke von frischen in Wasser legt und so lange an einem nicht zu kalten Orte stehen lässt, bis die Zellen der frischen anfangen sich leicht abzulösen; es bildet sich gleichfalls, nur langsamer, wenn man zerschnittene frische Kartoffeln mit Wasser übergossen hinstellt. Die Flüssigkeit filtrirt man und setzt zu derselben frische, in Scheiben geschnittene Kartoffeln hinzu; sind diese zerlegt, so kann man einen Theil der Flüssigkeit mit Wasser versetzen und neue Kartoffelscheiben zusetzen, die schnell zersetzt werden und auf diese Weise die wirksame Flüssigkeit vermehren; ganz also wie bei der Gährung eines Malzauszuges das Ferment, der Gährungspilz (der übrigens, beiläufig gesagt, auch aus einer Bassorinzelle besteht), sich vermehrt, vermehrt sich auch dieses Ferment. Es wirkt nur auf die Cellulose (Gelin), welche ohne weitere Beimengung die Wände der mit Stärke gefüllten Kartoffelzellen bildet; zuerst trennen sich dadurch die Zellen von einander, so dass es kein bequemerer und vollständigeres Mittel gibt, die Zellen mit ihrem Inhalt getrennt von einander zu erhalten und beobachten zu können; nachher werden auch die Zellenwände gelöst und die Stärkekügelchen fallen heraus; in 24 Stunden wird auf diese Weise eine Kartoffelscheibe bis auf zwei Linien tief so erweicht, dass man diesen Theil mit einem Pinsel wegnehmen kann; unter der erweichten Schicht liegt die harte Kartoffelmasse; so dass successive von Aussen nach Innen dieser Process vor sich geht; nicht so, dass die ganze Kartoffel sogleich bis ins Innerste von dem Ferment durchdrungen wird. In der wirksamen Flüssigkeit ist keine Spur eines Pilzes zu entdecken, dagegen ist sie ganz mit Vibrionen angefüllt, die auch hier das Wirksame sein mögen. Der Verfasser hofft, dass es ihm gelingen werde, noch aufzufinden, in welche Substanz die Cellulose umgeändert wird, bisher hat er sie noch nicht darstellen können. Ganz derselbe Process, den man so willkürlich hervorrufen kann, findet bei der Kartoffelkrankheit Statt, die in den letzten Jahren so viel Schaden verursacht hat; auch bei dieser wird die Cellulose und nicht die

Stärke zersetzt, und eine Flüssigkeit, die der Verfasser eine Zeitlang mit einer solchen kranken Kartoffel hatte stehen lassen, bewirkt sogleich die Zersetzung einer gesunden.“ So weit *Mitscherlich*. Ich habe die hier angegebenen Versuche mit den Kartoffeln wiederholt und kann die Thatsachen grösstentheils bestätigen. Ich habe den Versuch jetzt im Winter bei Ofenwärme, die zwischen $+ 8 - 30^{\circ}$ wechselte, gemacht. Statt der Vibrionen liegt in dem Glase auf der Wasseroberfläche eine Schleimhaut, welche stickstoffhaltig ist und an die kleberhaltige Haut erinnert, welche sich in den Gefässen bei der Stärkefabrikation bildet. Luftentwicklung findet ziemlich lebhaft Statt, aber die Umbildung des Gelins in Bassorin geht nur sehr langsam von Statten, obschon ein Stück einer kranken Kartoffel mit beiliegt. Ich finde übrigens die Annahme eines besondern Ferments bei diesen Umbildungen nicht nöthig, sondern da dieselbe nur in einer Veränderung der Bewegung beruht, die durch, einmal in der Bassorinbewegung begriffene, Moleküle sich auf alle mit ihnen in Berührung kommende übertragen lässt, so könnte man sich unter dem „Ferment“ nur eine Bassorinsubstanz vorstellen, deren Moleküle nur in einer lebhaftern Bewegung, als gewöhnlich, wären. Dass bei diesen Veränderungen die Molekularbewegungen wirklich eine verschiedene Richtung haben müssen, beweisen die Einwirkungen, welche die Substanzen der Cellulosereihe auf den polarisirten Lichtstrahl ausüben.

Es ist übrigens Nichts leichter, als die Ueberführung der Gelinsubstanz in Bassorin durch die Gährung oder Fäulniss zu beobachten. Jede geistige Gährung bietet sie dar, denn die Hefezellen bestehen ganz aus Bassorin, das bei der Behandlung mit Schwefelsäure leicht die Eigenschaften des Gummidextrins annimmt. Jedes Stückchen Brod, das man angefeuchtet an einem passenden Orte — etwa in einer mit einer Glasplatte bedeckten Tasse — schimmeln lässt, bietet ganz ähnliche Erscheinungen dar.

Bildung des Bassorins in dem ausgeflossenen Saft der Ulmenstämme. Wenn die Ulmen im Frühjahr zu stark beschnitten oder ihre Stämme einige Fuss über der Erde abgesägt werden, so fliesst aus diesen frischen Wunden ein heller Saft, der sich theils auf der Schnittfläche sammelt, theils aber auch herabfliesst und antrocknet. Die angetrocknete Masse hat gewöhnlich eine kreideweisse Farbe und blättert sich mitunter ab. Wo jedoch die Ansammlung des austretenden Saftes bedeutender ist, da verdunstet zwar auch ein Theil der Flüssigkeit,

ein anderer aber wird zurückgehalten und bildet eine schleimige oder gallertartige Substanz, die entweder auch eintrocknet, oder in Pilzbildung übergeht. Eine solche Gallert liess in ihrer Masse, welche aus einer halbflüssigen und homogenen klaren Matrix bestand, viele kleine Kügelchen erkennen, welche sehr an einige *Cryptococcus*-arten erinnern. Die kleinen Kügelchen bestanden aus einer proteinartigen Substanz, aber die Matrix aus Bassorin. Der frische Schleim, den man durch Auskochen des innern Theils der Ulmenrinde erhält, verhält sich eingetrocknet wie Gelinschleim. *Braconnot* gibt in einem ähnlichen Falle ebenfalls Bassorin als Bestandtheil an. („*Annal. de Chim. et de Phys.*“, III. Juill. 1846.)

§. 407.

Normales ursprüngliches Vorkommen des Bassorins. Ich habe es bis jetzt in allen Flechtenarten und allen Pilzen gefunden, die ich darauf untersucht habe. Bei den Algen ist es verschiedenartig vertheilt. So besteht z. B. die Matrix bei *Ulvina sambuci*, die sich im destillirten Fliederwasser bildet und hier das Schleimigwerden desselben veranlasst, ganz daraus. Hier muss wol die Entstehung des Bassorins aus dem ätherischen Oele stattfinden. Ferner habe ich das Bassorin in der Matrix der *Palmella cruenta* und *botryoides* gefunden; ebenso bei *Tetraspora* und *Hydrurus*. Bei *Chaetophora* bildet das Bassorin sehr dicke Schleimscheiden um die gegliederten Fäden, deren Zellenwände aus Gelinsubstanz gebildet sind. Bei *Chara* bestehen der Stamm, Aeste, Bracteen und alle grössern Zellen aus Gelinsubstanz, welche nur im Alter, namentlich bei untern Theilen, die im Schlamm versenkt gewesen sind, in Bassorin übergeht; die Zellen der sogenannten gegliederten Pollenfäden aber bestehen aus Bassorin. Bei den *Oscillarien* bestehen die zarten Zellenwände so wie die Matrix, in welcher die Fäden liegen und welche bei *Phormidium* zu einer zusammenhängenden Haut erhärtet, aus Bassorin; ebenso alle weichen äussern Theile, Stiele, Fäden, verbindende Schleimmassen bei den kieselschaligen *Bacillarien*; bei *Caulerpa* ist die ganze dicke Zellenwand mit ihren Schichten und den nach Innen gehenden krummen und verschlungenen Fäden daraus gebildet; auch die Zellen bei *Ulothrix* und *Oedogonium* bestehen daraus. Bei *Vaucheria* bestehen die jüngern Theile aus Gelin, die ältern aus Bassorin. *C. Schmidt* („*Zur vergleich. Physiologie d. wirbellosen Thiere*“, Braunschw., 1845, p. 66) hat die Bassorinsubstanz der *Bacillarien* analysirt und in 100 Theilen

aschenfreier Substanz: $C = 46,19$. $H = 6,63$ gefunden. Er sagt dabei: „Das Resultat stimmt vollkommen mit den von *Rochleder* und *Heldt* als Mittel von sieben Bestimmungen $C = 46,08$ $H = 6,67$ für die Zellenmembran der Flechten erhaltenen überein“. Das darf uns jetzt, seitdem wir die Identität dieser Substanzen kennen, nicht mehr befremden!

§. 408.

Lignin. Das Lignin ist noch eine unsichere Substanz. Es ist noch sehr die Frage ob sie von den bisherigen verschieden, oder ob sie zum Bassorin gehört. Gegen Jodin und Schwefelsäure verhält sie sich ziemlich ebenso wie das letztere, auch bestehen die spätern Ligninzellen in der Jugend aus Gelinsubstanz. Was mich bewog, diese Substanz hier besonders anzuführen, ist das Resultat der Analyse, welche bei den ältern Hölzern und namentlich bei dem sehr harten steinigen Zellgewebe der Nusschalen und anderer immer einen grössern Kohlenstoffgehalt nachweist, als bei der sogenannten Cellulose. *Gay-Lussac* und *Thénard*, so wie *Prout* haben aus ihren Resultaten die Formel $= C_{12} H_{16} O_8$ gefunden, welche dasselbe ist, als Amyl, Gelin, Gummi minus 2 Aeq. Wasser. *Mulder* und andere Chemiker wollen nun zwar aus spätern Untersuchungen schliessen, dass dieser Vorstellung ein Irrthum zu Grunde liege; aber diese Chemiker sind selbst hierbei im Irrthum, weil sie immerfort von einem besondern „incrustirenden Stoffe“ bei den Zellen sprechen, der gar nicht vorhanden ist, wie ich später im dritten Buche zeigen werde. Wir können also von dem Ergebniss der Analyse gar keinen „incrustirenden Stoff“ in Abzug bringen, sondern wir haben die reine Thatsache zu betrachten. Da ergibt sich aber, dass die Untersuchungen, welche *Baumhauer* und *Fromberg* über die harten Hölzer und Nusschalen angestellt haben, das Ergebniss der frühern Untersuchungen von *Gay-Lussac* und *Thénard* nur bestätigen; denn die Formel $= C_{64} H_{88} O_{39}$, welche jene Chemiker annehmen, ist der von uns angenommenen sehr nahe. Dass durch Behandlung dieser harten Zellenformen mit Natron ein anderes Resultat gewonnen wird, welches einen grössern Wassergehalt im Holzkörper angibt, kann nur die Annahme rechtfertigen, dass durch solche Einwirkung eine grössere Auflockerung statthat, welche die Substanz in einen höhern Hydratzustand versetzt, als sie ursprünglich besitzt. Dasselbe geschieht auch gewiss bei Einwirkung der Schwefelsäure, und darum die

Rückführung des Lignins in Bassorin, welche sich in der Reaction mit Jodinctur kundgibt.

§. 409.

a) **Gelacin.** Ich habe im Jahr 1843 in meiner „Phycologia generalis“, p. 37, das Gelacin zuerst als eine besondere Substanz aufgeführt. Ich hielt sie früher für eine Modification des Gelins. Aber sie zeigt durch Jodin und Schwefelsäure weder die Reaction des Gelins noch des Bassorins, sondern verhält sich gegen diese eher wie Gummidextrin. Aber eigenthümlich ist sein Verhalten gegen starke Säuren. Wenn man eine Gelacinzelle mit Wasser anfeuchtet, dann mit etwas concentrirter Salz- oder Schwefelsäure betupft, so schwillt die Substanz an und nimmt nach und nach eine immer intensiver werdende schöngrüne Farbe an. Ammoniak und andere Alkalien machen dieselbe wieder schwinden. Es kommt diese Substanz nur in einer Abtheilung der niedern Algenformen vor, besonders bei den Gattungen *Euactis*, *Dasyactis*, *Ainactis*, *Geocyclus*, *Schizosiphon*, *Calothrix*, *Lyngbya*, *Sirosiphon*, *Arthrosiphon*, *Symphyosiphon*, *Scytonema*, u. m. a. Sie bildet hier die am Lichte sich bräunende Scheide und je brauner dieselbe erscheint, desto intensiver wird die grüne Farbe durch jene Säuren. Eine Analyse dieser Substanz ist noch nicht vorhanden.

b) **Eugelacin.** Eine Anzahl *Gloeocapsa*-arten, besonders No. 20—37, welche in meinen „Species Algarum“, p. 219—222 aufgeführt sind, bestehen aus Zellen, deren Substanz durch Säuren schön roth und durch Alkalien blau gefärbt wird. Je nachdem diese Arten in der Natur in ihrem Zelleninhalte einen neutralen, sauren oder alkalischen Stoff enthalten, erscheinen sie farblos, roth, oder mehr oder weniger blau, oder violet. Ich habe nach diesen Farben, ehe ich den Grund davon erkannt hatte, mehrere Arten davon unterschieden, z. B. *Gl. coracina*, *atrata*, *livida* mit blauen, *Gl. violacea*, *ianthina* mit violeten, *Gloeocapsa Magma*, *rupicola*, *opaca*, *sanguinolenta*, *sanguinea*, *rosea*, *Shuttleworthiana* u. s. w. mit rothen Zellenhäuten. Ausserdem kommen mehrere Arten noch vor, wo die Farbe wechselt, z. B. *Gloeocapsa versicolor* und *Gl. ambigua*. Bei allen Arten kommen einzelne Zellen mit farbloser Haut vor. Alle Zellen werden ohne Ausnahme durch Säuren roth, die blassrothen dunkler. Wird zu diesen roth gefärbten Zellen etwas Ammoniakflüssigkeit gebracht, so werden sie erst farblos und hierauf bei Ueberschuss des Ammoniaks blau. Alle diese Erscheinungen erinnern sehr an das Lackmus. Wie

weit das Eugelacin mit demselben oder mit andern Bestandtheilen der Flechten übereinstimmt, müssen erst noch ausführliche chemische Untersuchungen zeigen.

§. 440.

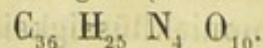
49. Viscin. Diese Substanz ist in den Beeren der Mistel enthalten; sie ist wasserhell, sehr klebrig und zäh und soll nach *Schleiden* („Grundzüge d. w. Botanik“, I, 3. Aufl., p. 200) durch Auflösung vorhandener Zellen sich bilden. *Schleiden* gibt dieselbe auch noch an im Fruchtboden von *Atractylis gummifera*, im Milchsafte der grünen Zweige von *Ficus elastica*, und meint, man müsse auch den eigenthümlichen Stoff, der in der Proscolla bei den Orchideen und als fadenartiges Gewebe zwischen dem Pollen derselben Pflanzen vorkomme, so wie die Flüssigkeit, welche die Drüsen am Stigma der Asclepiadeen ausschwitzen, endlich das Product der Drüsen unter den Antheren einiger Apocynen, z. B. *Nerium Oleander*, hierher rechnen. Ich habe darüber bis jetzt keine eignen Untersuchungen gemacht und kann daher nicht behaupten, ob diese letzten Erscheinungen mit der in den Mistelbeeren vorkommenden identisch sind. Ein junger Trieb von *Viscum album*, den ich vor mir liegen habe, zeigt in seinen Zellen Gelinsubstanz, die aber sehr nach Bassorin hinneigt. Dass jedoch das Viscin zu den bassorinartigen Substanzen gehört, erscheint desshalb nicht wahrscheinlich, weil es nach einer Untersuchung von *Macaire-Princep* aus 75,6 C. 9,2 H. 15,2 O (in 100 Theilen) besteht. Es ist daher noch kohlenstoffreicher als das Humin. *Schleiden* hat es mit Kautschuk zusammengebracht.

b). Stickstoffhaltige Organstoffe.

§. 441.

Sie bestehen aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff und Sauerstoff mit einer mehr oder weniger bestimmten Menge von Schwefel und Phosphor. Man hat die hierher gehörigen Substanzen

50. Proteinkörper genannt, weil ihnen allen ein Stoff zu Grunde liegt, das Protein. Die Formel des Proteins ist nach *Mulder's* neuesten Bestimmungen („Scheik. Onderz.“, IV, p. 195 fg.)



Verbindet sich dieses noch mit 1—3 Aeq. O., so entsteht Oxydprotein. Der Schwefel sowol, als der Phosphor, ist nicht

als solcher in den Proteinkörpern enthalten, sondern als Sulphamid ($= \text{NH}_2 + \text{S}$) oder Phosphamid ($= \text{NH}_2 + \text{P}$). Je nachdem nun das Verhältniss des Proteins oder Oxydproteins zum Phosphamid oder Sulphamid ist, entstehen die verschiedenen Proteinkörper, welche ebenso wichtig für das Thier- als Pflanzenreich sind. In den Pflanzen unterscheidet man folgende Arten von Proteinkörpern:

- 1) Pflanzeneiweiss.
- 2) Pflanzenleim.
- 3) Legumin.

§. 412.

Pflanzeneiweiss oder Albumin und **Pflanzenleim**. Der Schwefelgehalt variiert zwischen 4—8 Procent. Durch diesen verschiedenen Schwefelgehalt unterscheidet sich das Pflanzeneiweiss von dem der Thiere. Es gibt lösliches und unlösliches Pflanzeneiweiss. Beide sind weit verbreitet, aber immer mehr oder weniger vereinigt mit Pflanzenleim. Die meisten Pflanzensäfte scheiden das aufgelöste Albumin in geronnenen Flocken aus, wobei es aber auch noch andere Bestandtheile des Pflanzensaftes mit einhüllt. Man kann das lösliche Albumin aus frischen Kartoffeln mittelst Wasser ausziehen, das mit etwas Schwefelsäure schwach angesäuert ist. Auch in den Erbsen, dem Roggen und Weizen ist lösliches Albumin neben unlöslichem enthalten. Der Kleber (*Beccaria's* Gluten), welcher im Rückstande erhalten wird, wenn man Weizenmehl in einem leinenen Säckchen unter kaltem Wasser ausknetet, so lange als reines Wasser davon noch milchig wird, was von Stärkekörnchen herrührt, besteht nach *Rühling* aus „Cellulose“ (Bassorin), unlöslichem Pflanzeneiweiss und Pflanzenleim. Durch anhaltendes Auskochen mit Alkohol löst sich der Pflanzenleim auf, während das Eiweiss und Bassorin zurückbleiben. Wird dieser Rückstand bei gewöhnlicher Temperatur mit sehr verdünnter Kalilösung übergossen und einige Tage stehen gelassen, so löst sich das Albumin auf und das Bassorin bleibt allein zurück. Aus der alkalischen Lösung kann das Albumin mittelst Essigsäure abgeschieden werden. Der Pflanzenleim enthält 2 Procent Sulphamid. Das Pflanzeneiweiss enthält noch in 100 Th. 0,4 Phosphamid (*Mulder*). Der Pflanzenleim ist auch Pflanzenfibrin genannt worden.

Legumin. Es ist in den Hülsenfrüchten, den Mandeln und andern öligen Samen enthalten. Man hat es in letzter Zeit mit dem Casein verwechselt, von dem es sich aber dadurch unter-

scheidet, dass aus ihm kein Oxydprotein darzustellen ist. *Norton* hat diesen Körper aus Mandelkleie, Erbsenmehl und aus Hafer dargestellt, indem er diese Substanzen mit kaltem Wasser auszog und die Lösung mit Essigsäure versetzte. Das Legumin schlägt sich dadurch nieder und gerinnt gleichsam wie das Casein der Milch. In Ammoniak löst sich der Niederschlag auf und er kann durch Essigsäure abermals und reiner gefällt werden. Das Erbsenlegumin enthält in 100 Th. 3,6 Phosphamid und 1,6 Sulphamid; das Mandellegumin 0,6 Sulphamid.

Auf diese wenigen scheinen alle proteinhaltigen Pflanzenstoffe zurückgeführt werden zu können, während man früher noch Emulsin, Zein und andere unterschied.

In dem Pflanzenorganismus spielen diese Stoffe eine sehr bedeutende Rolle. Nach *Rochleder* und *Hruschauer* sollen sie saure Eigenschaften besitzen, mit Alkalien und Erden, so wie mit phosphorsauren Salzen constante Verbindungen bilden.

Ihre Gegenwart kann mittelst des Mikroskops nur mit Hilfe der Reagentien sicher erkannt werden. Die Jodintinctur färbt alle Proteinsubstanzen orange, mit und ohne Zusatz von Schwefelsäure. Darum können leicht Verwechselungen dieser mit dem Bassorin vorkommen; aber die Proteinsubstanzen färben sich dunkler orange. Am sichersten ist ihre Erkennung mittelst der Salpetersäure. Werden die Proteinkörperchen mit letzterer erwärmt, so färben sie sich schon schwach gelb; setzt man aber jetzt Ammoniak hinzu bis zum Ueberschuss, so wird das Gelb deutlicher und schöner. Kleinere Körperchen werden schön schwefelgelb oder ducatengelb, dickere Theile dunkel orange gefärbt. Das geschieht bei Bassorinsubstanzen nicht.

Ich habe schon oben beim Amyl und andern Stoffen, welche durch den Gährungs- oder einen ähnlichen Process verändert werden, öfters zu bemerken Gelegenheit gehabt, dass diese Proteinsubstanzen hierbei eine wichtige Rolle spielen. Wir werden uns auch ferner noch von der Richtigkeit dieser Bemerkung überzeugen.

§. 443.

Zwischen den Gliedern der Cellulosereihe und Proteinreihe kommen sehr häufig Verbindungen, gleichsam Verwachsungen der Moleküle der einen mit denen der andern Reihe vor. Diese sind entweder ursprünglich oder entstehen erst später durch Bildung des Proteinstoffs in der Cellulosesubstanz.

Zu den erstern ursprünglichen Bildungen der Art gehört das

Pollenin, welches die äusserste Haut bildet über die Pollenkörner und Sporen bei vielen Kryptogamen. Zu den zweiten gehört das Suberin oder die Korksubstanz und die Cuticularsubstanz. Beide letztern bestehen in ihrem Anfange aus Gelinsubstanz, die sich bald an der Luft in Bassorin umändert und dabei zugleich Proteinstoff aufnimmt. Solche Bildungen kommen auch in eigenthümlichen Geweben in den gewöhnlichen Zellen vor, und sie zeichnen sich vor allen andern Substanzen durch eine ungemein grosse Festigkeit und Dauerhaftigkeit aus, welche ebenso den Einwirkungen der ätzenden Säuren, wie der Alkalien trotzt. Denn die Korkzellen werden erst nach einer längern Einwirkung der Schwefelsäure zerstört, und die Cuticula mancher Pflanzen so wie der Pollenkörner kann Tage lang in concentrirter Schwefelsäure liegen, ohne verändert zu werden.

Der Kork wird durch Salpetersäure in der Wärme zerstört. Zuerst schwellen die Zellen an, trennen sich dann von einander und durch längere Einwirkung bilden sich eine Reihe von Säuren, deren Endglieder Korksäure und Bernsteinsäure sind. Dasselbe geschieht mit der Cuticula von Aloë Lingua, welche viele Tage lang der Schwefelsäure widersteht. (*Mitscherlich.*)

Die Korksubstanz besteht nach *Mitscherlich* in 100 Theilen

bei Kartoffeln:

bei der Korkeiche:

62,30 C.

65,75 C.

7,15 H.

8,33 H.

27,57 O.

24,54 O.

3,03 N.

1,50 N.

Mulder hat bei Untersuchung der Cuticula folgende Resultate erhalten:

Bei *Phytolacca decandra*.

C. 52,90.

52,70.

H. 6,79.

6,80.

O + N. 40,31.

40,50.

Bei *Agave americana*.

C. 63,51.

63,28.

H. 8,82.

8,89.

O + N. 27,67.

27,83.

§. 444.

51. Humus. Die in den §§. 381—413 abgehandelten Substanzen, namentlich die in der Cellulose- und Proteinreihe erleiden durch Einwirkung der Luft und des Wassers eine solche

Veränderung ihrer Stoffverhältnisse, dass sie, oft mit Beibehaltung ihrer organischen Form, sich in einen dunkel- oder schwarzbraunen Körper verwandeln, welcher sehr reich an Kohlenstoff ist. Dieser Körper wird im Allgemeinen mit dem Namen Humus bezeichnet. Bei seiner Entstehung werden die Organstoffe in der Weise zersetzt, dass der Stickstoff derselben sich mit Wasserstoff zu Ammoniak, der Sauerstoff der Luft aber mit einem andern Antheil Wasserstoff zu Wasser vereinigt, während eine kohlenreichere Verbindung als Rückstand bleibt. Diese Zersetzungen kommen schon häufig in alten Stämmen noch lebender Bäume vor und werden durch eine mehr oder weniger dunkle Färbung der Holz- und anderer Zellgewebsmassen bezeichnet. Noch häufiger finden sie sich bei den Pflanzen, welche in Sumpfgewässern wachsen, deren untere Theile absterben, sich in Humus zersetzen, während die obern fortwachsen. Dadurch wird der Torf erzeugt, bei dessen näherer mikroskopischer Untersuchung noch die ganze organische Structur erkannt werden kann.

Den dunkelsten schwarzen Humus nennt man auch Humin, den braunen Ulmin. Beide sind von Haus aus indifferent, aber sie werden in Berührung mit Basen in eine Reihe von Säuren verwandelt, die den Namen Huminsäure, Ulminsäure, Geïnsäure, Quellsäure, Quellsatzsäure, (Torfsäure, Ackersäure u. s. w.) erhalten haben.

Die harzigen, öligen und mineralischen Bestandtheile der Pflanzen sind in dieser Umbildung so wenig mit begriffen, dass man sie nach einer Reihe von Jahren darin wiederfinden und namentlich die erstern mit Alkohol und Aether zum Theil ausziehen kann.

Das Ulmin und Humin sind beide ebenso unlöslich im Wasser als in Alkalien, aber die aus ihnen gebildeten Säuren sind in Alkalien leicht und im Wasser mehr oder weniger löslich. Die Humussäure färbt die Wasser, die in Torf- und Moorboden quellen bräunlich. *Mulder* scheidet die genannten Stoffe in zwei Gruppen. Zur ersten Gruppe rechnet er die Quellsäure und Quellsatzsäure. Zur zweiten die Geïnsäure, Humus und Humussäure, Ulmin und Ulminsäure. Wo die Zersetzung der Organstoffe in diese Substanzen beendet ist, kommt niemals Stickstoff in ihrer Verbindung mit vor, weil dieser als Amidverbindung die Proteïnsubstanzen verlässt, das Amid aber durch Aufnahme von 2 Aeq. Wasserstoff Ammoniak bildet, welches mit den genannten Säuren sich vereinigt. Durch Alkalien können überhaupt die genannten Säuren aus dem Torfe und andern

humusreichen Substanzen ausgezogen und dann aus der filtrirten Lösung durch andere Säuren wieder niedergeschlagen werden.

Bei der Umwandlung der Organstoffe entsteht zuerst Ulminsäure ($= C_{40} H_{28} O_{12}$), daraus bildet sich Humussäure ($= C_{40} H_{24} O_{12}$) und zuletzt Geïnsäure ($= C_{40} H_{24} O_{14}$). In der Flüssigkeit, aus welcher diese humusartigen Stoffe niedergeschlagen worden, befinden sich noch Quellsäure ($= C_{24} H_{24} O_{16}$) und Quellsatzsäure ($= C_{48} H_{24} O_{24}$), welche durch essigsaures Kupferoxyd gefällt werden können.

§. 445.

Wir haben schon mehrmals zu bemerken Gelegenheit gehabt, dass gleichartige Zersetzung der Substanzen durch verschiedene Mittel, überhaupt die Bildung der Organ- und anderer Stoffe auf verschiedenem Wege bewerkstelligt werden kann. So auch die Bildung der Humussubstanzen, welche man künstlich erzeugen kann, durch Einwirkung der Säuren auf Zucker, Cellulose- und Proteïnsubstanzen.

Mulder gibt zur Erklärung dieser Vorgänge folgende Schemata.

I. Bildung des Ulmins aus dem Zucker und den Substanzen der Cellulosereihe (Amyl, Gelin, Inulin, Gummi u. s. w.) durch Säuren, wobei zugleich Ameisensäure entsteht:

	C.	H.	O.
$\frac{1}{2}$ von 7 Aeq. Zucker u. s. w.	42	70	35
1 Aeq. Ulmin	40	32	14
1 Aeq. Ameisensäure	2	2	3
18 Aeq. Wasser	—	56	18
	42	70	35.

Eine ähnliche Veränderung muss bei der natürlichen Zersetzung der Cellulosesubstanzen in Ulmin stattfinden, nur mit dem Unterschiede, dass keine Ameisensäure, sondern (wenigstens neben dieser) durch Aufnahme von 2 Aeq. Sauerstoff Kohlensäure und Wasser entsteht ($= C_2 H_2 O_3 + 2 O = 2 CO_2 + H_2 O$).

II. Bildung des Humins u. s. w. durch Säuren:

	C.	H.	O.
$\frac{1}{2}$ von 7 Aeq. Zucker u. s. w.	42	70	35
1 Aeq. Humin	40	24	12
1 Aeq. Ameisensäure	2	2	3
22 Aeq. Wasser	—	44	22
	42	70	57.

Bei der natürlichen Zersetzung werden 4 Aeq. Sauerstoff aufgenommen und dadurch, statt der Ameisensäure, Kohlensäure und Wasser gebildet.

III. Bildung der Geïnsäure auf natürlichem Wege durch Aufnahme von Sauerstoff:

	C.	H.	O.
$\frac{1}{2}$ von 7 Aeq. Zucker + 6 O. =	42	70	41
2 Aeq. Kohlensäure	2	—	4
23 Aeq. Wasser	—	46	23
1 Aeq. Geïnsäure	40	24	14
	42	70	41.

Bei der Pectinreihe ist der Sauerstoffgehalt so, dass eine Aufnahme desselben von aussen überflüssig erscheint, um in Kohlensäure, Wasser und Humus zu zerfallen.

IV. Die Humusbildung durch freiwillige Zersetzung des Proteïns geschieht unter Aufnahme von 4 Aeq. Sauerstoff:

	C.	H.	N.	O.
1 Aeq. Proteïn + 4 O. =	40	62	10	16
1 Aeq. Humin	40	30	—	15
1 Aeq. Wasser	—	2	—	1
5 Aeq. Ammoniak	—	30	10	—
	40	62	10	16.

Es darf jedoch hierbei nicht übersehen werden, dass die hier in Anwendung gebrachte Formel des Proteïns in neuester Zeit von *Mulder* verändert worden ist. (Vergl. §. 411.)

§. 416.

Alle Humussubstanzen besitzen das Vermögen, Ammoniak aus der Luft aufzunehmen, in einem so hohen Grade, dass man immer dasselbe in ihnen (auch wenn sie aus stickstofffreien Körpern, wie Zucker, entstanden sind) vorfindet, wenn man den Zutritt der Luft nicht verhindert. Aus dieser Ammoniakbindung geht aber in ihnen selbst diejenige Veränderung wieder vor, wodurch Quellsatzsäure und Quellsäure entstehen. Um 1 Aeq. Quellsatzsäure zu erzeugen, sind nach *Mulder* 2 Aeq. Huminsäure, 1 Aeq. Ammoniumoxyd und 76 Aeq. Sauerstoff erforderlich =

	C.	H.	N.	O.
	80	56	2	101
1 Aeq. Quellsatzsäure . .	48	24	—	24
1 Aeq. Ammoniak	—	6	2	—
32 Aeq. Kohlensäure . . .	32	—	—	64
13 Aeq. Wasser	—	26	—	13
	80	56	2	101.

Dass die Salpetersäure aus der Quellsatzsäure Quellsäure erzeugen könne, hat schon *Berzelius* beobachtet. Dass aber die Salpetersäure durch Oxydation des Ammoniaks entsteht, ist allgemein bekannt. Umgekehrt entsteht die Quellsatzsäure aus der Quellsäure durch Aufnahme von Sauerstoff und Bildung von Wasser. (*Mulder*, „Phys. Chemie“, 169 fg.) So sehen wir aus diesen Umänderungen besonders die Bildung von Ammoniak, Kohlensäure und Wasser hervorgehen, drei Körper, welche diejenigen Elemente enthalten, woraus das Heer der Stoffe erzeugt werden kann, welche die Bildung der organischen Körper bedingen. Dadurch werden die Glieder der Humusgebilde, deren Auftreten immer mit der Zerstörung des organischen Lebens verknüpft ist, wiederum das Mittel zur Entstehung neuer Organstoffe, zur Entwicklung neuer Organismen.

S u m m a.

§. 417.

Die Stoffe, welche die Substanz der Pflanzen bilden, lassen sich sämmtlich in drei Gruppen vereinigen, nämlich: Basen, Säuren und indifferente Stoffe, welche sich zwar mit Basen verbinden, aber eine so geringe Sättigungscapacität haben, dass man dadurch nicht genöthigt ist, sie als Säuren zu betrachten. Die Basen, welche zur Entwicklung der Vegetation nöthig sind, werden entweder aus mineralischen Substanzen geliefert, oder, wo Mangel an diesen ist, durch den chemischen Vegetationsact selbst, unter Aufnahme von Ammoniak, erzeugt (§. 350).

Die grösste Mannigfaltigkeit bieten die Säuren und die indifferenten Stoffe dar. Letztere sind aber stets mit den erstern so innig verknüpft, dass sie mit ihnen gleiche Entwicklungsreihen bilden, wovon diese die Anfangsglieder und jene die Endglieder einer Anzahl von Oxydationsstufen bilden. Es sind zwar diese Gliederungen und

Verkettungen in der chemischen Bewegungssphäre noch lange nicht vollständig bekannt; aber wo sie einigermaassen erschlossen sind, wie z. B. in der Salicyl-, Benzoyl- und Cinnamylgruppe, wie in der Pectin- und Cellulosereihe, da sehen wir, dass sie vorhanden sind und die verschiedenen Gruppen in einander übergreifen.

Demnach ist die Eintheilung der Stoffe nach ihrer öligen, harzigen, schleimigen, bitteren, süssen, herben und farbigen Beschaffenheit, chemisch betrachtet, eine sehr ungenügende und oberflächliche, weil sie nicht nach chemischen, sondern nach unmittelbar sinnlichen Eigenschaften begründet ist.

Ich versuche es daher einen Theil dieser Stoffe vorläufig auf folgende Weise zu ordnen:

1) Die Cellulose- und Zuckerreihe — deren Endglieder Oxalsäure, Kohlensäure. (§. 387 fg. §. 372—378.)

2) Die Pectinreihe — deren Endglied die Metapectinsäure. (§. 382.)

3) Die Reihe der Oele und Fettsäuren. (§. 357, 358.)

4) Die Salicylreihe (mit Benzoësäure, Zimmtsäure), welche einerseits ebenso nach den ätherischen Oelen und Harzen, wie nach den Farbstoffen übergreift. (§. 359, 360, 362, 380.)

5) Die Tanninreihe mit den verschiedenen Gerbsäuren, welche durch das Morin und andere Stoffe ebenfalls zu den Farbstoffen hinleitet. (§. 363.)

6) Die Proteinreihe, welche einerseits zum Chlorophyll (§. 370), Indigo (§. 365) und Xanthin (§. 364) führt, wie andererseits mit der Cellulosereihe in die Huminsubstanzen und Ammoniak (§. 415, IV.) zerfällt und durch den letztern Umstand jedenfalls die Bildung der Pflanzenalkalien (§. 350) bewirkt, was von grosser Wichtigkeit ist.

Die ganze Stoffbildung in den Pflanzen beruht daher auf einem beständigen Wechsel von Oxydation und Desoxydation, doch so, dass die Amylreihe beim organischen Process mit der Desoxydation der Kohlensäure beginnt (§. 379), zur Zucker- und Cellulosebildung fortschreitet, dann zur Bildung der Oel-, Salicyl- und Tanninreihe übergeht und hiermit ihren Kreislauf im lebenden Organismus endet.

Die Proteinreihe beginnt mit der Aufnahme des Ammoniaks (als Amid) in die Cellulosesubstanzen, was besonders bei dem Kork und der Cuticula, die als Cellulosebildungen anfangen und als proteinhaltige Körper enden, zu beobachten ist, geht dann durch Aufnahme der Elemente des Wassers in Chlorophyll oder

ähnliche Substanzen über und endet damit seinen chemischen Kreislauf in der Pflanze.

Der Quantität nach bilden, nächst dem Wasser, die Substanzen der Cellulosereihe (und nach diesen bisweilen der Zucker und die fetten Oele) die Hauptmasse; ihre Entstehung beruht in einem beständigen Desoxydationsprocess, der ebenso durch ein gewisses Maass Wärme als durch Licht auf das höchste belebt wird und darum nothwendig die Abscheidung nicht unbedeutlicher Mengen von Sauerstoff zur Folge haben muss, der auch wirklich von den Pflanzen im Lichte ausströmt wird. (Auch die Bildung des Pflanzenduftes, der ätherischen Oele, hängt hiermit zusammen.) Dann folgen die Proteïnsubstanzen, die eine Modification der Cellulosereihe durch Ammoniak sind, worauf der ganze grosse Process mit der Bildung der Harz- und Tanninsubstanzen, welche zugleich grösstentheils die Farbe geben, endet. Bei der Bildung der Harze und Farben wird kein Sauerstoff ausgeschieden, sondern verbraucht und zugleich Kohlensäure erzeugt, welche gasförmig entweicht. Dieser letzte Process hat besonders in der Nacht Statt, jener am Tage, daher von den Pflanzen im Sonnenlichte Sauerstoff, im Dunkeln aber Kohlensäure ausströmt.

§. 448.

Ich muss am Schlusse dieser Betrachtungen noch die Ansicht rechtfertigen, welche ich oben ausgesprochen, dass nämlich das Proteïn aus den Cellulosesubstanzen durch Aufnahme des Ammoniaks entstehe.

Wenn es wahr ist, dass das Proteïn bei freiwilliger Zersetzung und unter Aufnahme von Sauerstoff in Humin, Wasser und Ammoniak zerfällt, so muss es sich auch bilden können, wenn das Ammoniak sich mit einem Stoffe vereinigt, der die Bestandtheile des Humins + Wasser besitzt. Dieser Stoff entsteht immer, wenn die Cellulosesubstanzen (Gelin und Bassorin) mit Sauerstoff in Berührung treten, wodurch sie in kohlenreichere Stoffe verwandelt werden. Man sieht dies besonders an der Cuticula, wo oft nur die äussersten und ältesten Schichten auf Proteïn reagieren, während die jüngere Cuticula und die innern jüngern Schichten der ältern aus Cellulose (Gelin oder Bassorin) bestehen. Diese ältern Theile sind jedesmal kohlenreicher und desshalb auch oft bräunlich gefärbt. Die Färbung zeigt aber allemal die Gegenwart von Ulminbildung an. Dass aber nicht nur Ulmin Ammoniak aus der Luft condensirt, sondern überhaupt jeder

porose Körper, ist hinlänglich bekannt. Die Cuticula ist aber durch ihre Textur poros, wie ich bei genauen Untersuchungen gefunden habe und im folgenden Buche näher erörtern werde, und so sind hiermit alle Bedingungen gegeben, wodurch die Gegenwart des Proteïns in den Gelin- und Bassorinsubstanzen durch Urbildung in denselben möglich und erklärlich, ja sogar nothwendig wird.

Aehnliche Einwirkungen mögen auch innerhalb der Zelle auf die Cellulosekörperchen in der Zelle durch den freiwerdenden Sauerstoff und die Zuführung des Ammoniaks durch die Nahrungsflüssigkeit stattfinden und die Proteïnbildung daselbst veranlassen; der Umstand, dass die Proteïnsubstanzen in der Zelle ebenfalls von Cellulosesubstanzen getragen werden (§. 412), weist ohne Weiteres darauf hin.

Alle diese Thatsachen nöthigen mich zu der Annahme, dass das Proteïn, dessen Gegenwart in den Zellenwänden und der Cuticula u. s. w. von *Mulder* und *Harting* zuerst nachgewiesen wurde, nicht durch ein mechanisches Eindringen oder Infiltriren dahin gelangt, sondern durch Umbildung der Cellulosesubstanzen unter Aufnahme von Ammoniak daselbst erzeugt wird.

Wer hierbei etwas weiter sieht, wird finden, dass gerade von der Chemie aus dem alten Aberglauben „omne vivum ex ovo“ — ein Grundsatz, den ein älterer Physiologe, von dem höchst entwickelten Organismus ausgehend, aufstellte, der aber von einer gewissen, durch eine rein körperliche Anschauung beschränkte Empirie, welche die Stoffverhältnisse nicht zu berücksichtigen verstand, auch auf die niedrigsten Erscheinungen des organischen Lebens ausgedehnt wurde — der Hauptschlag versetzt wird.

Organische Formen des Pflanzenlebens.

Drittes Buch.

Von den Formen der Pflanzenorgane.

a) Niedere oder Grundorgane.

Erstes Capitel.

Das Molekulargewebe.

§. 449.

Unter Molekulargewebe verstehe ich die ersten, einfachsten Formen, in welchen sich die Moleküle zur organischen Ordnung vereinigt haben.

Jede Form entsteht aus der Bewegung. Die organische Bewegung geschieht stets in der Richtung der transcendenten Curven (§. 270). Die Ursache davon kann nur in dem Wesen des Mediums begründet sein, worin die Bewegung der sich zu Gestalten vereinigenden Massentheilchen stattfindet. Ein Hauptbestandtheil dieses Mediums ist das Wasser, ein homogener flüssiger Körper. Die andern Theile des Mediums sind in dem Wasser aufgelöst und dienen theils dazu das Medium selbst bilden zu helfen, theils aber auch aus demselben — mehr oder weniger mit Wasser vereinigt — sich auszuscheiden. Jede Ausscheidung beruht auf einer Differenz der Massentheilchen. Diese tritt jedesmal ein, sobald das Mischungsverhältniss sich ändert. Das Mischungsverhältniss ändert sich aber in dem gegebenen Falle 1) durch die Einwirkung der Wärme, welche schon das Cohäsionsverhältniss des Wassers in einer andern Weise modificirt, als das der in ihm aufgelösten Stoffe; 2) durch die Einwirkung des Lichts, welche vornehmlich in der Umgestal-

tung des chemischen Verhältnisses bemerklich wird; 3) durch die Einwirkung der umgebenden Körpermassen, welche immer auf verschiedene Weise anziehend oder abstossend auf verschiedene Bestandtheile einer homogenen Flüssigkeit sich äussert.

Alle diese Ursachen bewirken nicht nur Ausscheidungen, sondern auch eine beständige Veränderung der Dichtigkeit des Bewegungsmittels. In einem Bewegungsmittel von verschiedener und veränderlicher Dichtigkeit können aber auch nur veränderliche Bewegungen statthaben.

Die krummlinige Richtung der veränderlichen Bewegung in einem Mittel, woraus organische Bildungen hervorgehen, liegt in der Eigenthümlichkeit der darin aufgelösten Organstoffe (§. 382 fg.). Diese besitzen alle die Fähigkeit, in Vereinigung mit dem Wasser dasselbe zu verschleimen, d. h. seinen Flüssigkeitsgrad in einer Weise zu vermindern, dass die Bewegungen, welche darin stattfinden, durch die Zähigkeit, womit in Folge der Verschleimung die Theilchen des flüssigen Schleimes zusammenhalten, eine verhältnissmässig grössere Redartation erleiden, welche sie nach dem Grade der Dichtigkeit, bezüglich anderer nicht schleimiger Flüssigkeiten, erfahren würden. Hierin liegt sicher der Grund der Krümmung. Denn eine schleimige Flüssigkeit kann sich, im Verhältniss zu einer Salzlösung, in Folge ihrer Zähigkeit nur allmählig und langsam wieder in das Gleichgewicht versetzen, welches durch die oben angegebenen und noch andere Ursachen aufgehoben wurde.

§. 420.

Die Organstoffe bilden sich, wie jeder Stoff, auf chemischem Wege. Wo sie in hinreichender Masse auftreten, da ist die nothwendige Folge davon die Entstehung organischer Körperformen. Die Bildung derselben ist eben eine Eigenheit der genannten Stoffe, wie es auch eine Eigenheit des Kochsalzes ist, in Würfeln zu krystallisiren. Aber während die Bewegung und die davon abhängende Verdichtung oder Erstarrung und Krystallbildung des Kochsalzes in der Salzlösung plötzlich eintritt und schnell endet, so geschieht die Bewegung und folglich auch die Verdichtung und Erstarrung, so wie die weitere Gestaltung der Massentheilchen der Organstoffe in der Schleimlösung nur allmählig und langsam. Daher dort plötzliches Auftreten der unorganischen und hier allmähliges Entwickeln organischer Gestalten. Es ist eine sehr oberflächliche Redeweise, wenn Jemand sagt: „wir sind in jedem Augenblicke im Stande, Krystalle zu machen“. Es hat noch

Niemand einen Krystall gemacht. Oder, wenn man das „Machen“ nennt, wenn man eine Salzlösung sich verdunsten und aus der concentrirten Flüssigkeit die Krystalle sich bilden lässt, so kann der Gärtner auch Pflanzen und der Oekonom Kühe, Pferde, Schweine, Wiesen, der Forstmann Wälder u. s. w. machen.

§. 424.

Die organische Bewegung ist jedenfalls schon in der Flüssigkeit, welche die Organstoffe aufgelöst enthält, vorhanden. Ist das, so ist auch schon die Flüssigkeit organisirt. Aber eben weil diese organischen Formen flüssig sind, so fließen sie wieder zusammen und ihre Existenz geht mit ihrer Entstehung vorüber. Diese Formen sind daher auch der Wahrnehmung ganz entzogen, wenn sie wirklich vorhanden sind. Wird einer solchen Flüssigkeit schneller, als ihre organische Erstarrung es verlangt, das Wasser entzogen, so geht sie in eine homogene Masse über, welche weder organische noch krystallinische Structur zeigt. Dies ist der Fall mit dem schnell eingetrockneten Schleim, der noch keine feste organische Form ausgeschieden hat.

Der Uebergang aus den zerfließenden flüssigen organischen Formen in die mehr bleibenden, fester werdenden, ist so allmählig, dass man ihn gar nicht merkt. Daher die erste Entstehung des Organischen ganz unsern Blicken entrückt ist.

§. 422.

Eine Bildung ist organisch, welche aus Organstoffen entstanden ist. Wir müssen davon das trennen, was die organische Bildung einschliesst und ausschliesst. Wir nehmen nur die erstarrte organische Form als solche an, weil nur diese der Betrachtung zugänglich ist. Diese muss in ihrer einfachsten Erscheinung eine krumme Linie sein und diese muss nach Umständen wieder Räume einschliessen, welche überhaupt durch krumme Linien eingeschlossen werden können. In diesem Raume kann ebenso gut dieser oder jener Stoff enthalten sein und sich darin weiter bilden, oder nicht. Das alles ist für die einschliessende organische Form gleichgültig, sobald ihre Entstehung oder Existenz dadurch nicht gestört wird. Es leuchtet aber hierbei ein, dass nur die einfache organische Form mit Ausschluss des Eingeschlossenen eine reine, mit Einschluss aber ihres Inhaltes eine gemischte Form ist. Alles, was wir Pflanzen- und Thierformen nennen, sind gemischte organische Formen, und es ist ein Gesetz derselben, dass das Einschliessende ebenso mit dem Eingeschlos-

senen, als mit dem Ausgeschlossenen in Wechselwirkung steht. Durch diese Wechselwirkung kann das Innere heraus und das Aeussere hinein treten. Es können also Ausscheidung und Aufnahme von Stoffen stattfinden. Sind nun die aufzunehmenden Stoffe der Art, dass sie zur fernern Bildung organischer Substanzen verwandt werden können, oder zu deren Entstehung beitragen, so findet eine Vermehrung und Vergrösserung der organischen Form Statt, welche in vielen Fällen noch mit der Entwicklung zu sehr complicirten Gestalten verbunden ist, indem die neugebildeten mit den vorangegangenen verwachsen.

§. 423.

Weil die sichtbaren Elementarformen durch Erstarrung der bewegten Moleküle entstanden sind, so kann man rückschliessend aus ihnen die Form der Strömungen beurtheilen, welche bei ihrer Bildung stattgefunden haben. Man beobachtet bisweilen Ströme, bei denen man nicht genau ermitteln kann, ob man sie noch für flüssig oder für erstarrt halten soll.

So weit die ersten Anfänge des Organischen uns zugänglich sind, beginnen sie damit, dass eine flüssige schleimige Masse sich bildet. Diese hat entweder eine Substanz aus der Cellulosereihe oder einen Proteinkörper zum Inhalte, oder beide sind zu gleicher Zeit vorhanden. Man kann im Allgemeinen sagen, dass thierische Formen sich vorzugsweise aus Proteinschleim, die vegetabilischen aber aus Celluloseschleim entwickeln. Aber es kommt die „Cellulose“ auch im Mantel der Ascidien und bei andern Thieren vor, und welche Rolle die Proteinsubstanzen in der Pflanzenwelt bilden, werde ich bald zu erwähnen Gelegenheit haben.

§. 424.

Schleimkörner. Alle primären Pflanzenformen sind schleimig. In allen den Fällen, wo man die Entstehung des Schleimes nicht unmittelbar von einer Mutterpflanze mit Sicherheit herleiten kann, wie z. B. im Wasser, welches in verschlossenen oder offenen Gefässen hingestellt wird, oder an Steinen und Felsen, welche der freien Luft und Feuchtigkeit ausgesetzt sind, besteht die Haupt- und Grundmasse aus Bassorin. Es ist mir jedoch kein einziger Fall bekannt, wo von Haus aus der Bassorinschleim oder ein anderer, unabhängig von einem bestimmten mütterlichen Organismus entstandener Schleim ohne Organisation gewesen wäre; vielmehr hat sich jedesmal nach genauer Untersuchung derselbe als ein heterogener Körper gezeigt.

Die kleinsten und einfachsten Pflanzenformen, die es gibt, sind von mir unter den Algengattungen *Cryptococcus*, *Ulvina*, *Palmella* und *Protococcus* beschrieben und sämmtlich im ersten Bande meiner „*Tabulae phycologicae*“ abgebildet worden. Die Zelle ist nicht die Elementarform der Pflanze, sie ist schon eine complicirte Gestalt, welcher sehr viele einfachere Gestalten vorangehen. *Cryptococcus mollis* besteht nur aus Bassorinkügelchen, deren Durchmesser $\frac{1}{3000}$ — $\frac{1}{1000}$ ''' beträgt, an welchen sich auch mit der schärfsten Vergrößerung keine Höhlung wahrnehmen lässt. Dieses Pflänzchen hatte sich an der Aussenseite eines Töpfergeschirrs gebildet, welches in einem steinernen Brunnen troge lag und ab und zu vom Wasser umgeben war. Ein flüssiger Schleim, aus demselben Stoff bestehend, vereinigt diese Kügelchen, welche sich indessen im Wasser sehr leicht von einander trennen. Auch die Hefe ist in ihrer Jugend ein solches *Cryptococcus*kügelchen. Diese Kügelchen können als verkörperte selbständig gewordene Bassorinmoleküle angesehen werden. Es lassen sich übrigens auch im Bassoragummi durch Behandlung mit Jodtinctur und Schwefelsäure ungemein kleine Moleküle von $\frac{1}{5000}$ ''' Durchmesser (und wol noch kleiner) wahrnehmen, aber sie haben unter einander eine bedeutendere Cohärenz.

§. 425.

Als gemischte Primärformen sind die *Ulvina*arten zu betrachten. Ich habe zwei — *U. Sambuci*, welche das Schleimigwerden des Fliederwassers in den Apotheken veranlasst, und *U. aceti* — abgebildet. Allen *Ulvina*arten liegt eine schleimige Matrix zu Grunde. Bei *U. Sambuci* ist es Bassorin, bei *U. aceti* Gelin-schleim. Der Bassorinschleim der *U. Sambuci* ist durchaus homogen, die in demselben eingebetteten Kügelchen enthalten Proteinstoff; ausserdem finden sich noch kugelfunde Bassorinzellen mit Proteïnhalt dazwischen, die aber vielleicht nicht mit zu dieser Bildung gehören. (Tab. 2. Fig. 1.) Bei *Ulvina aceti* vermurthe ich, dass die ganze gelinose Matrix aus Schleimfasern bestehe, auch bei *Ulvina rubi idaei* ist das der Fall; die Schleimfasern erscheinen hier sogar noch deutlicher. Es mag davon der grössere Zusammenhang der ganzen schleimigen Körpermasse abhängen, der sich sehr bemerklich macht. Die länglichen Körperchen, welche in der fibrosen Matrix eingebettet liegen, enthalten Proteïin und zeigen sogar zarte Querstreifen. (Tab. 2. Fig. 2.)

§. 426.

Schleimfasern. Deutliche selbständige Faserformen — ohne die Spur von Zellenbildung — haben die Gattungen von *Leptothrix*, *Spirulina*, *Oscillaria*, *Symphyothrix* aufzuweisen. (*Kg.*, Tab. phycol., I. Tab. 7. 37. 38. 39. 53. 59.) Die *Leptothrix*arten sind sämtlich einfache Fasern, welche sich entweder in einem schleimigen Medium, wie z. B. *L. gloeophila*, oder durch Auflösung von Scheidenmembranen, wie *L. parasitica*, bilden, und selbständig als solche weiter wachsen. Die *Spirulina*fäden stellen gleichsam freie Spiralfasern dar. Ihre Substanz besteht, wenigstens zum Theil, aus Proteïn und ihre Oberfläche ist mit Phykokyan oder Chlorophyll gefärbt. Ein flüssiger Bassorinschleim umgibt die Spiralfäden, welche (mit Ausnahme der *Spirulina Jennerii*) keine Spur von Gliederung erkennen lassen. — Aus gleichen Fasern bestehen *Oscillaria subtilissima*, *tenerrima*, *circinata*, *gracillima*, *chlorina*. Bei den *Symphyothrix*arten sind die ähnlich gebildeten Fasern nur bündelweis verwachsen, und bei *Amphyothrix* umgeben sie die gegliederten, aus Zellen bestehenden Fäden. („Tab. phycol.“, I. Tab. 81.)

Proteïn- und andere Fasern treten übrigens häufig in und zwischen den unten zu betrachtenden Zellenbildungen auf.

§. 427.

Schleimhäute. Einfache selbständige Flächen- oder Hautformen sind mir nicht bekannt, wol aber verhärtet bei den *Phormidium*arten die schleimige Matrix zu einer oft durch und durch homogenen hautartigen Substanz. So bei *Phormidium calcareum*, *Boryanum*, *flexuosum* („Tab. phycol.“, I. 44). In manchen Fällen bestehen solche Häute aus parallelen, oder wirr durch einander liegenden Schleimfäden. Reine, aus verschmelzenden Schleimfasern bestehende Häute, welche schichtenweise auf einander liegen und nur bisweilen rundliche Körper von kohlensaurem Kalk enthalten, kommen bei der Gattung *Inoderma* vor. („Tab. phycol.“, 18.) Vergl. auch *Cuticula*, §. 504, b.

Zellenbildungen.

§. 428.

I. Wenn heterogene flüssige oder halbflüssige Schleimmassen, oder starre und flüssige Schleimkörperchen in Berührung mit einander sind, so erfolgt an der Berührungsstelle eine Verdichtung

der berührenden Wände. Diese verdichteten Wände schliessen die eine Substanz von der andern ab, und eine Schleimwand, welche einen oder irgend welche mehrere Theile gleicher oder auch anderer Substanz einschliesst, heisst eine Zelle. Die Zellenwand bildet sich ebensowol aus den Substanzen der Cellulose- als auch der Proteïnreihe. Der Zelleninhalt kann aus denselben oder auch aus andern Substanzen bestehen.

II. Eine zweite Art der Zellenbildung ist die, dass in einem schon äusserlich begrenzten Cellulose- oder Proteïnkörper sich innere Höhlen, theils durch Verflüssigung der starren Substanz, oder durch Ausscheidung anderer Substanzen, wie Luft, Oel, Harz, Pectin u. s. w., welche die Höhle ausfüllen, bilden. Man hat diese hohlen Räume, wenn sie durch Ausscheidung einer homogenen Substanz in einer körnigen, oder einer flüssigen in einer minder flüssigen entstanden sind, auch Vacuolen genannt.

§. 429.

Je nach den Bestandtheilen der Zellenwand und je nachdem dieselbe einfach oder zusammengesetzt, einschichtig oder mehrschichtig u. s. w. ist, werden die Zellen verschiedenartig benannt. Ohne zunächst Rücksicht auf den Inhalt zu nehmen, unterscheiden wir: 1) Bassorinzellen, 2) Gelacinzellen, 3) Gelinzellen, 4) Amylzellen, 5) Inulinzellen, 6) Ligninzellen, 7) Proteïnzellen, und anhangsweise 8) Kieselzellen.

§. 430.

Bassorinzellen. Die Entstehung der Bassorinzellen durch Hohlwerden beobachtet man am besten bei der Bildung der Hefe und der Zellen im Kirschgummi.

Die Hefe (Tab. 2. Fig. 5.) stellt in ihren Anfängen einfache runde und durchaus homogene Bassorinkügelchen dar, welche sich allmähig vergrössern, dann eine etwas längliche Gestalt annehmen und sehr kleine Vacuolen zeigen, welche, wie es mir scheint, mit flüssigem Proteïnschleim angefüllt sind. Neben der einen Vacuole bildet sich oft noch eine zweite, dritte. Die Vergrösserung der so gebildeten Zelle schreitet dann auch mit der Erweiterung der Vacuole fort und daher kommt es, dass die anfangs dickwandige Hefezelle bisweilen dünnwandig wird. Sie kommen in dieser Weise gewöhnlich beim Breihan vor. Die auf unserer Tafel 2. Fig. 5. dargestellten Hefezellen sind durch Urbildung (?) aus dem gährenden Weinmoste erzeugt. Ich will zu-

nächst damit sagen, dass ich die Gährung dieses Mostes nicht mit anderer Hefe angestellt habe.

Schleiden zweifelt an der Entstehung der Hefezellen auf die angegebene Weise, und sagt („Grundzüge u. s. w.“, I, 207): „Wenn man die fertigen Hefezellen mit Aether, Alkohol und Spiritus (?) oder mit Aetzkali behandelt und dann von Neuem untersucht, so findet man ganz kugelförmige zarte Zellen mit dünner, aber deutlich unterscheidbarer Wandung, einem wasserhellen Inhalt mit bald mehr bald weniger ganz feinen Körnchen, welche einzeln oder gruppenweise der innern Fläche der Zellenwand ankleben und (fast?) überall ein grösseres, rundes, flaches Körperchen (Zellenkern?)“. Ich habe diese Versuche an Weissbierhefe auf die Weise wiederholt, dass ich dieselbe mit Aetzkalilauge behandelte und dann mit Alkohol und Aether auswusch. Es kann dadurch allerdings bei einer Anzahl Hefekörperchen eine deutlich unterscheidbare Zellenwand zur Ansicht gebracht werden, auch erscheint der Inhalt nach dieser Behandlung deutlicher gekörnt; wenn man aber dieselben Hefekörperchen wieder mit Wasser behandelt, so schwindet auch die Wand wieder und die Zellen bekommen ganz das frühere Ansehen. Dieser Umstand scheint mir den Beweis zu liefern, dass jene Wand ein künstliches Erzeugniss ist, welches dadurch hervorgerufen wird, dass den äussern Theilchen der Zellensubstanz eine Quantität Wasser entzogen wird, wodurch sich der Aggregatzustand und mit ihm zugleich das lichtbrechende Verhältniss der äussern Schichten zu den innern ändert.

Es sind ferner bei der Entwicklung der Hefekörperchen Zweifel darüber entstanden, ob ihre Entstehung als organische Form eine ursprüngliche sei, oder ob sie der Zellensaft, welcher zur Gährung benutzt wird, vorgebildet enthalte. Eine sichere Entscheidung darüber ist unmöglich. Ich werde aber die Untersuchungen mittheilen, welche ich darüber angestellt habe. Schneidet man von dem saftigen Parenchym einer reifen Weinbeere einige Zellen vorsichtig ab, so bemerkt man in den grossen Zellen, deren Durchmesser wol $\frac{1}{20}$ — $\frac{1}{15}$ ''' beträgt, einen Zellenkern (Cytoblast), welcher mit kleinern grünen Chlorophyllkörnchen besetzt ist und von welchem aus sich ein sehr feines Netz von Proteinfasern in den Zellenraum nach allen Seiten hin erstreckt, die sich verzweigen und an den Stellen, wo die Zweige abgehen, meist eine kleine Anschwellung zeigen. Auch diese Proteinfasern sind an mehreren Stellen, so wie die innere Zellenwand, mit vereinzelt Chlorophyllkörnchen besetzt. (Tab. 6. Fig. 1. d.)

Ausserdem befinden sich aber im Zellensaft noch einzelne Oeltröpfchen (Fig. g.) und Schleimkügelchen, welche letztere proteinhaltig sind, immer ziemlich genau die Kugelform haben, aus sehr feiner körniger Substanz bestehen und nach Maassgabe ihrer Grösse ($\frac{1}{300}$ — $\frac{1}{85}$ ''') mit einer oder mehreren Vacuolen versehen sind (Fig. e. f.). Diese Schleimkügelchen sind farblos. Es liegt nahe, bei diesen Schleimkügelchen an die Hefekörperchen zu denken. *Karsten* („Bot. Zeitung“, 1848, Sp. 457 fg.) leitet daher auch die Entstehung der Hefezellen direct von ihnen ab, während *Schleiden* („Grundzüge u. s. w.“, I, p. 207) anderer Meinung ist. Ich selbst finde die Hefezellen von diesen Schleimkörperchen des Zellensaftes verschieden, obschon ich die Entwicklung der letztern zu Hefezellen, ausser der Mutterzelle, für wahrscheinlich halte. Wenn man Hefe in grösserer Menge auf dem Objectträger liegen hat, so bemerkt man, dass sämtliche Zellen von einer halbflüssigen Schleimmasse umgeben sind, die als körnig erscheint, besonders wenn man sie mit Jodintinctur behandelt. Diese Körnchen vergrössern sich allmähig und werden zuletzt selbst zu Hefezellen. Die Hefezelle vergrössert sich nur bis zu einem gewissen Maasse, dann hört sie selbst auf zu wachsen; aber sie erzeugt an einer Stelle der Aussenseite eine neue Zelle, deren Anfang damit beginnt, dass sich eine kleine Hervorragung bildet, die allmähig grösser wird, sich dann kugelig formt, indem sie sich an der Berührungsstelle von der Mutterzelle abschnürt, dann davon trennt, oder auch damit in Verbindung bleibt. Im letztern Falle kann man beobachten, wie sich durch diese Verbindung kettenförmige und verästelte Formen bilden. Ich habe Tab. 2. Fig. 6. solche Formen abgebildet, die ich an einem isolirten Hefekörperchen unter dem Mikroskope während seiner Entwicklung beobachtet habe. Ich bin dabei dem Verfahren gefolgt, welches *Mitscherlich* in seinem „Lehrbuche der Chemie“, I, p. 371 angibt. Man vertheilt hienach etwas frische Oberhefe in Bierwürze, verdünnt einen Tropfen davon wiederum mit Bierwürze so lange, bis man in einem Tropfen dieser Flüssigkeit nur ein oder zwei Hefekügelchen bemerkt. Einen solchen Tropfen bringt man zwischen zwei Glasplatten, die man mit verdicktem Copallack verkittet. So stellt man nun das Hefekörperchen ein, wo möglich in einem Zimmer, dessen Temperatur zwischen 18—20° gehalten wird. Die erste Zelle muss man genau ins Mikrometerkreuz einstellen, damit man nicht wegen der spätern Zellen in Irrthum kommt. An je einem Sommertage (von früh 6 bis Abends 11 Uhr) hatten sich

die Formen a. b. c. gebildet, von denen die verschiedenen Generationen mit den entsprechenden Zahlen bezeichnet sind.

Bei *Protococcus carneus* („*Tabulae phycolog.*“, Tab. 1.) kommen ganz ähnliche Verhältnisse in Bezug auf Zellenbildung vor.

Beim Kirschgummi (Tab. 3. Fig. 1. c. d.) bilden sich die Zellen ebenfalls durch Vacuolen, fast ganz wie bei der Hefe, und man kann hier sogar Mutter- und Tochtervacuolen, letztere in verschiedenen Graden unterscheiden. Wegen ihrer Entstehung verweise ich auf §. 401, 6 zurück. Diese Zellenbildung liefert einen neuen Beitrag zur Urbildung organischer Formen.

Zu den Zellenbildungen durch Vacuolen muss man auch jene Erscheinungen rechnen, welche bei den harzig-öligen und bisweilen klebrigen Haaren mancher Phanerogamen vorkommen. Als Beispiel führe ich nur die Haare von dem Blattstiel der *Salvia officinalis* auf, welche ich Tab. 1. Fig. 2. abgebildet habe. Aus der Cuticula des Haares dringt ein zäher Schleim, welcher sich in unregelmässigen und ungleichen Massen obenauf lagert; in diesen Schleimmassen scheiden sich hie und da kleine Oeltröpfchen aus, deren jedes eine Vacuole bildet.

Bei den Fasern, welche den Flechtenkörper durchziehen, entstehen die Zellen auch durch Vacuolen. Als unentwickelte Anfänge von Flechtenformen sehe ich die in meinen „*Tabulae phycologicae*“, Tab. 2 und 3. abgebildeten *Protococcus crustaceus* und *Pr. chnaumaticus* an. Die äussere Haut dieser Zellformen wächst anfangs zu kleinen und dann zu immer mehr sich verlängernden Erhabenheiten aus, welche sich selbst verzweigen und faserig durchweben. Solche Bildungen kommen bei den Leprarien sehr häufig vor und ich habe sie auch früher schon in meiner Preisschrift („*Natuurkundige Verhandelingen van de Holl. Maatschappen te Haarlem*“, Tweede Verz., I. Deel, 1841, Tab. B. Fig. 6. 7. 9. 13. 18. 19.) abgebildet. Manche von diesen Fasern sind gliederweis abgeschnürt, die meisten aber nicht, und sie bestehen auch gewöhnlich durch und durch aus einer homogenen Bassorinmasse. Bei weiterer Entwicklung aber zeigen sich Höhlen im Innern, die gewöhnlich mit Luft gefüllt sind. Ich habe solche Höhlen bei den Fasern von *Ramallina fraxinea* (Tab. 4. Fig. 3.) abgebildet.

Ganz deutlich und sicher kann man aber die Vacuolenbildung in Fasern bei *Stereonema asperum* und *chthonoblastes* erkennen (Tab. 2. Fig. 8 und 9.). Die jungen hellen und immerfort wachsenden verdünnten Spitzen blähen sich unterwärts in

ihrem Innern zu länglichen Höhlen auf, welche anfangs mit flüssiger, später aber mit fester Proteïnsubstanz gefüllt sind.

Die Entstehung aller dieser Vacuolenzellen kann man auf die Art erklären, dass die verschiedenen Substanzen, welche anfangs fein vertheilt neben einander liegen, nach und nach sich immer mehr auf die Weise absondern, dass das Gleichartige innerhalb gewisser Grenzen zusammentritt, so dass namentlich das Flüssige von dem weniger Flüssigen heraus- und auf bestimmte Punkte zusammengepresst wird. Dass dies wirklich geschieht, kann man namentlich bei den kleinen unregelmässigen Oelzellen der Haare von *Salvia officinalis* sehen, wo das Oel anfangs ein sehr feines Gemenge mit dem Schleim bildet. Bei Emulsionen, künstlichen und natürlichen, kommen ganz gleiche Fälle vor. Die Fetttröpfchen bilden in den schleimigen Milchtheilen wahre Vacuolen. Wo nun statt des Oeles Proteïn, oder Luft, oder auch von derselben Substanz (wie z. B. bei den Cerasinzellen) sich flüssigere Theile von weniger flüssigen trennen und die gleichartigen in bestimmte Grenzen zusammentreten, da findet dieselbe Erscheinung wie beim Oele Statt.

§. 431.

Die andere Art der Entstehung der Bassorinzellen geschieht auf die Weise, dass sich um einen Zellenkern von verschiedener Substanz eine Bassorinhaut ringsum anlegt. Der Unterschied zwischen dieser Zellenbildung und der vorigen beruht bloss darin, dass hier die Substanz, welche die Zelle bildet, nach aussen gepresst wird und sich um den Inhalt herumlegt, daselbst allmählig erstarrt und durch Aufnahme gleichartiger Theilchen sich vergrössert.

Der Zellenkern kann verschiedenartig sein, sowol hinsichtlich der Substanz als auch nach seiner Dichtigkeit und Festigkeit. Er besteht hier meist (vielleicht immer) aus einer proteïnartigen Substanz, welche mehr oder weniger mit Bassorinschleim oder andern Substanzen vermischt ist.

§. 432.

Bassorinzellenbildung mittelst eines flüssigen Zellenkernes.

a) Entwicklungsgeschichte der *Uredo candida*: Diese bildet sich sehr häufig unter der Epidermis des Stengels von *Thlaspi bursa pastoris*. Die grössern Parenchymzellen der Rindenschicht, welche aus Gelinsubstanz bestehen, verschwinden dabei und an ihre Stelle treten theils kugelige, theils längliche

Bassorinzellen mit einem sehr feinkörnigen Inhalte, welcher proteinhaltig ist. So viel ich habe beobachten können, entsteht dieser Pilz auf folgende Weise. Die normalen Zellen der Rindenschicht (Tab. 4. Fig. 2.) sind mit sogenannten Chlorophyllkörnern versehen (a). Diese bestehen aus Chlorophyll, Wachs und einer Proteinsubstanz, welche — wie der Kleber *Beccaria's* (§. 412) — noch mit Bassorin gemischt ist. Die Veränderung dieser Zellen beginnt damit, dass die Chlorophyllkörner ihre grüne Farbe verlieren und anfangs in viel kleinere bleiche Körner zerfallen, die sich entweder zerstreuen, oder in Masse zusammenballen oder zerfliessen. Aus dieser zerflossenen Substanz, in welcher man nur durch Jodtinctur sehr feine gelbe Proteïn-moleküle zur Ansicht bekommt, sondern sich eine oder mehrere kugelige oder längliche Massen ab, die nach aussen mit einer sehr dünnen Schleimhaut von Bassorin bekleidet sind (Fig. c. d.). Während diese Bildung entsteht, löst sich auch die Membran der Gelinzelle auf, in welcher diese Vorgänge stattgefunden haben. Die aufgelöste Masse reagirt auf Bassorin und umgibt die jungen Pilzzellen als Nahrungsflüssigkeit, wodurch sie sich vergrössern, in mehr oder weniger längliche Formen ausdehnen (Fig. e.), dann durch Aggregation der Proteïn-moleküle am Ende zu kugeligen Formen werden, welche die eben beschriebene Zellbildung durch Ausscheidung einer Bassorinhaut so lange und so oft wiederholen, als eben hinreichender Stoff zu diesen Bildungen vorhanden ist. Auf diese Weise entstehen kettenförmige Zellenreihen (f.), deren Glieder jedoch nur sehr lose zusammenhängen, weil die Haut der primären Zelle, die sie anfangs verbindet, zuletzt zerfliesst. Andere Zellen werden dagegen lang und verzweigen sich (g.).

b) Entwicklungsgeschichte der Keimzellen (Sporen) von *Aschion nigrum* Wallr. (Tab. 5. Fig. 1.). Die schwarze Trüffel entwickelt in ihrem Zellengewebe, welches in vielfach verschlungenen Bassorinzellen besteht, die sehr lang gestreckt sind, ungegliederten Röhren gleichen und einzeln nur mühsam zu erkennen sind, grössere blasige Zellen, welche an der Stelle, wo sie mit dem Gewebe der übrigen Zellen in Verbindung stehen, in ein kleines dünnes und krummes Stielchen, das an seinem Ende geschlossen ist, ausgehen. Anfangs ist diese grosse blasige Zelle mit einer ziemlich homogenen schleimigen Flüssigkeit, welche ein Gemisch von Bassorin und Proteïn ist, angefüllt. Bei weiterer Entwicklung sammelt sich jedoch an der Basis oder Zelle (dicht am Stielchen) eine trübe, sehr feinkörnige Masse zu einer Kugel an, welche gegen den übrigen klaren

und durchsichtigen Raum der blasigen Zelle, die ich Urmutterzelle nennen will, sehr zart, aber ziemlich scharf begrenzt ist. Die feinkörnige Masse, welche sich hier zu einem noch flüssigen Zellenkerne zusammengeballt hat, besteht aus Proteïnmolekülen, welche in flüssigen Bassorinschleim eingebettet liegen (Fig. a.). Dieser kugelige Kern wächst, indem sich an seinem Umfange immer mehr Proteïnmoleküle aus der umgebenden Zellenflüssigkeit ausscheiden und anlagern, bis er die Urmutterzelle fast ausfüllt (Fig. b. c.). Er hat jetzt eine deutlichere Begrenzung und ich halte ihn in dieser Entwicklungsstufe für eine völlige zweite Schleimzelle, welche in der Urmutterzelle eingeschachtelt ist und deren Wand aus Bassorin besteht. Ich will sie Mutterzelle nennen. Gleichzeitig mit dieser Vergrösserung der Mutterzelle entwickeln sich aber in dem körnigen Inhalte derselben auf ganz gleiche Weise in schneller Aufeinanderfolge mehrere Tochterzellen, gewöhnlich drei, vier, seltener zwei oder eine. Nur findet dabei der Unterschied Statt, dass bei den Tochterzellen die Zellwand aus Proteïnsubstanz sich bildet, was sich durch Behandlung mit Salpetersäure und Ammoniak sehr entschieden herausstellt und namentlich am Ende der Entwicklung immer deutlicher wird. Während diese Tochterzellen sich ausscheiden, ist die umgebende Flüssigkeit immer noch sehr feinkörnig (b. c.). Bei weiterer Entwicklung (d.) vermindert sich jedoch diese gleichförmig körnige Beschaffenheit des flüssigen Inhalts, indem ein Theil der Moleküle sich zu strahlenförmig geordneten Proteïnfäden aneinanderreihet, welche anfangs sehr zarte und weiche, längere (f.) oder kürzere (d.) Strahlen auf der äussern Proteïnzelle bilden, die bei ihrer weitem Entwicklung erhärten und die Stacheln und andere Erhabenheiten auf den Sporen (h. i. k.) bilden. Der Inhalt der Tochterzellen verändert sich während dieser Zeit ebenfalls und zwar in der Weise, dass die Moleküle sich zu immer deutlicheren und grössern kugelrunden Körnern (d. e. f.) entwickeln, welche sich im Mittelpunkte zu einer kugeligen Form vereinigen, wobei die Wand der Proteïnzelle sich auffallend verdickt (e. f.). Bei manchen Individuen sieht man, dass die Strahlen der Tochterzellen sich deutlich bis zur Mutterzelle erstrecken und mit derselben in Verbindung stehen (g.). Wenn die Membran der Tochterzellen und deren Inhalt bräunt, dann zieht sich die Mutterzelle allmählig immer enger zusammen, umgibt dann die einzelnen Tochterzellen, wird aber durch die Erhabenheiten derselben verhindert, sich dicht anzulegen, daher sie als weisser durchsichtiger Mantel die undurchsichtige Proteïnzelle in einem gewissen Abstände, welcher

von der Länge der Erhabenheiten bedingt wird, umgibt (g. h. i. k.).

Hierher gehört auch noch die Bildung der Milchzellen bei den Agaricusarten, die ich mit den Gelmilchzellen bei den Phanerogamen §. 438. b. abhandeln werde.

§. 433.

Bassorinzellenbildung mittelst eines oder mehrerer festen Zellenkerne.

a) Entwicklungsgeschichte der Zellen und Zellenhäufchen bei *Mycocoeium rivulare* Kg. Tab. 2. Fig. 3. a. ist die Pflanze in natürlicher Grösse. Sie ist fast farblos und bildet ein zartes schleimiges Säckchen, wie der Finger eines Handschuh. Die Hauptmasse besteht aus einer Bassorinhaut, in welcher die etwas dunklern Gürtel durch schwachbräunliche Proteinkörperchen u. s. w. gebildet werden, welche sich zu Keimzellen auf folgende Art entwickeln. Unter dem Mikroskop (Fig. b.) bemerkt man, dass die Proteinsubstanz zuerst in sehr kleinen Molekülen ausscheidet, die nach und nach grösser werden und sich zu einem festern Kern ausbilden. Haben sie eine gewisse Grösse erreicht, so erscheinen sie mit einer schleimigen Bassorinhaut umgeben, die ziemlich dick ist. Wo zwei solcher Kerne beisammen oder nahe bei einander liegen, da bildet sich um beide eine gemeinschaftliche Bassorinhülle; dasselbe geschieht auch, wenn mehr als zwei sich reihenförmig oder in Gruppen vereinigen. Weil nun diese letztern oft sehr unregelmässig und verschiedenartig begrenzt sind, so wird dadurch auch die Form der Bassorinzellen unregelmässig, wie man an den Figuren sehen kann.

b) Entwicklungsgeschichte der Bassorinzellen bei *Palmella cruenta*. (Tab. 2. Fig. 7.) Die schleimige Matrix ist hier reine klare und farblose Bassorinsubstanz, in welcher sich sehr kleine Proteinkörnchen (a.) ausscheiden, die allmählig grösser werden und zuletzt (b.) eine sehr zarte weiche Bassorinhülle bekommen. Sie sind dabei kugelförmig und nur durch das Trocknen, wo die Zellen sich einander nähern und gegenseitig drücken, werden sie eckig. Die Proteïn-moleküle sind hier roth gefärbt, und wenn diese Alge in ihrem normalen Wachsthum begriffen ist, besitzen dieselben da, wo man sie in Masse vereinigt findet, auch immer die rothe Farbe. Ihre erste Entstehung aber hängt meinen bisherigen Beobachtungen zufolge, die ich seit einer Reihe von 15 Jahren mit aller Bequemlichkeit habe anstellen können, weil diese Alge unmittelbar an meiner Wohnung wächst,

mit der Entstehung des *Protococcus viridis* zusammen. Dieser besteht ebenfalls aus einer Bassorinhülle und der Inhalt ist ein fester Proteinkern, welcher aber grün gefärbt ist. Wenn an gewissen Stellen an der Erde, oder an untern Stellen von Mauern ein gewisses Uebermaass von Feuchtigkeit eintritt, so erscheinen die folgenden Generationen der *Protococcus*zellen mit immer weicherer Zellenhaut und es bildet sich auch um dieselbe noch eine so weiche Bassorinmasse, dass dieselbe mit der der benachbarten Zellen zusammenfliesst. Diese zusammengefllossene Bassorinmasse bildet die Matrix einer *Palmella*, in welche sich der *Protococcus* verwandelt hat. Bald aber verändert sich auch die grüne Farbe, indem bei den neuen Zellen der Proteinkern sich nicht grün, sondern roth färbt; auch schon grün gewesene Zellenkerne färben sich roth, wie ein Apfel, wenn er die Reife bekommt. So trifft man daher oft rothe und grüne Zellenkerne in den Zellen unter einander gemischt an. Ich habe diesen Vorgang schon in meiner Preisschrift („*Natuurkundige Verhandelingen u. s. w., te Haarlem*“ 1841) mitgetheilt und (Tab. C. Fig. 4. 5.) abgebildet. Die *Palmella cruenta* kommt auch immer mit *Protococcus viridis* zusammen vor. In meinen „*Tabulae phycologicae*“ sind (Band I, Tab. 1—6.) eine grosse Anzahl von *Protococcus*formen abgebildet, wo man dieselbe Zellenbildung wahrnehmen kann. Besonders interessant ist *Protococcus Meneghinii*, wo sich die Proteinkörperchen zu zahlreichen Zellenkernen ausbilden, noch innerhalb der Mutterzelle zu neuen Individuen mit Bassorinhülle entwickeln und erst nach der Auflösung der Mutterzelle, die sich zuletzt sehr verdickt und mehrere deutliche Schichten zeigt, frei werden.

c) Entwicklung der Bassorinzellen mit cylindrischem oder fadenförmigem Zellenkerne. Diese Bildungen trifft man besonders bei den Arten der Gattung *Hypheothrix* an, auch *Inactis vaginata* und *italica* („*Tab. phycol.*“, I. 77.) zeigen ähnliche Verhältnisse. Die Form einer Zelle rührt von der Form des Zellenkerns her. Kugelige Zellenkerne bilden kugelige Zellen, fadenförmige müssen daher auch sehr langgestreckte Zellen erzeugen. Die Gattung *Leptothrix* besteht eigentlich aus nackten Zellenkernen, welche sehr lang gestreckt sind, ebenso die Gattung *Spirulina* und mehrere *Oscillarien*, z. B. *subtilissima*, *tenerrima*, *leptotricha*, *circinata*, *gracillima*, *chlorina*. Zwar pressen die letztern auch aus ihrer Masse Bassorinschleim heraus, ebenso die meisten *Leptothrix*arten, aber dieser Schleim erhärtet nicht zu einer Hülle, sondern bleibt flüssig und fliesst zu einer

homogenen Matrix zusammen, in welcher die Fäden eingebettet liegen. Bei den Arten der Gattung *Hypheothrix* ist das anders. Hier wird der abgesonderte (eigentlich mechanisch ausgepresste) Bassorinschleim, der noch in dem entstehenden Zellenkerne mit Proteïnsubstanz gemengt ist, bei seinem Austritt fest, begrenzt sich und wird zur Hülle des Zellenkerns oder zur Zellenwand. Auch hier kommt es vor (wie bei dem Zellenkerne junger Bastzellen), dass der fadenförmige Kern beim Erhärten in mehrere kleinere, meist ungleiche Stücke zerreisst, die dann innerhalb der Bassorinzelle eine Reihe bilden („Tab. phycol.“, I. Band, Tab. 67. IV. V. — 68. — 69. — 70. III. — 71. V.). Je älter und fester er hier wird, desto mehr schrumpft er, in Folge des Abgebens des Bassorinschleims, zusammen. Manche solcher langen Bildungen wachsen an ihren Enden ununterbrochen fort und man kann diese Art des Wachstums, mit einem von *Naegeli* eingeführten Ausdruck: Spitzenwachsthum nennen, indem sich hier allemal die jüngsten Theile an der Spitze befinden. Es sind Bassorinzellen mit unbegrenztem Wachsthum.

§. 434.

Statt eines einzigen Zellenkerns können auch mehrere Zellenkerne — wie wir das schon im vorigen §. bei *Mycocoeilium rivulare* gesehen haben — zur Bildung einer Zelle beitragen. Solche Zellen finden sich bei *Microhaloa botryoides* („Tab. phycol.“ I, Tab. 7. a. b. c. d.), besonders ausgezeichnet aber bei *Microcystis elabens*, *marginata*, *aeruginosa* und *ichthyoblabe* (l. c., Tab. 8.), wo ihre Entstehung sehr leicht zu verfolgen ist.

Beispiele, wo mehrere fadenförmige neben einander liegende Zellenkerne eine gemeinsame Bassorinzelle erzeugen, bieten *Hypheothrix fasciculata* (l. c., Tab. 70. II.) und *Sirocoleum guianense* (l. c., Tab. 51.).

Endlich muss ich noch der Fälle erwähnen, wo die Bassorinsubstanz theils einzelne fertige Zellen, theils ganze Zellenreihen oder Gruppen entweder als Matrix oder auch als äusserste Mutterzelle einhüllt. Beispiele hierzu liefern auch hier die Algen und zwar die Gattungen *Palmogloea*, *Tetraspora*, *Oscillaria*, *Phormidium*, *Lyngbya*, *Chaetophora* u. m. a. Weiteres hierüber werde ich bei der Betrachtung der Cuticula (§. 504) mittheilen. Bei *Chaetophora*, wo eine dicke Bassorinhülle, deren Begrenzung man nur nach der Behandlung mit Jodtinctur und Schwefelsäure gewahr wird, eine aus Gelinsubstanz bestehende Zellenreihe

umschliesst, habe ich das genauere Verhältniss der verschiedenen Stoffe während der Zellenbildung noch nicht genau ermitteln können. Ich vermuthe aber, dass die Bassorinhülle durch Auflösung der bei der Bildung der innern Zellenreihen beteiligten Mutterzellen entstanden ist, deren Substanz bei diesem Auflösungsprocess zugleich eine Umänderung in Bassorin erfahren hat. Es würde demnach diese Bassorinhülle der Cuticula angehören. (§. 500.) Die oben genannten Formen sind sämmtlich in meinen „*Tabulae phycologicae*“ abgebildet.

§. 435.

Faserige Zellen aus Bassorinsubstanz. Dass die homogene Matrix mancher *Pharmidium*-arten zuletzt faserig wird, haben wir schon oben (§. 427) gesehen. Wie hier eine flach ausgebreitete Haut aus der — wenigstens scheinbar — homogenen Bassorinsubstanz in Fasern sich theilt, so lassen auch bei weiterer Entwicklung grössere, aus Bassorin bestehende Zellenhäute eine faserige Structur erkennen. Besonders deutlich zeigt sich dieselbe bei *Chthonoblastus Lyngbyei* und *salinus* („*Tab. phycol.*“, Bd. I, Tab. 58.). Ein noch auffallenderes Beispiel von faserigen Zellenwänden bietet *Trichodictyon rupestre* (l. c., Tab. 26.) dar, wo die grossen Mutterzellen aus einem sehr losen Geflecht von gallertartigen Bassorinfasern bestehen. Alle diese Fasern gehen erst nach und nach aus der (scheinbar) homogenen Schleimhaut hervor, welche in der Jugend diese Zellenwände bildet. Sie zeigen immer eine organische Auflösung der Zellenwand an, die bisweilen damit endet, dass die Fasern unter sich selbstständig werden, und als ungebundenes Gewirr sich weiter entwickeln. Wird nun die Bassorinsubstanz durch den Einfluss der atmosphärischen Luft zum Theil in Proteïn verwandelt (§. 418), was beim Freiwerden immer geschieht, so erscheinen sie auch bald äusserlich mehr oder weniger gefärbt und tragen dann den Charakter der *Leptothrix*-arten (§. 426) an sich. Die meisten (vielleicht alle) Arten der Gattung *Leptothrix* entstehen auf diese Weise.

§. 436.

Gelacinzellen. Die einfachsten Gelacinzellen kommen bei *Entophysalis granulosa* („*Tab. phyc.*“, Bd. I, Tab. 32. I.) und einigen braunen Species von *Gloeocapsa*, z. B. *G. rupestris*, vor. Untersucht man ein Exemplar dieser letztern genauer, so findet man sie in allen Entwicklungsstufen beisammen. Auch hier ist der Anfang mit der Isolirung eines Proteïnkerns verbun-

den, um welchen eine Hülle entsteht, wie in allen schon besprochenen Fällen. Nur zeigen die Gloeocapsaarten die Reaction auf Gelacin sehr schwach, während sie bei *Entophysalis* sehr deutlich auftritt. Ich vermuthete daher, dass bei jener die Gelacinsubstanz mit Eugelacin gemischt ist, wodurch in Folge entgegengesetzter Reaction die Farbe bei Einwirkung der Schwefelsäure entweder gar nicht zum Vorschein kommt, oder wenigstens sehr geschwächt wird.

Mehrschichtige Gelacinzellen. Die grossen Gelacinzellen, welche zum Kern oscillarienartige Gliederfäden haben und besonders bei den *Scytonemeen*, *Lyngbyeen*, *Nostocéen* und *Rivularieen* vorkommen, bieten sehr interessante und eigenthümliche Erscheinungen beim Zellenleben dar. Diese Zellen haben gewöhnlich eine ästige und sehr lang gestreckte Form und wachsen entweder nur an einem oder an beiden entgegengesetzten Enden. Der erste Fall kommt vor, wo die Zelle, die hier immer als selbständiger Organismus auftritt, an einer Stelle angewachsen ist. Dies ist namentlich der Fall bei den parasitischen *Leibleinien*. Man kann daher an einer solchen Zelle eine Basis und eine Spitze unterscheiden; die Basis ist dann der älteste Theil, die Spitze der jüngste. Am deutlichsten zeigt dies Verhältniss *Leibleinia chalybea* („Tab. phyc.“, I. Bd., Tab. 84. I.). Bei den jüngern Individuen sieht man ganz deutlich, dass der eingeschlossene, in die Spitze verdünnte und gefärbte proteinhaltige Kernkörper immer an der Spitze gegen die Umhüllung im Wachsthum voraus ist, so dass unterwärts die Bassorinhülle sehr verdickt, in der Spitze aber noch gar nicht geschlossen oder wenigstens noch nicht als feste Substanz sichtbar ist. Diese untere Hülle lässt mehr oder weniger deutliche Schichten erkennen, deren Zahl in die Spitze abnimmt. Die oberste jüngste und zarteste Spitze der Hülle ist die unmittelbare Fortsetzung der innersten. Die älteste Schicht (oder der älteste Theil dieser Hülle) ist die unterste und äusserste. Man sieht hier also deutlich, dass die Verdickungsschichten sich inwendig ansetzen und nicht auswendig. Aussen sieht man in dem angeführten Beispiele das oberste Ende der verschiedenen Schichten so allmählig sich verschmelzen, dass man ihr Aufhören nicht gewahr wird. Anders ist das bei den *Scytonemaarten*, wo die innern Schichten sich aus den ältern in bestimmten Absätzen, die oft sehr scharf und deutlich begrenzt sind, von innen hervorschieben. Sehr schön kann man diese Bildung bei *Scytonema decumbens* („Tab. phyc.“, II. Bd., Tab. 22.), *naideum* (l. c., Tab. 23.), *flexuosum* (l. c., Tab. 24.), *coalitum*,

helveticum (ebendasselbst), Myochrous, chlorophaeum (Tab. 25.) und crassum (Tab. 26.) sehen; am ausgezeichnetsten und ungewein elegant erscheint sie aber bei Arthrosiphon (l. c., Tab. 28.).

Wo diese Zellen an beiden Enden fortwachsen, sind zwei Spitzen da. Beispiele der Art bieten unter andern Scytonema nigrescens und Sc. aerugineo-cinereum (l. c., Tab. 16.). Findet bei diesen Formen in dem Kernkörper einmal eine Unterbrechung Statt, so wachsen die dadurch neu entstandenen Enden selbständig weiter fort und drängen sich dann nach aussen durch die ältern Zellenschichten hindurch und erscheinen so als Aeste eines zusammengesetzten Individuums (l. c., Tab. 17. Fig. III. IV. — Tab. 25. Fig. I. IV. — Tab. 25. Fig. II. 4.).

Wie diese grossen mit Spitzenwachsthum versehenen Zellen, so zeigen auch die kugeligen, nach allen Seiten gleichmässig wachsenden Gelacinzellen mehr oder weniger deutliche Schichtung. Es herrscht auch hier in dem Wachsthum und in der Erneuerung der Schichten eine ähnliche Einschachtelung der verschiedenen aufeinanderfolgenden Generationen, aber weil die Nachkommen nicht in der Richtung der Linie entstehen, sondern allseitig, also die Urzelle beim Ende ihres Wachstums auch allseitig durch die innern jüngern aus einander gedrängt wird, so wird dieselbe dadurch so zersprengt, dass sie bald der gänzlichen Auflösung anheim fällt. Eins der besten Beispiele der Art bietet die schon oben erwähnte Gloeocapsa rupestris, bei deren jüngern Generationen man oft noch die zerrissenen Bruchstücke der alten Mutterzelle als Anhängsel findet („Tab. phycol.“, I. Bd., Tab. 22. Fig. II.)²).

Eugelacinzellen. Diese bieten in ihrer Entwicklung ganz dieselben Erscheinungen dar, wie die runden Gelacinzellen. Nur will ich hierbei noch erwähnen, dass, wenn dieselben durch fadenförmige Entwicklung ihres Kernes zur gestreckten Zellenform mit Spitzenwachsthum übergehen, die Substanz dann (immer?) in Gelacinsubstanz sich umwandelt. Eugelacinzellen mit Spitzenwachsthum sind mir bis jetzt noch nicht vorgekommen. Abbildungen von kugeligen Eugelacinzellen habe ich in meinen „Tabulae phycologic.“, I. Bd., Tab. 21. Fig. III (Gloeocapsa coracina), IV (Gloeocapsa atrata), V (Gloeocapsa livida), Tab. 22. Fig. I (Gl. Magma), V (Gl. sanguinolenta), VI (Gl. sanguinea) u. s. w. geliefert. Die meisten dieser Arten sind dadurch ausgezeichnet, dass die Membran der alten Mutterzelle oft in Schleimfäden sich auflöst.

§. 437.

Gelinzellen. Auch hier kann man zweierlei Arten von Zellenbildung unterscheiden, nämlich durch Vacuolen und durch Zellenkerne. Die erste Art, nämlich durch Vacuolen, scheint mir bei der Bildung wenigstens einiger Oelzellen oder sogenannter Oeldrüsen stattzufinden. Bei *Lavandula Spica* (Tab. 9. Fig. 3. 4. a.) entstehen diese Oelzellen auf die Weise, dass aus der Epidermis in verschiedenen Abständen eine ziemlich consistente Schleimmasse austritt, die anfangs mittelst Jodtinctur und Schwefelsäure blau gefärbt wird; sie wird auf der Oberfläche als ein kugelförmiges Körperchen hervorgeschoben, dessen Basis zuletzt verdünnt und dessen Scheitel etwas eingedrückt ist. Von oben gesehen, erscheint in dieser Oelzelle eine dunkle Stelle, welche das ätherische Oel enthält (Fig. 3. a.). Eine solche Zelle, von der Seite gesehen und senkrecht durchschnitten, ist in Fig. 4. a. dargestellt. Man sieht hier, dass die Höhlung, welche das Oel enthält, in vier verschiedene Gänge sich spaltet. Die Zahl dieser Gänge mehrt sich mit dem Alter dieser Zellen.

Die ästigen Haare, welche bei *Lavandula Spica* die Epidermis des Stengels bekleiden, schwitzen ebenfalls eine gelinartige Schleimmasse aus, welche sich aber unregelmässig um dieselben herumlegt und in welcher sich sehr kleine Oeltröpfchen ausscheiden, die dadurch in derselben Vacuolen bilden (Tab. 9. Fig. 3. b.).

Im Rhizom und dem Parenchym der Blattscheiden von *Acorus Calamus* bilden sich die Oelzellen auf ähnliche Weise (Tab. 16. Fig. 2.).

§. 438.

Bildung der Gelinzellen mittelst eines oder mehrerer Zellenkerne. Diese Kernkörperchen können flüssig und fest sein. Beispiele mit flüssigem Zellenkern:

a) Bei *Vaucheria clavata*. Diese Alge besteht fast nur aus einer Zelle, welche sehr lang schlauchförmig ist und sich verzweigt. Der unterste Theil derselben, welcher auf dem Boden befestigt ist, ist zugleich der älteste Theil und gewöhnlich in Bassorinsubstanz verwandelt. Er ist auch gewöhnlich leer. Aufwärts enthält der Schlauch einen flüssigen grünen und sehr feinkörnigen Inhalt, welcher bisweilen durch Bildung einer besondern innern Schlauchzelle (Tab. 15. Fig. 3. b.) wieder in mehrere innere Abtheilungen geschieden ist. Die oberste Abtheilung ist die kürzeste und ihr Inhalt, der sehr dunkel, fast schwarzgrün ist, füllt das angeschwollene Zellenende nicht bis in die Spitze

aus. Er ist schon innerhalb der Mutterzelle mit einer sehr dünnen Schleimhaut (Epithelium) umgeben. Endlich tritt ein Zeitpunkt ein, wo diese Schleimzelle aus der Mutterzelle austritt, indem die letztere unterhalb ihrer Spitze eine Oeffnung bekommt (Fig. c.), das Austreten der Schleimzelle geschieht langsam genug, dass man es bequem unter dem Mikroskope beobachten und die verschiedenen Stadien des Austritts zeichnen kann. Ich habe mehrere in den Figuren d. e. f. mitgetheilt. Fig. g. ist die neugeborne Tochterzelle. Ihr Inhalt ist eine flüssige dunkelgrüne Schleimmasse, welche Protein- und Gelinsubstanz nebst Chlorophyll enthält. Die Schleimhaut, woraus sie besteht, ist so dünn, dass man unter der stärksten Vergrößerung keinen Durchmesser an ihr wahrnehmen kann. In ihrer Freiheit rundet sich diese Zelle anfangs mehr und mehr ab, bis sie kugelförmig ist (Fig. h. i.). Dann wächst sie zu einer neuen Schlauchzelle aus, indem durch Spitzenwachsthum das eine Ende sich verlängert (Fig. k. l. m.).

Dass der schleimige Inhalt der Vaucherienzelle sich bei seinem Austritt ins Wasser (und bei ruhigem Verhalten) nicht mit demselben mengt, sondern sich durch Bildung einer dichten Schleimhaut begrenzt, davon habe ich mich durch Versuche überzeugt. Eine gewöhnliche Vaucherienzelle (Tab. 15. Fig. 3. a.) drückte ich zwischen zwei Glasplatten gelinde, doch hinreichend, um sie zu sprengen und den grünen flüssigen Schleiminhalt etwas heraus zu pressen. Derselbe trat auch in einzelnen länglichen und mehr oder weniger zusammengehäuften Tropfen heraus, welche eine traubenförmige Masse bildeten und gegen das Wasser sich scharf abgrenzten. Nach wenigen Minuten waren die Tropfen mit einer wirklichen Haut umkleidet, aber eine weitere Entwicklung fand nicht Statt.

b) Bei den Milchzellen (sogenannten Milchgefässen). Ich habe ihre Bildung besonders bei den Agaricusarten zu erforschen gesucht. Die Bildung dieser Zellen kommt nur bei Pflanzen vor, welche aus einer Anzahl anderer Zellen zusammengesetzt sind. Wo sich solche angehäuften Zellenmassen durch organischen Process bilden, da stehen eine Anzahl Zellen mit einander auch in einer unmittelbaren Verbindung. Durch den organisch-chemischen Process, der in den nächstverbundenen Zellen meist gleichartig ist, sammelt sich in jungen Zellen oft eine so grosse Menge Zellensaft an, dass derselbe nicht von ihnen beherbergt werden kann; er tritt daher aus den Zellen heraus und sammelt sich zwischen denselben an, indem er die verbundenen Zellen mehr

oder weniger von einander trennt und zwischen denselben grössere oder kleinere, mit Saft erfüllte Räume (Saftgänge) bildet, die, nach der Beschaffenheit des Gewebes, dasselbe entweder in mehr oder weniger gerader Richtung durchziehen, bald gleichweit, bald mehr erweitert oder verengt sind, oder sich krümmen, nicht selten verästeln und durch anastomosirende Seitengänge mit einander in Verbindung stehen. In der jüngsten Periode ist dieser Saft hell und klar, und die Gänge sind klein und enge, in denen er sich befindet; aber er mehrt sich und mit seiner Vermehrung vergrössern sich die Gänge. Mit der Zeit verliert der Saft seine Klarheit, er wird körnig, indem sich sehr verschiedene Stoffe in ihm bilden, die sich ausscheiden. Durch diese Ausscheidungen wird er getrübt. Unter den ausgeschiedenen Substanzen finden sich, ausser Schleimmolekülen verschiedener Art, mitunter Amylkörperchen, Oele, Harze und kautschukartige Stoffe. Diese letztern drei bilden in demselben kleinere oder grössere Kügelchen und sie sind es eigentlich, welche ihm die milchige Beschaffenheit geben. Diese Milchflüssigkeit ist fast immer weiss und fast nur in wenigen Fällen durch einen besondern Stoff, wie bei *Cheledonium majus*, gelb, oder anders gefärbt. Die Milch enthält auch oft Alkaloide, z. B. die Milch von *Papaver somniferum*, welche eingetrocknet das Opium liefert. Die Pflanzenmilch ist daher bei den verschiedenen Pflanzen auch von verschiedener Beschaffenheit.

Wenn die milchführenden Zwischenräume ein gewisses Alter erlangt haben, was bei verschiedenen Pflanzen verschieden ist, so sondert sich aus der Milch eine Gelinhülle ab, deren äussere Form sich genau nach der innern Form des Intercellularraums richtet, von dem sie gleichsam ein Abdruck ist. Sie dringt daher in alle Vertiefungen des Milchgangs ein und legt sich dicht an die denselben begrenzenden Zellenwände an. Daher hat die äussere Wand der Milchzelle immer grössere oder kleinere Hervorragungen. Die Wände der Milchzellen sind in den meisten Fällen so zart und dünn, dass sie mit der besten Vergrösserung oft kaum erkannt werden können. Wo aber ältere und jüngere Theile in ihrer Bildung allmählig auf einander folgen, wie bei phanerogamischen Gewächsen, da haben die ältern Milchzellen deutlichere und stärkere Wände, als die jüngern. Doch kann man auch diese oft durch Behandlung mit Schwefelsäure, wodurch sie anschwellen und dicker werden, oder mittelst Salpetersäure, wodurch sie sich von den übrigen Zellen oft unverletzt trennen lassen, zur Ansicht bringen.

Bei den meisten milchenden Agaricusarten ist die Lebensdauer nicht so lang, dass eine deutliche Zellenbildung um die milchführenden Intercellularräume, die sich hier ebenso verhalten, wie bei den Phanerogamen, sich bilden kann, wenigstens ist sie nicht dauerhaft genug, um die Form derselben mittelst eines Durchschnitts deutlich darlegen zu können. Am deutlichsten habe ich sie bei *Agaricus vietus* gefunden, wo ich sie aus dem Hute auf Tab. 9. Fig. 2. dargestellt habe. Sie verästeln sich hier und anastomosiren, verengen und erweitern sich wie die Milchzellen der Phanerogamen. Eine Schwierigkeit bei ihrer Untersuchung bietet die Milch dar, welche beim Zerschneiden der betreffenden Theile sich aus den verletzten Zellen ergiesst, sich über das Präparat ausbreitet und dadurch dasselbe gleichsam besudelt, indem ihre körnige Beschaffenheit es verhindert, die von ihr bedeckten Zellen und Fasern genau und deutlich zu erkennen. Diesem Uebelstande habe ich dadurch begegnet, dass ich das Präparat abwechselnd mit Alkohol, Aether und Wasser abwusch, wodurch die ausgeflossene und an der Luft zum Theil verdickte Milch grösstentheils entfernt wurde. Dasselbe Verfahren ist auch bei der Untersuchung der Phanerogamen sehr zweckmässig. *Agaricus torminosus* zeigt übrigens die Milchzellen auch, aber weniger deutlich.

Ueber die Milchzellen der Phanerogamen sind sehr schöne Untersuchungen „von einem Ungenannten“ in der „Botanischen Zeitung“, 1846, Sp. 833 fg. mitgetheilt und durch vortreffliche Zeichnungen erläutert worden. Er hat besonders Pflanzen aus den Familien der Apocynen, Asclepiadeen, Moreen, Urticeen, Papaveraceen, Cichoraceen, Campanulaceen, Lobeliaceen, Cucurbitaceen, Euphorbiaceen, Aroideen und *Sambucus nigra* darauf untersucht. Sie ist jedenfalls die beste Arbeit, die wir bisher über diese Zellen (die von den meisten Physiologen gar nicht für Zellen gehalten, und desshalb auch Milchgefässe genannt werden) erhalten haben, wesshalb ich besonders darauf verweise. Nur muss ich darauf aufmerksam machen, dass der „Ungenannte“ den Begriff der „Milchgefässe“ nur auf die dünnhäutigen Milchzellen beschränkt, während nach der Entwicklungsgeschichte auch diejenigen mit hierher gerechnet werden müssen, deren Wand sehr dick und aus mehrern Schichten besteht, wie die der Bastzellen³⁾.

§. 439.

Bildung der Gelinzellen mit einem oder mehreren festen Kernkörperchen. Urbildungen, welche die Ent-

stehung der hierher gehörenden Bildungen zeigen, sind mir nicht bekannt. Wir können daher diese Zellenbildung nur in schon fertigen Organismen beobachten. Man kann auch hier homogene und körnige Zellenkerne unterscheiden, aber die ausgeschiedenen Körnchen der letztern sind bisweilen so gross, dass dieselben selbst wieder als einzelne Zellenkerne gelten könnten. Der Zellkern enthält in allen diesen Fällen, wenigstens theilweise, eine von den Proteinsubstanzen, die aber meist mit mehr oder weniger festen, homogenen oder körnigen Schleimmassen aus der Cellulosereihe gemischt sind; sehr häufig ist Amylon, Oel, Harz und eine färbende Substanz dabei. Der Vorgang ist bei der Zellenbildung verschieden, je nachdem der feste Zellkern schon fertig, oder erst noch gebildet wird. Ist schon ein fester Zellkern vorhanden, so theilt er sich in zwei bis drei oder mehr Theile. Man kann diese Theilung des Zellkerns besonders leicht bei den höhern Algen, namentlich bei der Entstehung der Samen- oder Keimzellen (Sporen) beobachten; ich habe in meiner „Phycologia generalis“ eine grosse Anzahl solcher Fälle auf Tab. 44. 45. fg. abgebildet. Ist die Theilung des Kernes eingetreten, dann entfernen sich die Theile immer mehr von einander, indem sich gallertartige Gelinsubstanz zwischen ihnen ansammelt, welche sich zuletzt um jeden der beiden Kerne deutlicher begrenzt. Ich vermuthe, dass die Ausscheidung und Ansammlung der Gelinsubstanz zwischen den beiden Kernhälften überhaupt die Ursache der Theilung ist, aber es lässt sich das nicht direct beobachten.

§. 440.

Wo der feste Zellkern sich erst bildet, geschieht es auf die Weise, dass die Moleküle oder festern Körnchen u. s. w., die sich schon ausgeschieden haben, haufen- oder gruppenweise zusammentreten, sich immer dichter an einander drängen, die zwischen ihnen befindliche gallertartige oder schleimige Gelinmasse ausdrücken, welche sich dann um die Körnergruppe u. s. w. herumlagert und zu einer Haut verdichtet. Ich werde diesen Vorgang an mehreren Beispielen näher betrachten.

a) Bei *Vaucheria Dillwynii*. (Sporenbildung.) Diese Alge wächst nicht im Wasser, sondern auf feuchtem Erdboden, gewöhnlich in Gemüse- und Blumengärten, auch auf Aeckern. Der grüne Inhalt ihrer Zellen ist weniger flüssig, als bei *Vaucheria clavata* (§. 458). Eine Abbildung davon habe ich in meiner „Phycologia generalis“, Tab. 15. IV. geliefert. Es bildet sich

auch hier am Ende eines Schlauches eine längliche Tochterzelle, indem ein Theil des grünen körnigen Inhalts sich enger zusammenzieht und eine gelinose Schleimhülle bekommt; ist dieser Zeitpunkt eingetreten, dann zieht sich die anfangs lange und cylindrische Zelle immer weiter zusammen, bis sie kugelförmig geworden (l. c., Fig. b. a.), worauf sie die Mutterzelle, welche an dieser Stelle zerreisst, oder sich theilweise auflöst, verlässt.

Bei derselben Alge habe ich schon früher eine ähnliche Zellenbildung beobachtet und in den „Natuurk. Verhandelingen u. s. w., 1841“ mitgetheilt. Der Unterschied dieser Zellenbildung von der vorigen besteht darin, dass sich der körnige Zelleninhalt nach den Enden zu noch innerhalb der Mutterzelle in viel kleinere, kugelförmige Häufchen sondert, welche sich in der Schlauchzelle aneinander reihen. Man kann die allmälige Entstehung dieser Körnerhäufchen fast in jedem Aste einer solchen Pflanze von der Basis an bis zur fertigen Entwicklung der Zellenmembran in der Spitze, und zwar in allen möglichen Entwicklungsstufen, beobachten. Ich habe sie in der angeführten Schrift auf Tab. O. abgebildet und füge hier nur noch hinzu, dass diese Beobachtung nicht eine einzelne ist, sondern dass ich sie mehrere Jahre hintereinander — auch in letzterer Zeit — wiederholt habe. Es entsteht durch diesen eigenthümlichen Zellenbildungsprocess eine Algenform, welche ich in meinen phykologischen Schriften als *Gongrosira dichotoma* aufgeführt habe.

b) Bei *Oedogonium capillare*. Es findet hier bei der sogenannten Sporenbildung in den betreffenden Zellen zuerst eine bedeutende Vermehrung der festen Theile des Zelleninhalts Statt, wodurch dieselben unter dem Mikroskope ein sehr opakes Ansehen bekommen. Ist die Bildung des Zelleninhaltes beendet, dann ziehen sich die festern, grün gefärbten proteinhaltigen Körner dichter zusammen und pressen die gelinosen Schleimtheile heraus. Diese umgeben den kugeligen Kern anfangs in flüssiger Form, erhärten aber allmähig zu einer Zelle, an welche sich dann bei weiterer Entwicklung noch eine zweite gleichartige, aber weichere, als innere Verdickungsschicht anlegt. Gleichzeitig aber geht die Farbe des Zelleninhalts aus Grün in Braun über. In der „Phycologia generalis“, Tab. 12. Fig. II. 3. f. d. a. habe ich diesen Vorgang abgebildet.

Aehnlich verhält es sich auch bei der Bildung der Keimzellen der Spirogyren, Zygnemaarten und vielen andern Algen.

§. 444.

Alle diese Fälle liefern kugelartige oder eiförmige Zellen. Die langen Bastzellen, welche sich an ihren Enden mehr oder weniger zuspitzen, entstehen auf folgende Weise. In den Inter-cellularräumen anderer Zellen, welche in Längsreihen geordnet stehen, scheidet sich — wie bei der Bildung der Milchzellen — bei hinreichendem Saftvorrath ein Gemisch von Proteïn- und Gelinschleim aus, welchen die benachbarten Zellen liefern. Diese ausgeschiedenen Massen sind consistenter, als bei den Milchzellen; sie scheiden sich auch sogleich weiter bei ihrem Austritt, indem die Proteïnsubstanz sich zu einem soliden langen Kern ansammelt und verdichtet, während die Gelinmasse sich rings herum lagert, anfangs sehr weich und gallertartig ist und sich fast ebenso eng an die Wände des Inter-cellularraums anschliesst, als die Zellenwand der Milchzellen, daher auch die Bastzellen äusserlich sehr häufig dieselben Abdrücke der benachbarten Zellen zeigen, wie die Milchzellen. So entsteht in demselben Raume eine Bastzelle nach der andern, und so erzeugen die ältern Bastzellen auch jüngere zwischen sich selbst u. s. w. Ich habe diese Zellenbildung besonders bei der Untersuchung der Bast- und Gefässbündel in den jungen Weinbeeren gefunden, indem ich aber vorher schon die gleiche Bildung ähnlicher Gelinzellen bei den Seealgen — namentlich bei den Polysiphonien, *Lophura*, *Cystoclonium purpurascens* und vielen andern Formen, die ich in der „*Phycologia generalis*“ abgebildet habe — deutlicher beobachtet hatte, weil hier die geschilderten Vorgänge weniger versteckt sind.

Bei den Phanerogamen habe ich ausserdem noch die schleimige Altheewurzel zu dieser Untersuchung geeignet gefunden. Es kommen hier Fälle vor, wo man den seitlichen Zusammenhang eines langgestreckten Zellenkernes mittelst eines sehr zarten Fadens leichter, als bei andern Phanerogamen, bemerken kann. Auch bemerkt man an den Bastzellen der Altheewurzel die Abdrücke der benachbarten umgebenden Zellen ebenso, als bei den Milchzellen.

Gleichsam verkürzte Bastzellen, welche später, als die grössern durchlöcherten, mit Spiralfibern versehenen Parenchymzellen entstehen, und von diesen durch Absonderung gebildet werden, kommen in den Blättern von *Sphagnum* vor. Sie sind auf Tab. 12. Fig. 8. a. abgebildet. Sie besitzen einen soliden granulösen und schwach gefärbten Zellenkern.

§. 442.

Nach der Betrachtung der Gelinzellenbildung aus flüssigen und festen soliden Zellkernen kommen wir zur Untersuchung derjenigen Zellen, deren Form zu den mehr oder weniger complicirten gehört. Die mannigfachen Verschiedenheiten, welche sich hier vorfinden, lassen sich zunächst auf zweierlei zurückführen, nämlich auf diejenigen, welche 1) auf den Zellkern und 2) auf die Zellenhülle bezogen werden müssen.

§. 443.

Complicirte Formen des Zellkerns.

a) Durch Hohlwerden desselben. Die Zellen mit einfachem soliden Zellkern, welche wir in den §§. 440 und 441 betrachtet haben, gleichviel ob dieselben grün gefärbt sind oder nicht, werden, wenn dieselben sich weiter entwickeln und dabei vergrössern, nach und nach hohl, d. h. der innere Raum desselben wird flüssig, während die begrenzende Fläche eine mehr oder weniger feste, gewöhnlich aber sehr zarte Haut bildet. War der Zellkern grün gefärbt, so ist es auch die Haut, welche eine besondere innere Proteinzelle um den flüssigen innersten Kern bildet. Solche gefärbte innere Proteinzelle kommt bei vielen Algen vor, namentlich bei den Gattungen *Ulothrix* (Tab. 14. Fig. 4. a.), *Draparnaldia*, *Mougeotia* und vielen andern. Bei den kleinern *Ulothrix*-arten wird der Zellkern nicht hohl, sondern nur bei den grössern. Dieser hohle Zellkern ist leicht daran zu erkennen, dass er durch Behandlung mit Alkohol oder durch Trocknen einschrumpft. Auch bei normaler Entwicklung kommt ein theilweises Zusammenziehen desselben vor, wodurch derselbe verschiedene Gestalten annimmt. Bei *Draparnaldia* haben die kleinern Astzellen solide, die grössern Stammzellen hohle Zellkerne und diese bilden durch Contraction scheinbare Querbinden. Ob jedoch hier die gefärbte Proteinhaut die äusserste des Zellkerns ist, oder ob noch eine zartere farblose dieselbe überzieht, habe ich bei den genannten Formen noch nicht ermitteln können, ich vermute es aber. Nur bei *Mougeotia* (Tab. 14. Fig. 6.) habe ich mich überzeugt, dass über der chlorophyllhaltigen noch eine farblose, sehr zarte Proteinhaut vorhanden ist, welche die innere Wand der Gelinzelle auskleidet. Sie kommt zum Vorschein, wenn man die Alge mit Jodtinctur behandelt. Sonst bemerkt man hier Nichts weiter. Bei den höhern Algen, wie z. B. den *Heterocarpaeen*, kommen diese Erscheinungen sehr häufig — oft in einer

Pflanze unmittelbar neben einander und mit unmerklichen Uebergängen aus soliden Zellkernen in hohle — vor. Die soliden Kerne sind dann meist aussen, oder in der Mitte und die von ihnen gebildeten Zellen haben ein geringes Lumen. Ebenso verhalten sich die Bastzellen, wo auch diejenigen mit grösserm Lumen einen hohlen Zellkern aufzuweisen haben, der beim Trocknen einschrumpft. Ich habe solche Uebergänge aus einer Weinbeere (Tab. 6. Fig. 1. c.) dargestellt.

§. 444.

b) Durch den *Schleiden'schen* Cytoblasten. Wenn bisher in botanischen Schriften vom Zellkern die Rede war, so ist damit gewöhnlich der *Schleiden'sche* Cytoblast gemeint worden. Dieser entsteht, wie alle übrigen Zellkerne, durch Aggregation von proteinhaltigen Molekülen. *Schleiden* hat seine Entstehung besonders im Albumen von *Chamaedorea Schiedeana*, *Phormium tenax*, *Colchicum autumnale*, *Pimelea drupacea* und „vielen Papilionaceen“ beobachtet. In der bildungsfähigen Flüssigkeit zeigen sich unter kleinern auch einige grössere proteinhaltige Körnchen, welche *Schleiden* Kernkörperchen (*nucleoli*) nennt; um diese häufen sich die andern Körnchen allmähig an, indem sie mehr oder weniger zusammenfliessen und so eine dickere oder dünnere Scheibe bilden. Liegen zwei oder drei solcher Scheiben neben einander, so fliessen sie mitunter ebenfalls zu einem zusammen. So bildet sich der „Cytoblast“, welcher in jüngern Zellen häufig convexer, körniger und mit soliden Kernkörperchen versehen ist; in ältern Zellen ist er gewöhnlich flacher, homogener und das Kernkörperchen hohl. Er ist übrigens sehr häufig in jungen Zellen der Phanerogamen anzutreffen. Die Zellenbildung geht nun auf die Weise vor sich, dass sich zunächst, wie bei den früher besprochenen Zellen, eine gelinose Schicht um denselben zeigt, welche sich zur Membran verdichtet, deren Consistenz und Dicke verschieden ist. Ist diese Membran fertig, so entfernt sie sich in einem grossen Theile von dem Cytoblasten, indem sie sich erweitert und der letztere nur an einer kleinen Stelle mit der Membran in Verbindung bleibt, so dass er hierdurch eine laterale Lage in der Zelle einnimmt. Doch gibt es auch einzelne Fälle — wie z. B. bei *Zygnema* und *Spirogyra* — wo der Cytoblast eine centrale Stellung in der Zelle hat (Tab. 14. Fig. 2.). Eine anderweite Erscheinung, welche mit dem Auftreten des Cytoblasten verbunden ist, sind die Strömchen, welche von demselben ausgehen. Diese Strömchen werden auch von

proteinhaltigen Molekülen gebildet, welche in einer zähen Flüssigkeit langsam um den Cytoblasten, dann von da in einfachen oder verästelten Radien nach der Zellenwand sich bewegen, hier aber in ein besonderes System netzförmig verschlungener Wandströmchen übergehen. Diese Wandströmchen bilden eine siebförmig durchbrochene Proteinhaut unmittelbar unter der Gelinmembran und sie sind eigentlich als die äusserste Grenze des Zellenskernes anzusehen, welche einestheils mit dem Cytoblasten unmittelbar, andernteils durch die radialen Strömchen in Verbindung stehen. Ich muss jedoch bemerken, dass die Strömchen erst dann recht deutlich gesehen werden können, wenn sie in einen gewissen Grad der Erstarrung übergegangen sind. In den erstarrten Strömen ist aber die Bewegung der Moleküle nicht mehr zu bemerken. Ueberall wo man die Bewegung der Wandströmchen einigermaassen deutlich sieht, wie z. B. bei den Zellen der beerenartigen Frucht von *Symphoricarpos racemosa* und besonders in den Brennhaaren der *Urtica*-arten (Tab. 10. Fig. 7.), ist das Stromnetz sehr weitläufig. Wo es wie bei *Symphoricarpos* sehr fein zertheilt ist (die Breite und Verbindungen der Ströme sind hier nämlich bei den neben einander liegenden Zellen verschieden), da habe ich die Strömung in der noch lebenden Zelle nicht sehen können, obschon Jodtinctur die Schleimströmchen erstarren und so der Betrachtung zugänglich macht.

Die radialen Ströme werden überhaupt erst deutlich sichtbar, wenn bei ihnen ein niederer Grad der Erstarrung schon eingetreten ist. Die Erstarrung schreitet vom Cytoblasten nach der Peripherie vor, so dass die Radien bei noch wachsenden Zellen — deren Ausdehnung von dem Wachsthum der Radien abhängig ist — an ihrem äussersten Ende noch flüssig (und daher hier schwer oder gar nicht zu sehen), während sie nach dem Cytoblasten zu ganz deutlich wahrzunehmen sind. Dass sie wirklich bis zur Wand gehen, ja dieselbe durchbrechen und jenseits ihre Bewegung fortpflanzen, beweist die Untersuchung der fertigen Zellen, wo man die Enden der Radien bis dahin genau verfolgen kann, weil sie in der fertigen Zelle ebenfalls bis dahin erstarren. Ich werde die einzelnen Beispiele hierzu anführen (§. 445 — 456).

§. 445.

1. Beispiel. Keimzellenbildung bei *Anthoceros laevis*. Tab. 5. Fig. 3. In einer jungen Gelinmutterzelle zeigt sich anfangs ein Cytoblast (a.) mit sichtbaren radialen Strömchen; daraus

werden dann durch Theilung desselben zwei (b.), drei (c.) bis vier (d. e.). Da wo die Enden der Strömchen an einander stossen, begrenzen sie sich gegenseitig, indem an dieser Stelle jeder Cytoblast eine Wandströmung um sich herum erzeugt. Der Cytoblast scheint dabei späterhin zu schwinden (Fig. g.); in solchen Fällen, wo die Wandströmung nicht ordentlich zur Entwicklung kommt (f.), ist er auch noch deutlich zu sehen. Die so entstandenen und vergrösserten Kernkörperchen sind auf ihrer Oberfläche ebenfalls mit kurzen Radien besetzt, welche später zu den kleinen Stacheln erhärten, womit die sogenannte „Sporenhaut“ bei diesen Keimzellen versehen ist. Zwischen den Abtheilungen dieser Körperchen, deren Radien anfangs an einander stossen (Fig. g.), sammelt sich nun ein flüssiger Gelinschleim, der sie deutlicher von einander trennt (Fig. k.) und dann um jeden einzelnen Kernkörper zur Zellenhülle erhärtet. Dieser Zeitpunkt gibt sich durch trennende Linien (Fig. i.) zu erkennen. Es ist dabei noch bemerkenswerth, dass die Mutterzelle in diesen letzten Stadien anfängt sich von innen nach aussen zu erweichen (e—i.) und zuletzt ganz aufzulösen. Auch die Gelintochterzellen, welche in Fig. i. zu sehen sind und die weichstachelige Proteinhülle einschliessen, lösen sich bei völliger Reife der Keimzellen (wobei sich die Proteinhülle verdickt) wieder auf, so dass die letztern in der That ausserhalb von einer Proteinhülle umschlossen werden, welche der Einwirkung der stärksten Säuren (wie alle erstarrten Proteinebildungen) trotzt. Die siebförmige Durchlöcherung der Membran ist eine Folge der netzförmigen Wandströmung. Ich werde hierauf später noch einmal zurückkommen ⁴). Vergl. §. 486.

§. 446.

2. Beispiel. Junge Parenchymzellen in der unreifen Fruchthülle bei *Atropa Belladonna*. Tab. 6. Fig. 5. — Die Abbildung zeigt grosse Parenchymzellen aus Gelinsubstanz. Vom Cytoblasten gehen zarte radiale und zum Theil erstarrte Strömchen aus, die sich bisweilen verzweigen. Man sieht, dass die Spitzen der Strömchen benachbarter Zellen zusammenstossen. Sowol der Cytoblast als auch die erstarrten Strömchen sind mit Chlorophyllkörnchen bedeckt. In der Zelle a. sind die innern Theile zerfallen und die zerstreuten Moleküle zeigen Molekularbewegung (§. 168).

§. 447.

3. Beispiel. Junge Parenchymzellen aus einer noch nicht reifen Weinbeere. Tab. 6. Fig. 4. d. Die eine Zelle

zeigt deutlich den wandständigen Cytoblasten; die radialen Strömchen verzweigen sich und sind an den Stellen, wo die Zweige ausgehen, etwas verdickt. Sie sind, wie der Cytoblast mit einzelnen Chlorophyllkörnchen besetzt.

Aehnliches zeigen die Parenchymzellen der Frucht von *Symphoricarpos racemosa* (Tab. 5. Fig. 5. a.) und *Berberis vulgaris* (Tab. 8. Fig. 8. a.).

§. 448.

Diejenigen erstarrten Wandströmchen, welche ein dichteres Netz bilden, sind von *Mohl* mit unter dem Namen Primordialschlauch begriffen worden; diese Benennung ist aber auch der äussern Proteinhaut hohl gewordener Zellenkerne beigelegt worden. Das hautartige Netz der mehr oder weniger erstarrten Wandströmchen ist, mit wenigen Ausnahmen, ohne Anwendung chemischer Hilfsmittel nicht zur Anschauung zu bringen. Die Haut ist farblos und überzieht die innere Gelinzelle, sich an deren Wand unmittelbar und innig anschliessend.

4. Beispiel. Auf Tab. 5. Fig. 5. b. ist dieses Proteingewebe dargestellt, wie es sich in dem Merenchymzellen der Beeren von *Symphoricarpos* nach der Behandlung mit Jodinctur darstellt; in Fig. c. zeigt es sich nach der Behandlung mit concentrirter Schwefelsäure in ein zerrissenes Netz zusammengeschrumpft und von dunkelbrauner Farbe.

5. Beispiel. Die Parenchymzellen in den Beeren der *Berberis vulgaris*, welche auf Tab. 8. Fig. 8. b. c. dargestellt sind, zeigen das Proteingewebe viel dichter, so dass dasselbe eine wahre innere Proteinzelle bildet, welche übrigens bei allen jungen Hohlzellen auch schon mittelst Alkohol zum Vorschein kommt, weil sie sich zusammenzieht.

§. 449.

6. Beispiel. Wenn man Zellengewebe aus einem Blattstiel von *Beta vulgaris* mit Salpetersäure kocht, so lösen sich die Zellen sehr leicht von einander ab, werden sehr klar und durchsichtig, ohne dass die innern Zellenströmchen, welche erstarrt sind, verändert werden; die Wandströmchen müssen hier sehr dicht sein, denn die Haut der Proteinzelle zeigt nur sehr kleine Moleküle, welche in spiraligen und sich kreuzenden Linien stehen (Tab. 6. Fig. 4. b.). Bei der danebenstehenden Figur a. ist nur das innere Gewebe mit dem Cytoblasten abgebildet; es zeigt vielfache Verästelung und Anastomosen, ebenso bei c. eine heraustretende Proteinfaser, welche sich in den benachbarten Inter-cellulargängen befand.

7. Beispiel. Auf derselben Tafel Fig. 2. ist eine Zelle aus einem trocknen Blattstiel einer *Musa* dargestellt, welche wieder aufgeweicht und mit Jodintinctur behandelt wurde. Sie zeigt die steifen erstarrten Strömchen sehr zahlreich und wie Spinnwebefäden durcheinander, ohne Zellkern. Man kann übrigens hier dieses Gewebe auch ohne Anwendung der Jodintinctur schon sehen.

§. 450.

8. Beispiel. Tab. 7. Fig. 1. Zellengewebe aus der Zittwerwurzel (*Curcuma Zedoaria Roxb.*). Die Zellen des Parenchyms enthalten viel Stärkmehl und zwischen ihnen finden sich einzelne grössere mit gelbem ätherischen Oele gefüllt (a.). Wenn man einen Abschnitt dieser Wurzel mit Salpetersäure kocht, so wird das Stärkmehl aufgelöst, die Zellen treten sehr deutlich hervor und lassen inwendig das Gewebe der Proteinfasern erkennen, welches die einzelnen Stärkekörperchen einhüllte (Fig. b.). Werden diese Zellen mit Ammoniakflüssigkeit behandelt, so werden die Proteinfasern deutlich gelb; behandelt man aber die Zellen vorher mit Aetzkalklauge, so werden die Fasern nur grösstentheils gelöst.

§. 451.

9. Beispiel. Auch bei den Maiskörnern sind die Stärkekörperchen einzeln von einer Proteinhülle umgeben; dieses Proteingewebe habe ich Tab. 7. Fig. 3. b. abgebildet und man erhält es ebenfalls zur Ansicht, wenn man einen feinen Schnitt aus dem Eiweisskörper dieses Samens mit kochender Salpetersäure, oder auch mit concentrirter Schwefelsäure behandelt und mit Wasser auswäscht, bis alle Stärke zerstört ist.

§. 452.

10. Beispiel. Fast noch ausgezeichneter, als die bisherigen Fälle, zeigt das innere Proteingewebe die Altheewurzel. Es ist gleich, ob man sie trocken oder frisch anwendet. Auch hier muss die Wurzel vorher zur Entfernung des Stärkmehls mit Salpetersäure ausgekocht werden. Man sieht dann das Gewebe der Proteinfasern innerhalb der Zelle, wie ich es Tab. 7. Fig. 4. a. dargestellt habe. Aber es kommen auch vielfach gekrümmte und ästige Proteinfasern in den Intercellularräumen vor, welche mit denen innerhalb der Zellen zusammenhängen und jedenfalls eine Fortsetzung derselben sind. Obschon diese Bildungen auch ohne Weiteres mit einem guten Mikroskope gesehen werden können, so kann man sie jedoch noch deutlicher und bequemer sehen,

wenn man das Präparat mit Jodintinctur behandelt. Fig. b. und c. sind die Interellularfasern, welche unter andern Umständen und bei gehörigem Vorrath von Gelinsubstanz gewiss die Kernkörper für Bast- und Holzzellen abgegeben hätten.

§. 453.

Auffallende Bildung des Zellenskerns bei den Zygneemen, Cladophoren und noch einigen andern Fällen.

11. Beispiel. *Primula sinensis*. Tab. 10. Fig. 1. — a. b. sind Zellen aus dem Blattstiel dieser Pflanze. Die erste Zelle zeigt bei a. den Cytoblasten, dessen Strömchen sich mit den Strömchen einer Anzahl anderer Cytoblasten (?) vereinigen und verschlingen, welche jedoch mit ausgezeichnet schönen Chlorophyllkörnern besetzt sind, während der erste frei davon ist. — Die zweite Zelle b. zeigt keine Cytoblasten; sie ist mit Jodintinctur und Schwefelsäure behandelt und zeigt deutlich wie einige Ströme von dem hohlen Zellenskern heraustreten zur Nachbarzelle und dadurch die Gelinzelle durchbohren, was aber schon vor der Bildung der Gelinzelle mit dem Gelinschleim der Fall gewesen. Die Figuren c. d. e. sind junge Haarzellen vom Blattstiel derselben Pflanze, welche den Cytoblasten und die von ihm ausgehenden Strömchen auch hier zeigen.

§. 454.

12. Beispiel. *Spirogyra decimina*. Tab. 14. Fig. 2. Von den grünen Spiralbändern sind die mittlern nicht gezeichnet, um den Cytoblasten, der hier gleichsam im Centrum der Zelle mittelst der von ihm ausgehenden Strömchen aufgehängt ist, deutlicher zur Anschauung zu bringen. Der Zellenskern, um welchen sich die Gelinzelle legt, besteht aus folgenden Theilen: 1) dem Cytoblasten mit seinen radialen Strömchen, welche 2) an der innern Gelinwand in sehr zarte Wandströmchen übergehen, die eine sehr zarte netzförmige Haut aus Proteinstoff bilden, 3) unmittelbar unter dieser Haut kommt eine dickere Schicht, welche durch Chlorophyll grün gefärbt ist und ebenso aus Proteïn, als andern Substanzen aus der Cellulosereihe besteht; unter diesen letztern scheiden sich besonders deutlich Stärkekörnchen aus, welche in der anfangs ziemlich continuirlichen Schicht sich in spiralige Reihen ordnen; diese Reihen treten dann mehr oder weniger aus einander und die ganze Schicht zertrennt sich in ein spiraliges Band, dessen Ränder durch die zähe Beschaffenheit der Substanz in Folge dieser Trennung zackig zerreißen. Ich

habe diesen Vorgang früher bei *Spirogyra quinina* beobachtet und davon in der „*Phycologia generalis*“, Tab. 15. I. eine Abbildung gegeben. Die zerrissenen Ränder der neben einander liegenden Spiralbänder correspondiren in so fern mit einander, als die Zacken der benachbarten Ränder sich gegenseitig berühren, oder wenigstens nahe stehen, was man auch in der Abbildung der *Spirogyra decimina* Tab. 14. Fig. 2. bemerkt. Es ist sehr wahrscheinlich, dass zwischen den zackigen Rändern der Spiralbänder Strömchen vorkommen. An den grünen Spiralbändern scheiden sich oft noch helle Oeltröpfchen aus, deren Vermehrung jedesmal ein Verschwinden des zackigen Randes des Spiralbandes zur Folge hat. Diese Oeltröpfchen bilden sehr schöne Vacuolen an den Bändern. Der übrige Theil der Zelle ist mit farblosem wässerigen Saft erfüllt.

§. 455.

13. Beispiel. *Zygnema cruciatum*. Tab. 14. Fig. 1. In einer Zelle befindet sich ein Zwillingscytoblast, dessen beide Hälften durch ein isthmusartiges Stielchen vereinigt sind, welches ein Kernkörperchen erkennen lässt. Die nach der Wand gehenden, zum Theil erstarrten radialen Strömchen sind, wie der dunkle Hauptkern, durch Chlorophyll grün gefärbt. Bei der Zellenvermehrung theilt sich hier nicht der Cytoblast am Isthmus, sondern die Theilung geht durch die Mitte jeder der beiden Zwillingskörper, senkrecht gegen die Längenaxe des cylindrischen Gliedes. Auch hier entstehen häufig Molekularbewegungen in der Zelle durch Auflösung der radialen Strömchen, von der Spitze zur Basis.

§. 456.

14. Beispiel. *Cladophora flavescens*. Tab. 14. Fig. 3. Ein Cytoblast in der Weise wie bei *Zygnema* und *Spirogyra* ist hier noch nicht nachgewiesen, wol aber Wandströmchen von proteinhaltiger Substanz, wie bei *Zygnema*. Unter diesen kommt ein System von körnigen Substanzen, welche theils aus Amyl, theils aus Proteïn bestehen, vor. Letztere sind schwach grün gefärbt, umhüllen die Amylkörnchen und verbinden sie zu Spiralfäden, welche sich durchkreuzen. Der übrige Inhalt der Zelle ist farblos, flüssig und homogen.

§. 457.

Weitere Vorgänge, welche man bei den complicirten Formen des Zellkernes wahrnimmt und zu betrachten sind, beziehen

sich theils auf die Bewegungen der in ihm enthaltenen Flüssigkeit, theils auf die Bildung von Amylkörperchen, welche die Höhlungen des innern Zellkerns ausfüllen. Der Zellkern geht nach unserer Feststellung da an, wo die innere Grenze der Gelinzelle ist. Die eigentliche Zellenflüssigkeit ist daher, wo sie vorhanden, nicht unmittelbar von der Gelinzelle, sondern von der Proteinzelle eingeschlossen, welche die innere Gelinzelle auskleidet; sie gehört mit zum Zellkern, wie Alles, was die Proteinhaut einschliesst. Bewegungen müssen überall stattfinden, wo Gebilde entstehen; aber sie sind nicht immer beim organischen Process unmittelbar zu beobachten, theils weil sie bei sehr verdickten Flüssigkeiten zu langsam von Statten geht, theils weil in leicht beweglichen Flüssigkeiten die Bewegung der flüssigen Moleküle an sich nicht sichtbar ist. Nur wenn in bewegten Flüssigkeiten freie starre Körperchen schwimmen, welche von der Bewegung mit fortgerissen werden, kann dieselbe deutlich wahrgenommen werden. Es sind mehrere Fälle bekannt, wo dies stattfindet, und unter diesen zeichnet sich die Zellenflüssigkeit bei den Charen, *Vallisneria spiralis* und der Wurzelhaare von *Hydrocharis morsus ranae* aus. Sie ist aber auch noch bei mehreren andern Wasserpflanzen, welche zur Familie der Najaden und Hydrocharideen gehören, beobachtet worden. Bei der Charenfamilie wählt man am besten die durchsichtigen *Nitella*arten aus.

§. 458.

Bewegung des Zellensaftes in *Nitella flexilis*. Nach den neuesten Untersuchungen *Goeppert's* und *Cohn's* („Botan. Zeitg.“ 1849, Sp. 665 fg.) besteht der Inhalt der Nitellazelle — also der Zellkern — 1) „aus der zum Theil im Protoplasma eingebetteten Chlorophyllschicht, die wieder aus zahllosen, Amylum enthaltenden Bläschen besteht; 2) aus der in unmittelbarer Rotation begriffenen, dickflüssig gallertartigen Protoplasmaschicht, die unzählige kleine Körnchen, einzelne stabförmige und Wimperkörperchen, zahlreiche Amylon- und Chlorophyllkügelchen und wasserhelle Bläschen enthält“. 3) „Aus dem eigentlichen schleimig-wässerigen Zellsaft, der nur durch Berührung mit der rotirenden Protoplasmaschicht um sich selbst gewälzt wird, und sehr zahlreiche wasserhelle Bläschen, unregelmässige Scheiben aus verschiedenen Stoffen und Wimperkörperchen einschliesst“. Was die Verf. nach dem Vorgange v. *Mohl's* Protoplasma nennen, ist ein mehr oder weniger schleimartiges Gemenge von Proteïn mit verschiedenen Substanzen der Cellulose-

reihe. Die Verf. sagen ferner, dass die rotirende „Protoplasmaschicht“ dem Primordialschlauch v. *Mohl's* entspreche. Dieser Meinung kann ich nicht beitreten, weil das Kennzeichen des „Primordialschlauchs“ eben darin besteht, dass derselbe die innere Wand der eigentlichen Zelle unmittelbar auskleidet. Diese Auskleidung von Seiten einer Proteinhaut, an deren innerer Fläche die Chlorophyllkugeln in spiraligen Reihen sitzen, ist auch bei *Nitella* vorhanden. Sie entspricht vielleicht den oben besprochenen netzförmigen Wandströmchen, die hier durch die Chlorophyllkörner bedeckt werden. Die Rotationsschicht ist daher die dritte Schicht des Zellkerns (von Aussen nach Innen); die vierte Schicht ist die innerste; sie bildet gleichsam einen Schleimkörper, um welchen herum die Rotationsströmung der dritten Schicht stattfindet. Die Strömung bildet eine aufsteigende und absteigende Spirale, so, dass in der ganzen Pflanze die sich entsprechenden Stromrichtungen auf einer Seite liegen. Wo zwei Zellen zusammenstossen, besitzen die an der Scheidewand verlaufenden Ströme eine entgegengesetzte Richtung. Unterbindet man eine lange *Nitellazelle* mit der nöthigen Vorsicht, so theilt sich der Strom in derselben Weise, als wenn zwei Zellen entstanden wären.

§. 459.

Bewegung des Zellensaftes in andern Pflanzen. Bei den übrigen Pflanzen ist die Bewegung des Zellensaftes nicht spiralig, sondern ellipsoidisch, indem sie an einer Seite der Zellwand hinauf und an der andern hinabgeht. Die Zellen der Wurzelhäutchen von *Hydrocharis* zeigen wegen ihrer Klarheit das Phänomen sehr schön. Bei *Vallisneria* eignen sich am besten die Zellen des untern Blatttheils. Man macht einen Schnitt, parallel der Blattfläche, und bringt denselben unter das Mikroskop. Die Bewegung wird zwar durch den Schnitt momentan unterbrochen, beginnt aber in kurzer Zeit von Neuem. Auch hier ist die rotirende Flüssigkeit die dritte Schicht des Zellkerns, nur sind hier die Chlorophyllkörner nicht so dicht auf der innern Wand der Proteinzelle gelagert. Die Richtung des Stromes ist auch ziemlich unbestimmt; man trifft Zellen an, welche im Vergleich mit ihren Nachbarn bald dieselbe, bald eine entgegengesetzte Richtung des Stromes zeigen.

§. 460.

In Bezug auf *Nitella* muss ich noch bemerken, dass die Rotationsschicht von der äussersten Proteinhaut bei ganz jungen Zellen nicht durch eine Chlorophyllschicht getrennt ist, diese

vielmehr sich erst später dazwischen schiebt. Dieser Umstand macht es mir wahrscheinlich, dass die in den Brennhaaren der Nesseln vorkommenden Ströme nicht der äussersten Wandströmung angehören, sondern eine zweite innere Schicht ausmachen, welche der Rotationsschicht bei Nitella und ähnlichen Fällen entspricht. Die Strömung hat in den Brennhaaren ebenfalls eine spiralgige Richtung.

§. 461.

Wo der innere Raum des Zellenkerns sich auf eine andere Weise gestaltet und wo namentlich fadenförmige, verästelte und anastomosirende Proteinformen auftreten, die später erhärten, da scheiden sich zwischen ihnen auch andere Substanzen aus, welche bei den saftigen Früchten und Wurzeln der Pectinreihe, bei andern aber der Amyl- oder Inulingruppe angehören. Die Pectinsubstanzen besitzen keine solchen Formen, welche man unter dem Mikroskope erkennen kann. Beim Inulin und Amylon ist dies aber der Fall. Beide sind übrigens oft mehr oder weniger mit Oeltröpfchen vermischt, oder auch, wie im Albumen oder den Cotyledonen öliger Samen, durch das Oel vertreten.

Ueber das Inulin habe ich in §. 400 mich schon so hinreichend ausgesprochen, dass ich über dessen Form Nichts weiter zu berichten habe.

Ueber die Formen des Amylon werde ich mich jetzt verbreiten.

§. 462.

Amylonformen. Der Stoff, den ich im zweiten Buche §. 389 unter dem Namen Amyl abgehandelt habe, kommt in verschiedenen, aber bestimmten Körperformen vor, welche man Amylon oder Stärkekörner genannt hat. Das Amylon ist auf seine Structur schon vielfach untersucht worden; die erste genaue Untersuchung rührt von *Fritsche* her. Unter den neuesten Untersuchungen sind besonders die von *Schleiden* („Grundzüge d. wissensch. Botanik“) hervorzuheben. Sie zeichnen sich durch eine solche Gründlichkeit aus, dass ich diesen Mittheilungen nur wenig Eigenes hinzufügen kann. Um die allgemeine Structur dieser Körperchen kennen zu lernen, bedient man sich am besten der Kartoffelstärke. Die kleinsten Gebilde der Kartoffelstärke erscheinen gleich vom Anfang an als feste derbe Kügelchen von sphärischer Form; ihre Substanz ist höchst klar, durchsichtig, homogen und farblos. Das Amyl muss gleich nach seiner Entstehung diese feste Form annehmen, denn man findet es nirgends in der Zelle auf-

gelöst oder flüssig. Werden die Stärkekügelchen grösser, so gehen sie durch ungleiches Wachsthum der verschiedenen Seiten in eiförmige, längliche oder rundeckige Formen über und man bemerkt an diesen Formen, dass sie aus über einander liegenden Schichten oder Schalen bestehen, die sich um einen Kern herumgelegt haben. Die Anzahl dieser Schalen wächst mit der Grösse des Amylonkörpers. Die meisten dieser Körperchen lassen ein dünneres oder mehrere hervorragende stumpfe Enden erkennen, von welchen immer eins den Kern erkennen lässt. Dieser erscheint schon bei sehr kleinen Körperchen als ein dunkler Punkt, welcher immer eine excentrische Lage hat. Er ist mitunter der äussersten Grenze so nahe, dass er selbst in ihr zu liegen scheint. Ich halte diesen dunkeln Punkt für eine Vacuole, welche Luft enthält. Die Schalen, welche sich um diese Vacuole herumlegen, werden unter dem Mikroskop durch zarte Linien von verschiedener Deutlichkeit angezeigt. Diese sind zunächst der Vacuole ziemlich kreisförmig, werden aber, je weiter sie von derselben abstehen, ei- oder ellipsenförmig. Sie laufen sämtlich in sich wieder zurück, obschon es an den Stellen, wo sie so eng beisammen liegen, dass man sie nicht einzeln erkennen kann, scheint, als endigten sie daselbst. Lässt man die Stärkekörperchen durch Bewegung des Wassers sich drehen und wälzen, so bemerkt man dieselbe Structur, in welcher Lage sich auch dasselbe befinden mag. Diese Erscheinung beweist, dass die erwähnten Linien keine oberflächliche Lage haben, sondern dass sie von einer vielschaligen Structur eines hohlen Körperchens herrühren. Wo die Linien sehr dicht beisammen stehen, sind diese Schalen ungemein dünn; wo sie entfernter stehen, sind sie verdickt. Von dieser schaligen Structur kann man sich besonders leicht überzeugen, wenn man die Cotyledonen der Linsen und Bohnen zur Untersuchung wählt, in welchen das Stärkmehl durch die verhärtete Leguminsubstanz ziemlich fest zusammengekittet wird, so dass man die zartesten Abschnitte mit dem Messer und mit diesen auch immer einzelne Scheibchen von durchschnittenen Stärkekörperchen erhalten kann. Die Höhlung ist bei diesen Amylonkörperchen sehr deutlich, und die schalige Bildung lässt sich nicht verkennen (Taf. 7. Fig. 2. b. c.). Ausserdem aber bemerkt man noch hier, dass von der Vacuole aus Porenkanäle nach allen Seiten hin strahlig ausgehen, deren Ende jedoch nicht ganz bis an die äusserste Grenze ganz sicher verfolgt werden kann. Nur bei dem Amylon von Zea Mais habe ich diese Kanäle einige Male bis an die Peripherie genau wahrge-

nommen (Taf. 7. Fig. 3. a.). Man bemerkt bei einem solchen durchschnittenen Stärkekörper ferner, dass die innern Schichten weicher als die äussern sind; ob auch jünger? Ich vermute das letztere und schliesse daraus, dass ihre Bildung und weiteres Wachsthum ganz mit der Zellenbildung und dem Zellenwachsthum übereinkommt, dass der Zellenkern hier durch ein Luftbläschen und die Zellenwand durch Amylsubstanz vertreten wird. Die Schalen sind daher Verdickungsschichten der Amylzelle, wie wir sie schon bei der Bassorin- und Gelacinzelle kennen gelernt haben und noch ferner bei der Gelinzelle kennen lernen werden. Solche ähnliche Amylkörperchen, welche die Zellenform besitzen, habe ich aus der Altheewurzel (Taf. 7. Fig. 4. f.), der sogenannten Muskatnuss (Fig. 9.) und aus dem Rhizom von *Iris florentina* (Fig. 6.) abgebildet. Das Wichtigste bei diesen Formen ist jedoch noch der Umstand, dass man bei allen diejenigen Stärkekellen, welche Porenkanäle zeigen, in einer solchen Lage neben einander findet, dass die Kanäle der einen mit denen der benachbarten Zellen correspondiren; eine Erscheinung, welche wir in der Folge bei der nähern Betrachtung der Gelinzellenwand noch viel häufiger finden werden. Daher kann man diese Amylzellen als Tochterzellen von Gelinmutterzellen betrachten, welche durch ihre Verbindung und Verkittung mittelst der Proteïnsubstanz ein eignes, in einen kleinern Kreis eingeschlossenes Amylzellengewebe bilden. Diese Ansicht wird besonders geweckt und bestätigt durch die Structur des Eiweisskörpers von *Zea Mais* (Taf. 7. Fig. 3.).

Aber nicht alle Stärkekörperchen zeigen diese zellenartige Form, obschon sie fast sämmtlich eine schichtenartige Structur mehr oder weniger deutlich erkennen lassen. So ist z. B. der Kern bei den plattgedrückten Amylonformen der *Zingiberaceen* (Tab. 7. Fig. 1. c. aus *Alpinia Galanga*) nur sehr schwach zu erkennen; bei den auf derselben Tafel abgebildeten Körperchen aus dem Albumen von *Avena sativa* (Fig. 5.), der Wurzel von *Cephaëlis Ipecacuanha* (Fig. 8.) und der *Sassaparilla* (Fig. 7.) ist jedoch gar keiner zu erkennen. Diese Körperchen zeichnen sich jedoch sämmtlich dadurch aus, dass sie sich theilen und zuletzt in Stückchen zerfallen. Ob diese Theilchen wirklich keinen Kern haben, oder ob derselbe wegen seiner Kleinheit nicht zu bemerken ist, kann ich nicht entscheiden. Ich vermute das letztere. Sehr merkwürdige Formen des Stärkmehls kommen noch bei *Dieffenbachia seguine*, im Milchsafte der saftigen tropischen *Euphorbien* und mehreren andern Pflanzen vor.

Mit meiner Ansicht — dass die Amylonkörper, welche einen

Kern erkennen lassen, als Zellen zu betrachten sind, deren Wand, statt aus Bassorin und Gelin, aus Amyl besteht, und deren Schalen den Verdickungsschichten anderer Zellen gleichen, ferner, dass die ältesten Schichten die äussern, die jüngsten die innersten sind; — mit dieser Ansicht stimmt nicht die anderer Physiologen überein, indem sie in den Stärkekörperchen etwas Besonderes erblicken. So nimmt z. B. auch *Schleiden* („Grundzüge d. wissensch. Botanik“, 3. Ausg., I, p. 187) an, dass die Schalen sich nicht inwendig erzeugen und ansetzen, sondern sich von Aussen um den Kern herumlegen, und als Beleg dafür führt er die Körner von *Bletia* an. Die Ungleichheiten aber, welche sich hier bei der Ausbildung der Schichten zeigen, kommen bei allen Zellen mehr oder weniger vor und ich werde später zeigen, dass alle Gelinzellen, welche zu besonderm Gewebe vereinigt sind, an allen denjenigen Stellen dickere Schichten haben, welche nicht in unmittelbare Berührung mit den Nachbarzellen kommen, sondern die Wände der Intercellularräume bilden helfen. Auch bei dem Stärkmehl ist es der Fall, dass die dickern Schichten jedesmal nach der Seite hin sich bilden, wo der Raum eine grössere Ausdehnung gestattet.

Die Substanz der Amylzellen ist dadurch ausgezeichnet, dass sie in heissem Wasser aufquillt. Der Amylonkörper schwillt dadurch zu einem drei- bis viermal grössern Volumen an und wird sehr weich und gallertartig. Die Anschwellung scheint sich auf alle Schichten fast zu gleicher Zeit zu verbreiten. Dabei drehen und winden sich die Körperchen, und zuletzt liegen sie wie kleine, durch ihre eigene Schwere flach zusammengefallene Blasen neben einander. Jodintinctur zeigt an, dass sie durch und durch aus gleicher Substanz — aus Amyl — bestehen. Dextrin und Zucker ist nicht in ihnen enthalten.

Wenn man dieselben Körperchen auf dem Objectträger in kaltem Wasser vertheilt und dann concentrirte Schwefelsäure zusetzt, so kann man die Anschwellung, wie sie allmählig anhebt und sich weiter verbreitet, sehr gut unter dem Mikroskop verfolgen. Es entstehen da, wo die Körperchen dichter beisammen liegen, Kleistermassen. Setzt man verdünnte Jodintinctur hinzu, so wird die Masse blau gefärbt. Kaltes Wasser spült bei der Bewegung (schon durch blosses Herabfliessen beim Schiefhalten des Objectträgers) zarte Häutchen ab, welche unter guter starker Vergrösserung ein sehr aufgelockertes faseriges und verworrenes Gewebe zeigen. Wird noch mehr Schwefelsäure hinzugefügt, so löst sich das zusammenhängende Gallertfasergewebe in sehr kleine

runde Moleküle auf, welche zuletzt ebenfalls verschwinden, bis Alles zu einer homogenen Flüssigkeit (Dextrin und Zuckerlösung) geworden.

Ich pflichte der Ansicht *Schleiden's* bei, dass die dunklen Linien, welche die Amylonschichten begrenzen, von einer zwischen denselben befindlichen Luftschicht herrührt.

Erhitzt man Stärke auf einem Platinblech so weit, dass die unterste Lage gelblich, oder nur schwach gebräunt wird, so erlangt sie dadurch (selbst wenn sie erkaltet ist) die Fähigkeit, in kaltem Wasser aufzuquellen. Der Kern ist dann deutlicher als luftgefüllter Raum zu erkennen und ebenso werden auch die Schichten deutlicher sichtbar. Bei noch stärkerer Erhitzung findet eine theilweise Schmelzung der Körperchen Statt und bei einzelnen springen die Schichten an verschiedenen Stellen so aus einander, dass sie sich bisweilen wie Zwiebelschalen ablösen.

Alle diese Erscheinungen können besonders bei der Kartoffel- und Weizenstärke wahrgenommen werden; aber auch die übrigen Stärkearten zeigen sie mit mehr oder weniger kleinen Abweichungen.

Ehrenberg hat kürzlich das chromatisch-polarisirte Licht bei der Untersuchung der Stärkemehlkörperchen angewandt. Im Ganzen ist dadurch die Kenntniss von der Structur derselben nicht gefördert worden; doch hat sich diese Untersuchungsmethode in den Fällen als zweckmässig erwiesen, wo man es mit Körperchen zu thun hat, welche bei gewöhnlichem Lichte als homogen erscheinen. Die Stärkemehlkörperchen zerfallen nach diesen Lichterscheinungen in drei Gruppen:

- a) in rundliche mit rechtwinkeligem Farbenkreuz,
- b) in längliche mit unregelmässigem schiefen Kreuz,
- c) in längliche mit parallelen Längsstreifen ohne Kreuz.

In gewöhnlichem Lichte kann man bei den einzelnen Theilchen der zusammengesetzten Stärkekörperchen, welche in Tab. 7. Fig. 7. aus der *Sassaparilla* dargestellt sind, keinen Kern erkennen; das polarisirte Licht zeigt jedoch in jedem Theile ein besonders oft regelmässiges Kreuz, woraus man schliessen kann, dass auch hier der Kern, als Bildungscentrum, vorhanden ist; denn in allen übrigen Fällen zeigt sich der Durchschnittspunkt des Kreuzes jedesmal in der Höhlung des Amylonkörperchens. Das Amylon von *Ficaria ranunculoides* und *Saxifraga granulata*, welche ebenfalls in gewöhnlichem Lichte keinen Kern erkennen lassen, zeigen sich im polarisirten Lichte als Bildungen mit excentrischem Kerne. Im Allgemeinen gilt nämlich hierbei, dass diejenigen

Körperchen, welche ein regelmässiges Kreuz zeigen, jedesmal kugelförmig, oder solche platte Scheiben sind, welche den Kern in der Mitte haben; der Kern ist jedesmal die Kreuzungsstelle. Solche mit excentrischem Kern geben jedesmal ein schiefes Kreuz. Die parallelen Farbestreifen führt *Ehrenberg* auf sehr lang gestreckte schiefe Kreuze zurück, „deren Centrum ganz ausser der horizontalen Oberfläche liegt, die mithin nur halb sichtbar sind“.

Die Stärkegruppen, welche wir auf Tab. 7. Fig. 5 und 8. aus *Avena sativa* und *Cephaelis Ipecacuanha* abgebildet sehen, möchten hiernach sich ebenso wie die von der *Sassaparilla* verhalten.

§. 463.

a) Krystalle im Zellenkern. Es ist eine, jedem Pflanzenphysiologen bekannte Erscheinung, dass diejenigen Zellen, in welchen der oxalsaure Kalk in der Form der sogenannten Raphiden vorkommt, in derselben Progression wachsen, als die Krystallbündel selbst. Die krystallführenden Zellen sind daher immer genau der Grösse dieser Bündel angemessen; die kleinen Bündel haben kleine, die grossen grosse Zellen. Aber die Krystalle selbst bilden nie den Zellenkern allein, sondern auch hier wird die Gelinzelle inwendig von einer zarten Proteinzelle ausgekleidet. (Tab. 1. Fig. 1.)

b) Vorkommen von eigenthümlichen Vacuolen in dem Zellenkerne bei *Anthoceros laevis*. Tab. 5. Fig. 4. a. b. stellt die oberste Zellschicht des Laubes von *Anthoceros laevis* dar. Junge Zellen sind nämlich durchweg, bis ziemlich dicht an ihre Wand, inwendig mit einer homogenen grünen chlorophyllhaltigen Haut ausgekleidet; in der Mitte der Zellen sieht man den Cytoblasten. Aber die chlorophyllhaltige Haut liegt nicht unmittelbar der innern Wand der Gelinzelle an, sondern ist von derselben durch die sehr zarte Proteinhaut des hohlen Zellenkerns getrennt; zwischen dem Cytoblasten und der Chlorophyllhaut ist eine farblose schleimige Flüssigkeit. Diese Flüssigkeit dringt an verschiedenen Stellen durch die Chlorophyllhaut und sammelt sich zu runden, nach der Zellenwand hin oft abgeplatteten Tropfen zwischen der Proteïn- und Chlorophyllhaut an und bildet dadurch Vacuolen, welche sehr deutlich gegen die Chlorophyllschicht abstechen und die letztere einstülpen (Fig. a.). Diese Vacuolen wachsen und verdrängen dadurch die Chlorophyllmasse immer mehr, bis sie zuletzt nur noch den Cytoblasten und mitunter die von ihm ausgehenden radialen Strömchen umgibt (Fig. b.).

Es kommen übrigens diese Fälle nicht selten vor und sie sind auch schon von *H. von Mohl* angedeutet worden.

§. 464.

Schichtenbildung bei Gelinzellen.

Ich glaube nun, wenn auch nicht alle, doch aber die wesentlichsten und wichtigsten Veränderungen, welche der Zellkern bei seiner weitem Ausbildung erleidet, betrachtet zu haben, so dass ich zur Untersuchung der verschiedenen Formen der Gelinzelle und deren Bildung schreiten kann.

Diese Bildungen entstehen sämmtlich ausser dem Zellkerne, nämlich zwischen demselben und der ihn einschliessenden Gelinhülle. Diese ist anfangs, wie bei allen Zellenbildungen, weich, zart und einfach, aber sie wächst, indem sie gleichartige Substanz in sich aufnimmt. Obschon man nicht direct beobachten kann, ob sie diese Substanz von aussen her oder von innen durch den Zellkern zugeführt erhält, so nehme ich doch das letztere an, indem in allen Fällen, wo ich das Wachstumsverhältniss der Zellen genau verfolgen konnte, ich immer fand, dass dasselbe von dem Zellkerne abhängig war. Die ganze Thätigkeit der Zelle besteht darin, dass sie die rohe oder schon veränderte Flüssigkeit, aus der sich ihre Stoffe bilden, durch Endosmose in sich aufnimmt. Hier gehen nun die weitem Veränderungen in der Stoff- und Körperbildung mit derselben vor. Die gebildeten Stoffe bleiben nun entweder mehr oder weniger mit einander in der Zellenhöhle vermischt, oder sie scheiden sich von einander, indem die Moleküle der gleichartigen Substanzen in kleinern oder grössern getrennten Massen zusammentreten. Wie sie sich nun innerhalb des Zellkernes trennen und unter einander sich ordnen und an einander fügen, das haben wir gesehen; aber es treten nun auch dieselben aus dem Bereich des Zellkerns heraus. Wie das geschieht und welche Erscheinungen sich hieran knüpfen, das soll in den folgenden §§. erörtert werden.

§. 465.

Wie die erste Gelinhaut sich bildet, haben wir bereits gesehen. Alle Zellenarten, welche wir hier abhandeln, beginnen mit dieser Gelinhaut. Bei weiterm Wachsthum der Zelle aber verdickt sich diese Haut auf die Weise, dass ihr von dem flüssigen Bestandtheile des Kernes neue Substanz zugeführt wird; diese kann nun sein ebenfalls Gelinsubstanz oder eine andere.

Es sind mir bis jetzt zwei Fälle bekannt, wo die vom Zellen-

kern abgesonderten Verdickungsschichten aus einer andern Substanz bestehen, als die ursprüngliche Zellenhaut; nämlich in dem Eiweisskörper der Cardamomen, wo die Verdickungsschicht aus Amyl, und in den Zellen der sogenannten Macis (Muskatblumen), wo die Verdickungsschicht vielleicht aus Inulin besteht.

§. 466.

a) Amylschichten.

Der Eiweisskörper der Cardamomensamen ist sehr weiss, hart und spröde. Macht man einen zarten Schnitt und weicht denselben in Wasser auf, so bemerkt man in der Zellenwand eine feinkörnige Structur. Die vermeintlichen Körner liegen aber in einer gewissen Ordnung dicht beisammen und sind von gleicher Grösse. *Schleiden* rechnet diese Schicht unter die „formlose Stärke“ und sagt: „Die Zellen des Eiweisskörpers bei Cardamomum minus sind mit einer dünnen Lage Kleister ausgekleidet, in welche kleine scharfbegrenzte rundliche Stärkekörner eingebettet liegen“. — So erscheint die Sache allerdings, wenn man ohne Anwendung eines Reagenz die Zellen unter dem Mikroskope betrachtet. Aber ich mache nochmals darauf aufmerksam, dass die vermeintlichen „Stärkekörner“ in einer grossen Ordnung neben einander liegen. Behandelt man die Zellen ein wenig mit Salpetersäure, die hinreichend stark ist, diese Zellensubstanz aufzulockern, ohne sie zu zerstören, und hierauf mit schwacher Jodidlösung, so bemerkt man, dass diese Verdickungsschicht, welche aus Amylsubstanz besteht, eine netzförmig (oder siebförmig) durchbrochene Haut bildet, welche sehr an die Proteinhaut der Pollenkörper und vieler Sporenzellen erinnert. Ich habe sie Tab. 8. Fig. 1. a. abgebildet. Kocht man die Zellen einige Zeit mit Salpetersäure, so wird diese Amylschicht aufgelöst und es bleibt die äussere Zellenhaut zurück, welche aus Gelinsubstanz besteht und mehrere Porenkanäle erkennen lässt (Fig. b.). Behandelt man dieselben Zellen mit concentrirter Schwefelsäure und sehr wenig Wasser, so löst sich die Gelinhaut in Schleimfasern auf, welche durch Jodintinctur blau gefärbt und dadurch deutlicher sichtbar werden (Fig. c.).

Hieraus schliesse ich, dass die Amylschicht nicht aus einer formlosen Masse und auch nicht aus Körnern bestehe, sondern dass sie durch ähnliche Strömchen sich gebildet haben möge, wie die Proteinhülle bei *Anthoceros* (§. 445). Die grosse Ordnung der vermeintlichen Körnchen, welche allerdings wirkliche Erhabenheiten sind, rührt vielleicht daher, dass diese Strömchen

sich wie auf- und absteigende Spirallinien kreuzen; wo nun eine Kreuzung stattfindet, muss durch das Uebereinanderlegen zweier Fäden eine Verdickung stattfinden, die vielleicht auch eine grössere Menge flüssigen Stoffes durch Adhäsion zurückhält. Diese verdickten Stellen erscheinen dann als warzige Erhöhungen, oder wie „eingebettete“ Körner. So erkläre ich mir jetzt diese Erscheinung. Ob die Erklärung richtig ist, werden weitere Untersuchungen entscheiden.

§. 467.

b) Inulinschichten (?).

Ich habe §. 398 eine Substanz in dem Zellengewebe der Macis erwähnt, welche mit dem Inulin Aehnlichkeit hat. Diese ist in den Zellen der Macis in so auffallender Weise verbreitet, dass sie die ursprüngliche Zellenhaut ganz verdrängt zu haben scheint. Sie selbst bildet in jeder Zelle eine unregelmässig körnige Schicht (Taf. 8. Fig. 2.), welche sich mit Jodinctur rothbraun, nach Zusatz von Schwefelsäure aber rosa oder amethystroth färbt.

§. 468.

c) Gelinschichten.

Weit häufiger und ziemlich allgemein sind die Verdickungen der Gelinzellen durch die Gelinsubstanz selbst. Man findet kaum eine aus diesen Zellen gebildete Pflanze, wo man keine verdickten Zellenwände anträte. Die Verdickung erfolgt gewöhnlich gleichmässig; aber es kommen auch Fälle vor, wo sich zwischen der Proteinhaut des Zellkerns und der ursprünglichen Gelinzelle Vacuolen bilden, ähnlich denjenigen, welche ich schon oben bei den Zellen im Laube von *Anthoceros* erwähnt habe, nur mit dem Unterschiede, dass hier die Vacuolen zwischen der Proteinhaut und Chlorophyllschicht entstehen. Diese Verdickungen sind besonders in den Collenchymzellen der Chenopodeen (Tab. 13. Fig. 3.) schön zu beobachten, und weil die Zellen hier langgestreckt sind, so erscheinen sie leistenförmig. Sie lassen auf dem Querschnitt dieser langgestreckten Zellen Schichten erkennen, deren Begrenzungslinien sich im Halb- oder Viertelkreis, oder auch in einer elliptischen Curve, deren convexe Seite nach dem innern Zellenraume gekehrt ist, an die gerade Zellenfläche oder den innern Zellenwinkel legen und mit den gleich oder ähnlich gebildeten Schichten der Nachbarzellen in eine solche Verbindung treten, dass die Umgrenzung der zu einander gehörenden Schichten eine geschlossene Ellipse oder Kreislinie bildet. Auch die

eigenthümlichen halbrunden Verdickungsschichten, welche *Schleiden* im Laube der *Pellia epiphylla* erwähnt und in seinen Beiträgen Tab. III. 28. abgebildet hat, gehören hierher. In vielen Fällen fließen die verschiedenen Schichten dieser Verdickungsmasse so zusammen, dass man sie nicht einzeln unterscheiden kann. Durch Schwefelsäure und namentlich mit Hilfe der Jodintinctur werden sie jedoch häufig sichtbar gemacht. Aehnlich verhält es sich mit den Zellen mancher *Moose*, von denen ich einige aus einem Blatte von *Dicranum scoparium* Taf. 11. Fig. 8. abgebildet habe.

In gewissen Fällen ist die Zahl der Verdickungsschichten ziemlich beschränkt, wie z. B. in den Zellen, welche das Mark in den Pflanzen bilden. Diese Zellen haben bald ihr Wachsthum vollendet, indem sich ihr Inhalt verflüssigt und an andere Stellen begibt. Daher haben die Markzellen zuletzt kaum noch Spuren von Proteinstoffen in ihrer Höhlung, welche dafür ganz mit Luft angefüllt ist. In andern Fällen dagegen fährt der Zellenkern fort Gelinsubstanz an die äussere Zelle abzugeben und so die Anzahl der Schichten in einer Weise zu vermehren, dass das Lumen sich bis auf einen sehr geringen Durchmesser verkleinert. Dieser letzte Fall tritt namentlich häufig bei den Bastzellen (Taf. 9. Fig. 5. 6.), in den Zellen des Eiweisskörpers mancher Samen (bei *Phoenix dactylifera*, Taf. 11. Fig. 4.), den Milchzellen von *Hoya carnosa* (Taf. 9. Fig. 1. a. b.), den verdickten Zellen, welche den haarigen Ueberzug der Pflanzen bilden (Taf. 13. Fig. 3. b., 4. b. von *Lavandula Spica*), den Steinzellen der Nüsse und Steinfrüchte (Taf. 11. Fig. 5. von *Prunus domestica*), den Zellen dickhäutiger Samenschalen, den langgestreckten Zellen vieler zu den *Heterocarpeen* gehörenden Algen u. s. w. auf. Es kommt dabei nicht selten vor, dass das Lumen ganz verschwindet (zuwächst), wenigstens stellenweise, was man auch an einigen der angeführten Beispiele sehen kann.

§. 469.

Man hat immer gesagt, dass der Verdickungsprocess die Verhärtung der Zellenmassen veranlasse. Man konnte mit demselben Rechte auch das gerade Gegentheil behaupten. Die Verhärtung der Zellenmassen hat mit dem Verdickungsprocess an sich gar Nichts zu thun. Sie hängt einzig und allein von der Beschaffenheit der Substanz ab, die die Schichten bildet. Diese ist aber in den verschiedenen Fällen auch sehr verschieden nach Consistenz und Härte, so dass man sie bei einigen *Gigartinaarten*

(unter den Tangen) von der grössten Weichheit und in Form einer schleimigen Gallert, und bei der Steinnuss (Phytelephas) bis zur Härte der Knochen findet.

Für die substantielle Beschaffenheit der Pflanzentheile gilt daher:

1) dass die Verdickungsschichten bei den Tangen die schleimig-gallertartige Beschaffenheit vermehren;

2) dass dieselben bei Holzzellen die Verholzung derselben bewirken;

3) dass die Verdickungsschichten auch andere Pflanzentheile versteifen und dauerhaft machen (z. B. die Blätter der Strohblumen, die rasselnden, trocknen Kelchschuppen der Centaureen, die Haare bei *Dipsacus*, *Echium* und vieler andern Pflanzen);

4) dass sie sogar den Zellen eine steinharte Beschaffenheit ertheilen können (Nüsse, Steinkerne);

5) dass sie endlich in vielen andern Fällen auch knorpelartige und hornartige Bildungen veranlassen. (Beispiele zu knorpeligen Formen geben manche Algen, z. B. die *Sphaerococcus*-arten, *Furcellaria*, *Gelidium corneum*, *cartilagineum* u. s. w.; Beispiele zu hornartigen Formen geben die Kaffeebohnen [Taf. 11. Fig. 7. a. b.], wo die Verdickungsschichten nach der Anschwellung mit Schwefelsäure ringförmig (oder in laxen Spirallinien?) erscheinen; ferner im Eiweiss der Umbelliferen, Plantagineen [Taf. 4. Fig. 5. b.] u. s. w.)

Ich werde demnach die verdickten Zellen, je nach ihrer Beschaffenheit, 1) verschleimte oder gallertartige, 2) verholzte, 3) verhärtete oder versteifte, 4) versteinte, 5) verknorpelte oder verhornte nennen.

§. 470.

Wenn man die Schichten der verdickten Zellen deutlich sehen will, so muss man von den Zellen feine Querschnitte machen. Bei Holzzellen gelingt das leicht. Durch Schwefelsäure werden die Schichten gelockert und deutlicher sichtbar gemacht, namentlich bei Zusatz von Jodintinctur. Die Härte, Festigkeit und Dichtigkeit der Hölzer hängt dann, nächst der Beschaffenheit der Substanz, auch von der Zahl der Schichten ab. Je härter dieselben, desto kleiner ist das Lumen der verholzten Zellen. Beispiele liefern das Buchsbaum- und Ebenholz. Auch mit den versteinten Zellen verhält es sich so.

§. 471.

Wenn die Gelinzellen gewisser Organe älter werden, so kommen bei ihr ebensowol Stoff-, als auch Structurveränderungen vor. Beide Veränderungsarten sind indessen in einigen Fällen auch wieder ziemlich beschränkt, so dass es allerdings auch Gelinzellen gibt, welche sich, wie es scheint, nach beendigter Ausbildung durch die Verdickungsschichten, nicht verändern. Dies ist der Fall bei den Tangen und bei den Zellen des Eiweisskörpers der Dattelpalme, der *Phytelephas macrocarpa* und vieler andern Samen; dagegen kommen die Veränderungen in der Substanz nach der Ausbildung bei allen Holzzellen mehr oder weniger vor. Die Veränderungen im Structurverhältniss zeigen sich jedoch während der ganzen Bildungsepoche und beziehen sich besonders auf diejenigen Zellen, welche den Stamm, die Blätter, Blüten und Fruchthüllen bilden.

§. 472.

Veränderungen in Hinsicht auf den Stoff.

Dass die Gelinsubstanz der Zellenwände sich mit der Zeit in Bassorinsubstanz umändert, davon ist schon §. 404 die Rede gewesen. Ich bemerke hierzu nur noch, dass diese Veränderungen mit der ältesten, äussersten Schicht beginnen, und von da aus sich allmählig auf die folgenden innern erstrecken. Gleichzeitig kommt aber auch noch Proteinstoff darin vor, welcher in der Zellenwand mit Bassorin- und Gelinstoff vermischt ist. (Vergleiche §. 418.)

Ich kann hier nicht unterlassen zu erwähnen, dass die Annahme *Harting's*, wonach die Verdickungsschichten aus Pectin und pectinsauren Salzen bestehen sollen, nicht richtig ist. Diese letztern Substanzen kommen nur im Zellenkerne innerhalb der Proteinzelle vor.

Dass die Gelinsubstanz sich vollständig in Bassorin umändern kann, davon liefert die Entstehung des Gummi den unwiderleglichen Beweis. (§. 402, 6.) Bei den Holzzellen wird diese Umänderung, wie es scheint, niemals vollständig erreicht; es bleibt immer mehr oder weniger unverändertes Gelin zurück.

§. 473.

Die Korkzellen enthalten in ihrem letzten Stadium gar kein Gelin mehr. Sie bestehen bloss aus Bassorin und Proteïn. Dass sie aber in ihrer Jugend Gelin enthalten, kann man bei der Entwicklung der Kartoffelschale und dem Rhizom von *Acorus*

Calamus, dessen äusserste Rinde ebenfalls von Korkzellen gebildet wird, beobachten. Die jungen noch nicht fertigen Korkzellen färben sich immer durch Jodinctur und Schwefelsäure blau, was bei den alten durchaus nicht der Fall ist.

§. 474.

Bei den Steinzellen der Nüsse und Steinfrüchte verhält es sich ebenso, wie bei den Korkzellen. Auch diese färben sich in der Jugend durch Jodinctur und Schwefelsäure blau, während die alten nur braun werden. Durch Kochen mit Kalilauge kann man die in ihnen enthaltene Proteïnsubstanz ausziehen. Der Rückstand ist dann kein Gelin, sondern Lignin oder Bassorin. Ein Beweis, dass hier mit dem Alter ebenfalls das Gelin vollständig umgewandelt wird. Bei den versteinten Zellen im Stengel der *Hoya carnosa* kann man diese Verwandlung ebenfalls von den jüngsten Theilen des Stengels bis zu den ältern allmählig verfolgen.

§. 475.

Veränderungen der Gelin- und Ligninzellen hinsichtlich ihrer Structur. Alle Zellen deren Wachsthum beschränkt ist, erscheinen in ihrer frühesten Jugend als ein ringsum geschlossenes Bläschen, welches von einer homogenen Membran gebildet ist. Eine besondere Structur lässt sich mit der schärfsten Vergrösserung nicht wahrnehmen.

In dieser homogenen Form erscheint auch die Zellenmembran derjenigen confervenartigen Algen, welche aus Gelinsubstanz gebildet sind, wie z. B. die *Zygnemeen*, die *Cladophoren*, die *Draparnaldieen*, *Ectocarpeen*, *Ulvaceen*, *Vaucherieen*, *Chareen* u. s. w.

Dagegen lässt sich bei Moosen, Lebermoosen, den höhern Cryptogamen und den Phanerogamen, bei letztern fast durchgängig, eine faserige Structur in der Zellenmembran mehr oder weniger deutlich und in verschiedenen Formen und Abweichungen erkennen.

Diese faserigen Formen zeigen sich nicht bloss in den Verdickungsschichten, sondern auch in der Urschicht. Beweise:

1) Die Spiralfaserzellen im Laube der *Marchantia polymorpha*. Taf. 8. Fig. 3. Die Zellen haben hier eine horizontale Lage. Diese lässt sich an den Windungen der Fasern erkennen. Die Windungen muss man sich um eine Axe gehend

denken. Diese Axe ist hier horizontal gelegt. Man kann die Windungen der Fasern, welche eine Spirale bilden, schon deutlich mit 100maliger Vergrösserung und ohne Anwendung von Reagentien sehen. Bei Anwendung von Jodinctur und Schwefelsäure wird aber Alles viel deutlicher und genauer. Der schlauchförmige Proteïnkern zieht sich zusammen und die Gelinzellen lassen deutlich eine doppelte Wand erkennen, wovon die eine von der aufsteigenden, die andere von der absteigenden Spiralfaser — die vielleicht für beide Wände eine einzige, ununterbrochene ist — gebildet wird. Wenn man einen Faden spiralig um einen länglichen oder kugeligen Körper so windet, dass man bei dem Pole a. anfängt und bis zum entgegengesetzten Pol b. fortfährt, bis man hier angelangt ist, dann ohne Unterbrechung von b. nach a. zurückwindet, so kreuzen sich die Fäden und es entsteht eine Doppelwand von über einander gewundenen Spiralfäden. Ganz so verhält es sich bei *Marchantia polymorpha*, wo jedoch die Windungen noch so locker sind, dass man jede Faser ganz deutlich erkennen kann, so wie auch die leeren Zwischenräume, welche durch das lockere Gewinde entstehen. Es ist dabei nicht die Spur von einer andern continuirlichen Membran zu erkennen. Man überzeugt sich von der Abwesenheit derselben besonders durch die Reagentien, welche die Membran, wenn sie vorhanden wäre, färben würden. Diese Spiralfaserzellen sind nun zwar bei den ganz jungen Pflänzchen, welche man aus den Brutkörperchen leicht im Zimmer ziehen kann, noch nicht vorhanden, doch aber bald bei denjenigen, welche sich so weit entwickelt haben, dass die Laubzellen ihre normale Grösse besitzen. Man bemerkt nun ferner noch, dass in diesen Spiralfaserzellen die Fasern an einzelnen Stellen enger, an andern entfernter beisammen liegen und dass namentlich im letztern Falle grössere und kleinere Löcher in der Membran entstehen.

2) Die Spiralfaserzellen in den Luftwurzeln tropischer Orchideen und anderer Pflanzen. Diese wurden schon von *Meyen* beobachtet und abgebildet („Phytot.“, Tab. 11. F. 1. 2.), welcher der Entdecker derselben ist, wie auch *Link* („Elem. phil. Bot.“, Ed. II, Tom. I, p. 187) angibt. Ich habe dieselben auf Taf. 8. F. 4. aus *Epidendrum ensifolium* dargestellt. Die Fasern sind hier regelmässiger und dichter gewunden, als bei *Marchantia*. Man bemerkt auch hier Nichts von einer besondern continuirlichen Membran, welche diese Faserschichten umgibt. Der Bau dieser Zellen ist so zierlich, dass sie einen ungemein lieblichen und wunderbaren Anblick gewähren.

Sie bilden die äussersten Zellenlagen an den Luftwurzeln der genannten Orchideen. *Schleiden* betrachtet diese Lagen als ein eigenthümliches Gewebe. Man findet dasselbe, ausser bei mehreren Arten von *Epidendrum*, noch bei *Aërides odorata*, *Cattleya Forbesii*, *Brassavola cordata*, *Maxillaria atropurpurea*, *Acropera Loddigesii*, *Cyrtopodium speciosissimum*, mehreren *Oncidium*-arten, *Pothos crassinervis*. (*Schleiden*.)

3) Die Spiralfaserzellen in den Georginenknollen. Taf. 8. Fig. 5. Sie haben denselben Bau wie die vorigen, indem die eine Wand aus einer aufwärts gewundenen, die andere aus einer abwärts gewundenen Spirale besteht. Die Zellen haben hier eine senkrechte Stellung und durch Reagentien lässt sich ganz bestimmt nachweisen, dass die ganze Zelle nur aus diesen Spiralfasern besteht und keine homogene Membran weiter vorhanden ist. Die Zellen sind dabei frisch und lebenskräftig, saftreich und vermehren sich, wie bei *Marchantia*.

Wenn man einen feinen Schnitt mit Salpetersäure behandelt, bis die Zellen sich trennen lassen, dann die Reaction mit Jodintinctur und Schwefelsäure versucht, so bemerkt man in der Zellenmembran deutliche Löcher, grössere und kleinere, und die Fasern weichen an diesen Stellen aus, wie wenn bei ihrer Umwindung ein Körper vorhanden (durchgesteckt) gewesen wäre, welcher das Anschliessen der Fasern verhindert hätte. Man sieht zugleich, dass die durchlöcherten Wandtheile dünner sind (heller blau gefärbt) als diejenigen, welche keine Löcher erkennen lassen. Jene dünnern durchlöcherten Stellen sind nun die plattgedrückten Theile der Zellenwand, welche mit den Nachbarzellen verbunden gewesen sind. Ich komme bei andern Beispielen noch einmal auf diese Erscheinung zurück. Hier will ich aber gleich erwähnen, dass, wenn man die Zellen, oder das bloss mit Jodintinctur und Schwefelsäure behandelte Präparat, welches noch ziemlichen Zusammenhang besitzt, mit einem Horn- oder Elfenbeinspatel oftmals und fest drückt, und auf dem Objectträger bearbeitet, so lösen und verschieben sich die Fasern der Zellen, dass man sie viel deutlicher nachher sehen kann; aber die Löcher haben sich durch diese Manipulation zugezogen und von dünnern und dickern Stellen in der Zellenhaut bemerkt man auch Nichts mehr. *Schleiden* hat auf diese Spiralfaserzellen zuerst aufmerksam gemacht.

4) Spiralfaserzellen in der Zuckerrübe. Das ganze saftige Parenchym der Zuckerrübe, wie überhaupt aller Runkelrüben besteht aus Faserzellen. Nur sind hier die Fasern etwas

schwieriger zu erkennen. Wenn man diese Zellen mit Jodinctur und Schwefelsäure behandelt, so lockert sich ebenso die Verbindung der Zellen unter sich, als auch das Fasergewebe. Man bemerkt zwischen den einzelnen Zellen keine verbindende Substanz, sondern die Gelinzellen schliessen unmittelbar an einander. Nur wenn das Zellengewebe auf die oben angegebene Weise aufgelockert ist, sieht man die blaugefärbten Zellen durch eine helle Linie getrennt. Diese helle Linie rührt aber nicht von einer besondern Zellenhaut, sondern von einer dazwischen befindlichen Wasserschicht und von verdünnten Partikelchen der Gelinsubstanz her, welche jedesmal an der Grenze einer Zelle allmähig sich in die umgebende Flüssigkeit verliert. In Taf. 8. Fig. 6. a. habe ich eine einzelne Zelle abgebildet. Man sieht auf ihr sechs helle Felder, welche durch dunklere Erhabenheiten von einander getrennt sind. Man bemerkt in diesen Feldern deutliche Löcher; aber diese sind wieder auf kleinere Kreise vertheilt, welche noch kleinere in sich schliessen. Man sieht in diesen Abtheilungen sehr deutlich die Verschlingungen der Fasern, und die Löcher, welche ein jedes Feld siebförmig durchbrechen, sind von sehr verschiedener Grösse. Bei den grössern Löchern bemerkt man häufig, dass eine Faser quer hindurchgeht und dieselben halbt. Es hält sehr schwer diese Formen mit allen ihren Eigenthümlichkeiten und zarten Verhältnissen in der Abbildung genau darzustellen. So viel Mühe ich auch darauf verwandt habe, so ist mir in der citirten Figur die Darstellung dieser Verhältnisse doch nicht so gelungen, als ich wünschte. Obschon die Löcher vorzugsweise und am deutlichsten in den hellern Feldern der Zellmembran sichtbar sind, so fehlen sie jedoch keineswegs in den dunklern Partien, nur sind sie hier kleiner und nicht so genau zu bemerken. Ich habe mich bei meinen Untersuchungen überzeugt, dass die hellen Felder auf der Membran platt gedrückt sind und diejenigen Stellen bezeichnen, an welchen die Nachbarzellen angelegen haben. Da nun alle Zellen an diesen Verbindungsflächen die genannten Löcher aufzuweisen haben, so ist klar, dass sie mittelst derselben mit einander communiciren. Dennoch kann man in solchen Zellen die spiralige Windung der Fasern und ihre Kreuzung nicht immer deutlich bemerken; bearbeitet man aber die Zellen mit einem Elfenbeinspatel, wie ich schon oben bei den Zellen der Georginenknollen angegeben habe, so gehen die bisher beschriebenen Formen der Zellenwand verloren und man erkennt nun die spiralige Richtung und Kreuzung der Fasern deutlicher (Fig. b.). Unbezweifelt aber geben die-

jenigen Zellen ihre faserige Structur zu erkennen, welche durch die Bearbeitung zerrissen werden, indem hier die Risse vorstehende Fasern erkennen lassen.

Aus der Wurzel von *Althaea officinalis* sind auf Taf. 7. Fig. 4. d. e. ebenfalls einige solche Zellen abgebildet.

Fast noch schöner und deutlicher kann man die eben beschriebenen Verhältnisse in den Zellen der Beeren von *Berberis vulgaris* beobachten, welche ich auf Taf. 8. Fig. 8. d. e. dargestellt habe. Ich habe übrigens in fast allen saftigen Parenchymzellen der Mono- und Dicotyledonen, von denen ich im Laufe des Sommers 1850 eine sehr grosse Anzahl untersuchte, ohne ihre Namen anzumerken, diese Structur mehr oder minder deutlich wahrgenommen, so dass ich nicht umhin kann, dieselbe als eine sehr weit verbreitete anzunehmen. Von den gewöhnlichen Küchengewächsen, die man im Winter haben kann, führe ich den Kohlrabi, die Mohrrüben, die Kartoffeln, den Meerrettig, die Zuckerwurzeln an, welche ähnliche Bildungen in ihren saftigen Parenchymzellen erkennen lassen.

Unter den Seealgen zeigen sich die Spiralfaserzellen bei *Halidrys siliquosa*. Weniger deutlich habe ich sie bei *Gigartina*-arten gefunden. Die Durchlöcherung der Zellen ist jedoch bei den höhern Algen allgemein. Ich bemerke nochmals, dass man die Zellen mit den angegebenen Reagentien behandeln muss, wenn man ihre Structur genau erkennen will. Eine Zelle von *Halidrys siliquosa* habe ich Taf. 8. Fig. 7. abgebildet.

§. 476.

Was zeigen diese Spiralfasern an? Ohne Zweifel die Richtung, in welcher sich die Gelmoleküle bei der Bildung der Gelinzelle bewegen. Es sind linienförmige, spiralige Strömungen, welche nach und nach verhärtet sind, und ich möchte hieraus schliessen, dass auch diejenigen Zellen, bei denen man diese Structur nicht sehen kann, sie dennoch besitzen. Diese Ansicht hat schon *Meyen* („Physiologie“, I. Bd., p. 45 fg.) ausgesprochen; aber sie ist von *Schleiden* und andern Physiologen verworfen worden. *Schleiden* führt nämlich dagegen an, dass „jene Zellen anfänglich homogene ungestreifte Wände haben“. Ich meine aber, man sagt hier richtiger, dass in jenen Zellen anfänglich die Wände als homogen und ungestreift erscheinen. Kann man doch auch in vielen Fällen bei den Verdickungsschichten die Spiralfasern nicht sehen, in welchen auch *Schleiden* überall Spiralschichtungen annimmt. („Grundz.“, I, 231.) (Vergl. §. 421.)

§. 477.

Wie kommen die Löcher in die Zellenmembran? Ich habe diese Frage eigentlich schon in meiner „Phycologia generalis“ beantwortet. Denjenigen Theil des Zellenskerns, welchen ich jetzt als äusserste Proteinhaut betrachte, habe ich in dem genannten Werke als „Amylidzelle“ bezeichnet. Es heisst nun in Bezug darauf in demselben S. 64. „Da wo die Amylidzellen von Gelinzellen umgeben sind, werden diese von den strahlenförmigen Verlängerungen durchbrochen.“

Unter den vielen Beispielen, welche ich in der „Phycologia generalis“ abgebildet habe, mache ich nur auf die Darstellung des Zellengewebes von *Cystoclorium purpurascens* Tab. 58. Fig. 6. 7. 8. aufmerksam. Die hohlen, sehr dünnhäutigen Zellenskerns, welche aus Proteinsubstanz gebildet sind und durch Phycoerythrin roth gefärbte Moleküle enthalten, stehen mit einander durch strahlenförmige Verzweigungen in Verbindung. Jeder solcher Strahl vereinigt sich mit dem ihm entsprechenden der Nachbarzelle. Diese Strahlen sind hier den radialen Strömchen der Cytoblasten zu vergleichen, welche wir schon (§. 444. f.) kennen gelernt haben. Wenn sie sichtbar werden, sind sie schon bis zu einem gewissen Grade erstarrt. Es ist klar, dass durch diese Strahlen — die vielleicht mitunter hohle Röhren sind — die Zellenhöhlen mit einander communiciren. So viel steht fest, dass sie die Gelinzelle durchbrechen, oder besser, dass die Substanz der Gelinzelle an den Strahlen ausweicht. Dadurch entstehen die Löcher in der Gelinmembran. Die Löcher gehen bei allen jungen, kräftig vegetirenden Zellen durch. Im Alter aber, so wie auch beim Trocknen, oder durch Behandlung mit Weingeist zieht sich der hohle Zellenskern zusammen, und liegt als hohles Säckchen, oder als zarter Schlauch lose in der Gelinzelle. Durch dieses Einschrumpfen reissen die Strahlen da, wo sie die Gelinwand durchbrechen, meist aus einander und die Verbindung der Zellenskerns wird dadurch unterbrochen. Geschieht diese Trennung freiwillig, als normaler, durch das Alter bedingter Act, so wächst nachher an der äussersten Grenze, wo das Lumen am kleinsten ist, das Zellenloch zu. Auf diese Weise werden zuletzt oft die Zellenlöcher nach aussen geschlossen und in sogenannte Tüpfelkanäle verwandelt⁵⁾.

Ganz ähnlich verhält es sich mit der Bildung der Zellensporen in den (§. 475) angeführten Fällen; nur ist hier der Vorgang weniger deutlich und leicht zu beobachten, als bei den

Algen. Wer sich aber Mühe gibt, findet bei den kleinern Zellen der Runkelrübe die Erscheinungen ganz ähnlich; noch deutlicher aber zeigen sie die Zellen im Albumen vieler Phanerogamen, z. B. bei *Plantago Psyllium*. (Tab. 4. Fig. 5. b.) — Ferner habe ich Tab. 10. Fig. 1. b. eine Zelle aus dem Blattstiel von *Primula sinensis* abgebildet, wo der schlauchförmige Proteinkern mit seinen Strahlen ebenfalls die Gelinwand durchbricht. — Dass die Proteinströme die Zellenwand durchbrechen und dann verhärten, auch sich in die Intercellularräume erstrecken, habe ich schon oben (§. 449 und 452) erwähnt. Die Anwendung der Reagentien erleichtert hier die Untersuchung.

§. 478.

Ich komme nun zu der Betrachtung der verschiedenen Formen, welche die Membran der Gelinzellen in andern Fällen bei ihrer Entwicklung zeigt.

Versteifte Zellen.

Die Zellen, welche wir bisher betrachtet haben, bilden meist saftige, oder wenigstens weiche Pflanzentheile. Sie sind daher auch meist nicht bleibend, sondern ihre Existenz ist vorübergehend. Dauerhafter sind nun die folgenden Zellen gebaut. Wegen ihres Baues, und namentlich wegen der grössern Dichtigkeit und Festigkeit ihrer Substanz, sind sie auch weit weniger der Zersetzung durch Fäulniss unterworfen; wenigstens werden sie von derselben viel langsamer verändert.

a) Die verästelten Zellen der Haare von *Lavandula Spica*. (Taf. 9. Fig. 3. b., 4. b.) Die Zellen sind sehr verdickt. Die äussere Schicht (welche auch bei den Haaren häufig Cuticula genannt wird) ist bei alten Haaren proteinhaltig. Sie lässt deutliche sich kreuzende Spirallinien erkennen und zwischen denselben kleine Oeffnungen, aus welchen eine formlose Schleimmasse hervorkommt, welche Oeltröpfchen in Vacuolen birgt. In Fig. 3. ist ein solches Haar mit der Epidermis des Stengels von der obern Ansicht dargestellt, in Fig. 4. b. von der Seite und die verdickten Epidermiszellen sind senkrecht durchschnitten (c.).

b) Einfache verdickte Zellen eines Haares von *Primula sinensis*. (Taf. 10. Fig. 1. c.) Die Zellen sind noch in lebenskräftiger Thätigkeit; man bemerkt deutlich in den drei untern Zellen den Cytoblasten mit den zum Theil erstarrten Strömchen. Die Zellenwand zeigt sich kreuzende Spiralfäden, zwischen welchen sich Löcher befinden. Wo die Spiralfäden über einander

greifen, sieht man an der innern Wand Verdickungen in Form von Wärzchen.

c) Ein älteres Haar von *Heliotropium peruvianum*. (Taf. 10. Fig. 4. a. unterer Theil, b. Spitze, c. ein Mittelstück.) Das Mittelstück ist mit Schwefelsäure und Jodintinctur behandelt. Die äussersten Schichten sind gelbbraunlich und wenig angeschwollen; sie zeigen die Reaction auf Proteïn, wie die Cuticula derselben Pflanze; die beiden innersten Schichten sind desto stärker angeschwollen, sie haben nicht mehr im Innern Raum genug und treten desshalb heraus. Sie bestehen aus Gelinsubstanz, sind blau gefärbt, lassen sehr deutliche Spiralfasern erkennen, welche sich strecken und entflechten. Fig. a. und b. sind bloss unter Wasser betrachtete Theile des Haares. Die Spiralfasern sieht man auch hier auf den äussern Schichten und zwischen ihrem nicht sehr dichten Geflecht spaltenförmige Löcher. Aber die Löcher scheinen durch eine ausgeschwitzte Substanz, welche sich oben aufgelegt und etwas aufgebläht hat, verstopft, wodurch auf der Aussenfläche kleine Wärzchen entstehen, welche in spiralige Linien geordnet sind. Mit den sogenannten *Pilis malpichiaceis* verhält es sich ähnlich.

d) Die Filzhaare der Frucht von *Cydonia vulgaris* (Taf. 10. Fig. 5.) zeigen Verdickungsschichten und an der Aussenwand sehr feine, sich kreuzende Spiralfasern, ohne bemerkbare Erhabenheiten und Löcher.

e) Die Haare an der Granne von *Stipa pennata*. (Taf. 11. Fig. 6. b.) Sie bestehen aus sehr langen, steifen und brüchigen einfachen Zellen, welche sehr feine spiralige Streifung erkennen lassen. Sie bestehen aus Gelinsubstanz. Man bemerkt an ihnen (wie auch häufig an den Bastzellen) oft einige dunklere Ringe oder Gürtel an der Aussenfläche. Diese rühren davon her, dass die äusserste Spirale hie und da reisst, die abgerissenen Fasertheile sich dann vermöge ihrer Elasticität dicht zusammenziehen und dadurch die Ringe bilden. Auch bei Bastfasern — z. B. beim Flachs, der Baumwolle — kommt das vor.

Einschaltend will ich hierbei bemerken, dass etwas Aehnliches bei gewissen Arten der Gattung *Oedogonium*, deren Zellen aber aus Bassorin bestehen, sich zeigt. Ich verweise dabei auf Fig. 2. derselben Tafel. Bei diesen Zellen löst sich auch oft die äusserste Lage an einem Ende durch eine ringsum gehende Spalte, und zieht sich nach dem andern Ende zu in Falten zusammen, wie ein Stiefel, der sich am Fusse niedersenkt. Auch kommen in diesen Bassorinzellen sehr zarte Spirallinien durch

Behandlung mit Jodin und Schwefelsäure zum Vorschein. Noch deutlicher aber zeigen diese die Bassorinzellen der Flechten. (Taf. 4. Fig. 3.)

Kehren wir wieder zur Granne der *Stipa pennata* zurück. Diese selbst besteht durchweg aus versteiften Zellen, welche verhärtete Spiralfasern zeigen, mit deutlichen querspaltigen Löchern. (Fig. 6. a.) Man kann getrocknete Exemplare zu dieser Untersuchung benutzen.

f) Das Brennhaar der *Urtica urens* (Taf. 10. Fig. 7.) lässt auf seiner Oberfläche feine und geordnete Punkte erkennen. Ich führe es aber desshalb hier besonders an, weil es an der innern Zellenwand mit grossen zitzenähnlichen Warzen besetzt ist.

Solche Warzen sieht man auch in den Wurzelhaaren der *Marchantia polymorpha*.

Wie diese Warzen entstehen, hat noch nicht ermittelt werden können.

g) Es gibt auch versteifte Milchzellen, welche dieselbe spiralige Streifung zeigen, wie andere versteifte Zellen. *Schleiden* hat eine solche in seinen „Grundzügen“ (Fig. 62.) aus *Ceropegia dichotoma* abgebildet und hält sie für ein „Mittelding zwischen Bastzelle und Milchsaftgefäss“.

h) Die Bastzellen. Mit diesem Namen werden sehr langgestreckte Zellen bezeichnet, welche nach beiden Enden spitz zugehen. Sie kommen in der Rinde und dem Holze der Phanerogamen, so wie auch bei gewissen Cryptogamen vor. Ich habe Taf. 9. Fig. 5. 6. 7. mehrere abgebildet. Fig. 5. ist aus der Königs-Chinarinde. Die Bastzellen sind hier ungewöhnlich dick, lassen fast gar keine spiralige Streifung erkennen, aber um so mehr Schichten. Das Lumen ist sehr klein und sogar an mehreren Stellen zugewachsen. Dadurch entstehen eigentlich in einer Zelle mehrere hohle Zellenräume. (Vergl. auch Taf. 9. Fig. 5.) Man sieht zugleich Poren, welche nach aussen münden. Die Mündungen sieht man besonders an den verkürzt gezeichneten, welche man sämmtlich in schiefer Lage sich denken muss.

Fig. 6. sind zwei Bastzellen aus dem Bock- oder Guajac-holze (*Guajacum officinale*); die eine davon ist verästelt. Die in der Nähe der Enden sichtbaren Vorsprünge sind Abdrücke von den Nachbarzellen; sie erinnern an die Milchzellen. Die Punkte sind Löcher. Das Lumen ist sehr klein, die Zellen sehr lang und verhältnissmässig dünn.

Fig. 7. Eine Bastzelle aus dem Holze von *Laurus Sassafras*. Das Lumen ist ziemlich bedeutend, die Zelle ungewöhnlich gross.

Verdickungsschichten, Löcher und spiralige Streifen sind nicht sichtbar. Der Flachs besteht aus Bastzellen. Man kann auch die Baumwolle dazu rechnen. Wenn man die letztere mit etwas Wasser befeuchtet, dann mit Jodinctur schwach trinkt und zuletzt Schwefelsäure hinzufügt, so schwillt die Zelle von einem Punkte zum andern fortschreitend auf, färbt sich blau und die Schichten weichen von aussen nach innen gleichsam in einem langsamen Strome auf, wobei die Zelle sich in spiraligen Krümmungen bewegt. Die stark aufgelockerten, blau gefärbten und gallertartigen Massen trennen sich entweder in neben einander liegende Ringe, oder in kurze Spiralbänder auf, die aber mit einer der flachen Seiten um die Axe herumgelegt sind. Es lässt sich dieser Versuch auch mit den Flachszellen anstellen; nur geschieht hier die Einwirkung der Schwefelsäure langsamer. Diese Erscheinungen weisen ebenfalls auf eine spiralige Bildung der Schichten hin, obschon man auf gewöhnliche Weise Nichts von einer spiraligen Streifung wahrnimmt.

Bastzellen mit sehr deutlichen Spiralfasern, welche die innerste Schicht bilden, findet man besonders bei Thuja und Taxus.

Alle jetzt betrachteten versteiften Zellen bestehen aus mehr als zwei Schichten. Es ist klar, dass, wenn auch die Spiralbildung bei jeder Schicht sichtbar ausgeprägt wäre, dieselbe wegen der grossen Anzahl auf einander folgender Lagen nicht deutlich erkannt werden könnte.

§. 479.

Bisher haben wir solche Zellenformen betrachtet, deren verschiedene Schichten gleichförmig, oder doch ziemlich gleichförmig gebildet sind. Die folgenden Beispiele zeigen, dass auch sehr ungleiche Schichten vorkommen können. Ich führe hier zunächst nur zwei Beispiele an.

1) Die Zellen in den Blättern von Sphagnum. (Taf. 12. Fig. 8.) Wir müssen hier grosse und kleine unterscheiden. Die letztern sind schon von *Moldenhawer* erkannt worden; sie begrenzen die grossen. Diese bestehen nach Aussen aus einer scheinbar homogenen Membran, welche sehr grosse Löcher besitzt, an der innern Wand derselben windet sich aber sehr weitläufig ein Spiralfaden. Die kleinen Zellen sind in der Abbildung mit a. bezeichnet. Die Membran der Randzellen desselben Blattes (von Sphagnum squarrosum) ist sehr dick und zeigt spiralige Streifung (b.).

2) Die Spiralfaserzellen in den Antheren der Pha-

nerogamen. Ich habe sie aus *Lilium tigrinum* (Taf. 12. Fig. 7.) abgebildet. Es sind hier zwei Hauptschichten vorhanden, wovon die äussere, sehr zarte, bisher übersehen ist. Sie besteht aus ungemein zarten, sehr schwer sichtbaren, sich kreuzenden Spiralfasern, also doch wol aus zwei Lagen, welche sich um eine Axe winden, die in der Zeichnung vertikal steht. Die zweite Hauptschicht besteht aus einer verhältnissmässig dicken Spiralfaser, welche sich sehr weitläufig um eine Axe windet, die normal auf der vorigen steht.

§. 480.

Knorpel- und Hornzellen.

Als Beispiel will ich hier nur die Zellen in den „Kaffeebohnen“ anführen. Diese erscheinen unter den gewöhnlichen Verhältnissen mit sehr unregelmässig verdickten Wänden. Wenn man sie bloss mit Wasser aufweicht, dann mit Aether und Jodintinctur behandelt, so kommen auf den durchschnittenen Zellwänden sehr zarte Streifen zum Vorschein (Taf. 11. Fig. 7. b.). Behandelt man sie aber darauf mit Schwefelsäure, so wird erst eine vollständige Anschwellung erreicht, die Zellen zeigen regelmässigere Formen und lassen an der innern Wand spiralige Verdickungen erkennen (Fig. a.), welche sich blau färben, dann zerfliessen und bisweilen noch ein äusserstes Netz einer stickstoffhaltigen Substanz, welche die aufgelösten Theile gleichsam verkittet zu haben scheint, zurück- (oder wenigstens zwischen sich erkennen) lassen.

§. 481.

Holzzellen.

1. Von *Viscum album*. (Taf. 11. Fig. 6. b. c.) Fig. b. zeigt mehrere Zellen im Querschnitt. Ausser den gewöhnlichen Intercellulargängen (in den Ecken), finden sich noch hohle kleine Räume, wie Vacuolen, an den seitlichen Berührungsstellen der Zellen. Im Innern derselben sieht man netzförmig verbundene Proteinfasern. Die Zellen sind übrigens mit Salpetersäure behandelt. Fig. c. zeigt den Längendurchschnitt einer solchen Holzzelle mit der durchlöcherten Wand.

2. Holzzellen aus der Wurzel von *Laurus Sassafras*. Taf. 12. Fig. 1. Die Wände haben sehr grosse Löcher. Ihre Entstehung erkläre ich mir dadurch, dass ich die festen Theile dieser Zellenwände als erhärtete anastomasirende Ströme an-

sehe. Sie werden auch netzförmige Zellen oder Gefässe genannt.

3. Holzzellen aus *Guajacum officinale*. Taf. 13. Fig. 1. (Poröse Gefässe.) Die Wände sind ziemlich dick und mit sehr vielen kleinen Löchern versehen, welche theils unregelmässig, theils in Schlangenlinien stehen. Ihre Entstehung erkläre ich mir auf dieselbe Weise.

4. Grössere Holzzellen aus der Wurzel von *Georgina variabilis*. Taf. 12. Fig. 2. a. Sie bestehen, wie die vorigen, aus einer dicken Lage. Die Löcher sind hier länglich und quer. Ich betrachte die Wand als gebildet aus erstarrten und erhärteten Gelinströmen, welche ebenfalls anastomosiren, aber dabei eine vorwaltend spiralige Richtung zeigen. Die übrigen dunklern Zeichnungen auf der Wand sind die Abgrenzungen der benachbarten kleinern Holzzellen, mit denen die grössern verwachsen sind; sie deuten die Intercellulargänge an, in welchen die Zellenwand immer mehr verdickt erscheint. Auch diese Zellen werden gewöhnlich „netzförmige Gefässe“ genannt.

5. Aehnlich, aber kleiner, erscheinen gewisse Holzzellen aus einem Aste von *Tropaeolum majus*. Taf. 13. Fig. 7. b. In der unten anliegenden Zelle c. sind die Windungen der innern Spirale ziemlich entfernt von einander. Man erklärt sich diese Bildung aus der vorigen entstanden, und zwar auf die Weise, dass die Spiralfasern, welche bei b. hie und da mit ihren Seiten theilweise noch verwachsen sind, durch das Längenwachsthum der Umgebung aus einander gezogen werden, während sich gleichzeitig eine neue Zellenhaut darum bildet, welche fortwächst. Die Querspalteln in der obern Figur sind nämlich nicht mit einer Haut nach aussen bekleidet, sondern offen. Noch weiter aus einander gezogen sind die Spiralen bei der Figur d. Die Haut, welche diese Spirale umgibt, ist so fein und zart, dass sie selbst mit den besten Mikroskopen leicht übersehen werden kann. An einigen Stellen ist die Spiralfaser gerissen und die abgelösten Theile haben sich ringförmig vereinigt. Diese Zellen werden sehr lang, so dass man ihr Ende meist nicht finden kann. Vielleicht sind sie auch immer am obern Ende, wo ihr Wachsthum unbegrenzt ist, offen. Wegen dieser Eigenschaft hat man sie Gefässe, Spiralaröhren, Ringgefässe u. s. w. genannt. Doch hat man diese Bezeichnung auch auf diejenigen kürzern Holzzellen ausgedehnt, welche in Längsreihen sich vereinigen und bei weiterer Entwicklung durch theilweise oder völlige Auflösung der Scheidewände mit einander in unmittelbare offene Communication treten

und so ebenfalls eine sehr lange Röhre (die aber doch jedenfalls an beiden Enden geschlossen ist) bilden. Man hat diese Formen rosenkranzförmige Gefässe genannt. Es gehören hierher die schon erwähnten grossen Holzzellen der Georginenknollen und der Sassafraswurzel (Taf. 12. Fig. 1. 2.). Dass diese Zellen wirklich communiciren, davon kann man sich bei den Georginenzellen leicht überzeugen, wenn man sie zwischen zwei Platten unter dem Mikroskop drückt, wodurch der Inhalt (Luftblasen und schleimige Flüssigkeiten) aus einer Zelle in die andere überströmt. Bisweilen gelingt auch ein Schnitt so, dass man die Scheidewand mit ihrer grossen Oeffnung wirklich sehen kann, wie ich sie in der Figur a. dargestellt habe.

Solche sogenannte Spiralgefässe, deren Wand aus einer dicht gewundenen Spiralfaser besteht, findet man sehr allgemein bei den Phanerogamen. In der Jugend enthalten sie Saft, mitunter auch Proteinkügelchen. Letztere habe ich im Blattstiel von *Tropaeolum majus* sogar einmal grün gefärbt gefunden. In diesem jungen Zustande lassen sie sich abrollen. Im Alter aber verwachsen sie entweder, und bilden sogenannte netzförmige Gefässe oder „Treppengänge“. Wie alle alte verholzte Zellen mit grösserm Lumen, sind auch diese Gefässe zuletzt luftführend, weshalb sie ältere Physiologen für die Athmungsorgane der Pflanzen hielten, die den Tracheen der Insekten zu vergleichen seien.

6. Grosse Holzzellen aus der Sassaparillwurzel. (Treppengänge.) Taf. 13. Fig. 2. Diese Zellen haben ausser dem sehr bedeutenden Lumen auch eine sehr beträchtliche Länge. Desshalb werden sie von andern Physiologen zu den „Gefässen“ gerechnet. Die Wand wird aus einer einzigen und ziemlich dicken Spiralfaser gebildet. Wo mehrere solcher Zellen neben einander liegen, vereinigen sich die Spiralfasern gegenseitig; aber in beiden anstossenden Wänden geben sie sich zugleich von einander und es bilden sich dadurch lange Querspalten, welche statt der bekannten runden Löcher die seitliche Communication der verbundenen Holzzellen bewirken. Von einer dazwischen liegenden Membran ist nicht die Spur vorhanden. An den stumpfen Ecken, welche die Wände der Intercellulargänge bilden, sind die Spiralfasern dicht verwachsen.

§. 482.

Bisher haben wir Holzzellen betrachtet, deren Wände aus einer einfachen, aber an sich dicken Gelinschicht besteht. Jetzt betrachten wir diejenigen, wo sich mehrere Schichten deutlich erkennen lassen.

a. Mit gleichartig geformten Schichten. Diese Holzzellen sind sehr häufig; ich führe zwei Beispiele an.

1) Kleinere Holzzellen aus der Georginenknolle. Taf. 12. Fig. 2. b. Sie werden auch Prosenchymzellen genannt. Man versteht unter diesem Namen überhaupt solche verholzte Zellen, welche mehr oder weniger lang gestreckt sind und an ihren Enden mit schiefer Spitze zulaufen. Die Zellen besitzen zwei Wände, welche aus Spiralbändern gebildet sind, und zwar die eine Wand von der aufwärts, die andere von der abwärts gehenden Windung. Wo die Randlinien dieser Bänder sich kreuzen, treten die Ränder in kleinen sich kreuzenden Spalten aus einander.

2) Aehnlich verhält es sich auch mit einer aus *Tropaeolum majus* dargestellten Holzzelle (Taf. 13. Fig. 7. a.); nur sind statt der sich kreuzenden Spalten sehr kleine runde Löcher vorhanden.

b. Mit ungleichartig geformten Schichten. Von diesen Zellen werden die einen zu den Prosenchymzellen, die andern zu den Gefässen gerechnet.

1) Holzzellen aus *Tilia europaea*. Taf. 12. Fig. 4. Die äussere Zellschicht ist durchlöchert; die innere besteht aus einer locker gewundenen Spiralfaser.

2) Holzzellen aus *Abies pectinata*. Taf. 12. Fig. 5. Es sind hier zweierlei vorhanden; die eine Form a_{II} und a_{III} lässt nur ein Spiralband erkennen, aber die Löcher sind in der Richtung einer entgegengesetzt gewundenen Spirale geordnet. Die andere Form ist dadurch ausgezeichnet, dass man in jeder Holzzelle eine Längsreihe von Löchern bemerkt, deren jedes von zwei concentrischen Kreisen umgeben ist. Der erste rührt von der Erweiterung des Porus nach Innen her, denn sein Lumen ist grösser an der innern, als an der äussern Zellenwand; der zweite Kreis kommt von einer kleinen linsenförmigen Vacuole, welche sich zwischen den zwei sich berührenden Zellen bildet, mit Luft gefüllt ist und anfangs durch den Porus mit den Zellenhöhlen communicirt, später aber durch eine Membran, welche die Vacuole auskleidet, von ihnen getrennt ist. Die Begrenzung dieser Vacuole bildet den zweiten äussersten Kreis um den Porus, wenn man jene in der Lage betrachtet, dass eine ihrer convexen Flächen nach oben, die andere nach unten gekehrt ist (Fig. a_1); hat man aber die convexen Flächen zur Seite, so sieht man sie in der Gestalt wie Fig. b_1 . Ueber ihre Entstehung habe ich keine Gewissheit erlangen können. *Schleiden* und mit ihm fast

alle Physiologen der neuesten Zeit sind der Meinung, dass eine Luftblase die Ursache der genannten Vacuolen sei und dass sie sich früher, als der Porus, erzeugen. („Grundzüge u. s. w.“ I, p. 235.) — Ich vermüthe jedoch, dass flüssige — vielleicht proteinhaltige — Theile des Zellkernes die Wände der Zellen beiderseits durchlöchern, sich zwischen ihnen ansammeln, die Wände von einander treiben, dann durch Resorption und gleichzeitige Intercellularströmung nach den obern jüngsten Theilen aufsteigen, wobei zuerst der Inhalt der Vacuole, dann der Poren und zuletzt der Zellen schwindet, und dass die Luft erst eintritt und diese Räume sichtbar macht, wenn jene schleimig-flüssigen Theile erst verschwunden sind. Diese Zellen zeigen inwendig sehr weitläufige Spiralfasern.

Dasselbe Tannenholz lässt noch Holzzellen (Fig. a_{II} und a_{III}) erkennen, welche durchlöchert sind und aus einem Spiralbände gebildet zu sein scheinen.

5) Zellen mit unbegrenztem Spitzenwachsthum aus dem Stuhlrohr. (Gefässe.) Taf. 12. Fig. 5. und 6. — Die erste Figur zeigt eine sehr regelmässig netzförmige äussere Zellschicht. Nur die erstarrten netzförmigen Ströme bilden dieselbe; eine continuirliche, die netzartig verknüpften Fäden umspannende homogene Haut ist durchaus nicht vorhanden. An der innern Wand dieser netzförmigen Zellenhaut windet sich ein einfacher Spiralfaden. Die zweite Figur (6.) zeigt den innern Spiralfaden in weitläufigern Windungen. Derselbe spaltet sich auch an einigen Stellen. Von aussen wird dieses Gewinde von einer überall geschlossenen Haut umgeben, welche auf ihrer Aussenfläche erhabene und erstarrte Strömchen in sich kreuzenden doppelten Schlangenlinien zeigt, welche wieder hie und da anastomosiren, wodurch selbst bisweilen unregelmässige netzförmige Bildungen entstehen. Ich halte die Strömchen für eine dritte äusserste Schicht, welche sich später, als die beiden andern gebildet hat. Ist diese Annahme richtig, so wäre hier ein Beispiel vorhanden, wonach auch Verdickungsschichten an der Aussenwand der Zelle abgelagert werden. Ich muss hierbei bemerken, dass diese Zellen- oder Gefässformen nicht häufig in dem Stuhlrohr vorkommen, und dass man sie auch nicht immer in ganz gleicher Art wieder antrifft. Man muss dasselbe durch Kochen mit Salpetersäure präpariren. Fig. 5. habe ich in einem Präparate bemerkt, das noch mit Jodtinctur und Schwefelsäure behandelt worden war, das Netzwerk war braun violet gefärbt, wesshalb es sehr deutlich erschien.

§. 483.

Nachträgliches. Sollten diejenigen „Gefässe“, welche ich für sehr lange Zellen mit unbegrenztem Spitzenwachsthum halte, in der Entwicklung der verschiedenen Schichten ein umgekehrtes Verhältniss zeigen, als die andern Zellen? Ich bin sehr geneigt, ein solches anzunehmen; denn bei allen, welche die Spiralfaser als innerste Schicht besitzen, ist diese schon deutlich vorhanden, ehe man von einer äussern umschliessenden Haut etwas bemerkt. Junge „Gefässe“ bestehen nur aus einer mehr oder weniger dichtgewundenen Spiralfaser. Diese tritt oft auch doppelt, dreifach und noch mehrfach auf. Die Vervielfältigung scheint durch Spaltung zu geschehen; denn es wächst die Faser ebenso in die Breite als in die Dicke. Wo sie vorherrschend in die Breite wächst, da entstehen Bänder, wie in den im vorigen §. (a.) angegebenen Formen. Kommen bei diesen Bändern Spaltungen vor, dann entstehen mehrere Spiralfasern, welche parallel neben einander liegen. Solcher Beispiele findet man häufig, besonders schön aber im Pisang. Die Spiralbänder, welche keine, oder nur sehr undeutliche parallele Streifung erkennen lassen, spalten sich gar nicht, oder die Spaltung ist nur oberflächlich.

Wenn die Spiralfasern nur in die Dicke und nicht in die Breite wachsen, dann werden sie auch zu Bändern, aber ihre Stellung und Entwicklung ist dann verschieden von den vorigen, indem die eine Seite des Spiralbandes, welche nach aussen liegt, grösser ist als die innere; letztere erstreckt sich daher mehr oder weniger in den innern Zellenraum hinein und verkleinert dadurch dessen Lumen. Beispiele liefern die schon angeführten Holzzellen der Linde. Man kann diese Formen (zum Unterschiede von jenen Spiralbändern) nach *Schleiden's* Vorgange Spiralplättchen nennen. *Schleiden* führt sie in Holzzellen von *Mamillaria quadrispina* an, *Harting* und *Mulder* bilden sie aus *Mamillaria prolifera* und *pusilla* ab. („Physiol. Chemie“, Taf. VI. Fig. 53—59.) Die Spiralplättchen sind hier schon proteinhaltig, wie alle ältern Spiralfäden, während die sie umschliessende Haut noch aus reiner Gelinsubstanz besteht; ein Beweis, dass jene älter sind, als diese! Dasselbe Verhältniss zeigt sich auch in den „Gefässen“ anderer Pflanzen.

Die Ringe der Ringzellen oder sogenannten Ringgefässe liegen oft weitläufig, vereinzelt und lose in einer Zelle, oder auch in einer Höhlung, in welcher man keine besondere Zellmembran erblickt. Man findet sie so häufig, dass man die erste

beste krautartige Pflanze (z. B. eine Wicke) darauf untersuchen kann. Alle diese Zellen, selbst die sogenannten Gefässe, sind in ihrer Jugend mit einer zarten Proteinhaut ausgekleidet.

§. 484.

Knochenzellen.

Ich führe von diesen mehrere Beispiele an:

1. Knochenzellen in den Samen von *Phoenix dactylifera*. Taf. 11. Fig. 4. — Fig. a. b. sind braun gefärbte Zellen aus der äussern Zellenschicht. Sie werden nicht durch Jodintinctur und Schwefelsäure blau und scheinen bloss aus Lignin im Gemenge mit Proteïn zu bestehen. Sie zeigen zahlreiche Schichten und mehrere Poren. Das Lumen ist sehr klein und obliterirt bisweilen. — Fig. c. ist eine Zelle des innern Eiweisskörpers. Sie besteht aus Gelinschichten, die durch die bekannte Reaction blau werden.

2. Knochenzellen aus dem Eiweisskörper von *Phytelephas macrocarpa*. Taf. 11. Fig. 2. — Die Porenkanäle sind sehr zierlich, ziemlich gross und am äussern Ende erweitert. Die sehr dicke und harte Zellenhaut lässt keine Schichten erkennen, sondern erscheint homogen. Selbst die Begrenzung der Zellen ist nur schwierig wahrzunehmen. Sie bestehen durchweg aus Gelin.

3. Knochenzellen (oder versteinte Zellen) aus der steinigen Hülle einer Pflaume (*Prunus domestica*). Taf. 11. Fig. 5. — Sie sind ungewöhnlich dick und besitzen ein sehr kleines, fast verschwindendes Lumen, von welchem aus sich verzweigende Porenkanäle bis in die äusserste Schicht erstrecken. Diese, so wie alle übrigen Schichten sind siebförmig durchlöchert. Man überzeugt sich davon, wenn man die Zellen zuerst mit Salpetersäure kocht, dann mit Schwefelsäure behandelt. Durch Bearbeiten der Zellen mit einem Platinspatel lassen sich die Schichten wie Schalen ablösen, und diese sind voller Löcher (Fig. d.). — Der Durchschnitt einer solchen Zelle zeigt übrigens, dass sich noch andere Spalten und Gänge zwischen den verschiedenen Schichten finden und dass der Porenkanal sich bald verengt, bald erweitert, bald verästelt oder seine Richtung ändert (Fig. c.). — Noch auffallendere Erweiterungen und labyrinthische Verzweigungen dieser Gänge zwischen den verschiedenen Zellenschichten hat *Schacht* in den Holzzellen von *Hernandia sonora* und *Caryota urens* nachgewiesen. („Bot. Zeitg.“, 1850, 697 fg.)

4. Knochenzellen aus dem Stengel von *Hoya carnosa*.

Taf. 11. Fig. 5. — Sie sind in der Jugend durchlöchert und reagiren auf Gelinsubstanz, im Alter aber bestehen sie aus Lignin und Proteïn. Die innere Wandfläche zeigt mitunter schwache spiralige Streifung.

§. 485.

Amylzellen. Wir haben schon öfter bemerkt, dass bei den Flechten Amylzellen vorkommen, z. B. in den Früchten als sogenannte Sporenschläuche, so wie bei *Cetraria islandica* im Laube. Auch bei den Phanerogamen sind dieselben gefunden, z. B. in dem Leinsamen, so wie im Embryo von *Schotia latifolia* u. A. (Vergl. §. 591.)

Es bieten diese Formen keine Erscheinungen dar, welche nicht schon unter den Bassorin- und Gelinzellen erörtert worden wären.

§. 486.

Proteïnzellen. Die Pollenkörner der Phanerogamen und die Keimzellen (Sporen) vieler (aller?) Cryptogamen sind wahre Proteïnzellen, d. h. Zellen, welche von Haus aus bei ihrer Entstehung aus Proteïnsubstanz gebildet werden. Sie bilden sich durch Verdickung der Proteïnhaut, welche die äusserste Grenze des Zellkerns ausmacht und stellen diesen Zelltheil, welcher bei den gewöhnlichen Zellen vorübergehend ist (indem er bei alten Gelinzellen mehr oder weniger durch Resorption verschwindet), als bleibend dar. Nur bei den Algen verdickt sich die Proteïnhaut nicht, sondern bleibt dünn, obschon sie eine gewisse Festigkeit erlangt. Wir wissen aus dem Beispiel, welches ich von der Gelinzellenbildung bei *Anthoceros laevis* (§. 445) mitgetheilt habe, dass diese Proteïnzelle sich auch hier unter einer Gelinhülle erzeugt und dass diese letztere erst später durch Auflösung schwindet und die Proteïnhülle als äusserste Schicht zurücklässt. Bei der Pollenbildung der Phanerogamen kommt dieselbe Erscheinung vor. Aber die meisten Algen behalten nach der Ausbildung der Sporenzelle, deren unmittelbare Hülle oder eigentliche Zellenwand aus einer nur dünnen Proteïnhaut gebildet ist, jene Gelinhülle als gallertartigen Sporenmantel — welchen man mit dem Samenantheil der Phanerogamen vergleichen könnte — bei. (Vergl. „Phycolog. generalis“, Tab. 22. I. 8. a. b. — II. 2. c. — Tab. 55. Fig. 2. 3. und viele Andere.) — Auch bei den Trüffelsporen kommt ein ähnliches Verhältniss vor. (Vergl. §. 452. b.)

Bei allen diesen Formen kommen noch folgende ganz eigenthümliche Erscheinungen vor, welche die Proteïnzellen ebensowol

in Hinsicht ihrer Bildung, als auch ihrer besondern Fähigkeit, andere Zellen auf eigenthümliche Art zu reproduciren, auszeichnen, und dadurch den übrigen Zellenformen gegenüber treten:

1) Alle Proteinzellen sind, nach Beschaffenheit ihrer Art, an ihrer innern Wand mit einer oder mehreren sehr dünnen Gelin- oder Bassorinhäuten ausgekleidet. Diese Auskleidung macht hier die äusserste Grenze des Zellkerns aus und verhält sich zur Proteinzelle, wie die auskleidende Proteinhaut (*Mohl's* Primordialschlauch) zur Gelin- und Bassorinzelle.

2) Wenn bei den früher besprochenen Zellen der weitere Inhalt des Zellkerns oft vorwaltend aus Proteinsubstanzen besteht, so besteht derselbe hier oft vorwaltend aus stickstofffreien Stoffen, welche entweder zum Amylon, Bassorin, Gelin oder zu den ölartigen Substanzen gehören. Alle sogenannten Sporen der Laub- und Lebermoose, welche ich bisher untersuchte, enthalten beträchtliche Mengen eines Oeles, namentlich die von *Riccia*. Die Algensporen dagegen enthalten viel Amylon. Die Pollenkörner enthalten beides, nebst einem Schleim, welcher mehr oder weniger proteinhaltig ist.

3) Die ausgebildeten Proteinzellen sind stets von ihrem Inhalte, der (mit Ausnahme der Oele) zuletzt fest wird, ganz gefüllt (Vollzellen).

4) Die fertigen Proteinzellen sind so dauerhaft, dass sie den Einwirkungen der stärksten Säuren widerstehen;

5) Sie zeigen auf ihrer Oberfläche theils netzförmige, theils warzige, stachelige oder andere Erhabenheiten.

6) Die Stacheln sind erstarrte Radialströme aus der Entwicklungszeit her, wo die Proteinzelle ihre Gelinmutterzelle bildete, und daher noch die Function des Zellkerns ausübte. (§. 445.)

7) Die Warzen sind nur verkürzte und abgerundete Stacheln.

8) Die netzförmigen und andern Zeichnungen sind erstarrte netzförmige Strömchen, und daher den netzförmigen und andern Zeichnungen, welche wir bei den Gelinzellen kennen gelernt haben, zu vergleichen.

9) Die Löcher, welche in den Proteinzellen häufig vorkommen, sind denen in der Gelinzelle gleich zu achten; sie sind aber in jenen oft regelmässig geordnet und ihre Entstehung hängt — wenigstens bei den Sporen von *Riccia* und *Anthoceros* — damit zusammen, dass die Zwischenräume des Stromnetzes sich nicht ausfüllen.

10) Alle Proteinzellen treten nur isolirt auf, sie bilden nie

ein eigenes Gewebe, besitzen aber die Eigenschaft, dass sich bei hinreichender Feuchtigkeit und Wärme der Inhalt entwickelt.

11) Die Entwicklung beginnt damit, dass die Feuchtigkeit entweder durch die dünne Haut der Proteinzelle, oder — wenn die Haut sehr dick ist — durch die Löcher eindringt, den schleimigen Inhalt anschwellt, wodurch derselbe die Proteinzelle — gewöhnlich an einer bestimmten Stelle — durchbricht, und während die eingeschlossene Gelin- oder Bassorinhaut wächst, dehnt sich dieselbe zu einer Zelle mit Spitzenwachsthum aus, die sich späterhin durch Theilung vermehrt und daher die erste Anlage zu einer Neubildung ist. Die Entwicklung des Inhalts ist also mit einer Zersprengung und Abwerfung der Proteinhülle verknüpft; sie ist eine wahre Enthüllung, deren nächstes Resultat eine Gelin- oder Bassorinzelle mit mehr oder weniger flüssigem Inhalte ist. Man kann daher auch sagen, dass die Proteinzellenbildung mit einer Entwässerung und Verdichtung des Zellkerns; — die Gelin- und Bassorinzellenbildung aber mit einer Bewässerung und Verdünnung desselben verknüpft ist.

Man hat wegen der Eigenschaft der Proteinzellen, Gelin- und Bassorinzellen zu entwickeln, dieselben auch Reproductionszellen und die andern Vegetativzellen genannt. Diese Benennungen sind aber sehr unpassend, denn jede Zelle — ohne Ausnahme — kann sich reproduciren, so wie jede vegetirt, welcher Art sie auch ist, obschon dabei jede Zellenart ihre Eigenthümlichkeit zeigt.

§. 487.

Kieselzellen der Bacillarien. Sie wurden von mir im Jahr 1834 entdeckt und zeigen manche Eigenthümlichkeiten. Wir haben schon früher (§. 337) bei der Kieselsäure erwähnt, dass die Equisetaceen und Gramineen in ihrer Rindenschicht Zellen besitzen, welche mit Kieselsäure überzogen sind. Dieser Ueberzug ist eine blosse Incrustation. Die Kieselsäure steht dabei in keinem organischen Zusammenhange mit den incrustirten Zellen, im Gegentheil hebt sie die organische Verbindung der Gelinzellen unter einander auf, indem sie sich als undurchdringliche Inter-cellularschicht zwischen dieselben schiebt. Die scheinbar organischen Formen, welche sie nach Entfernung der weichen Zellen zeigt, sind von diesen geborgt; sie haben nur den Werth von Abdrücken.

Anders verhält es sich mit den Kieselzellen der Bacillarien. Zwar ist ihre Entstehung noch nicht so genau beobachtet, wie

die der abgehandelten Zellenarten, aber alle Verhältnisse deuten darauf hin, dass dieselbe auf ähnliche Weise stattfindet.

Wenn wir den Bau einer solchen Kieselzelle genau untersuchen, so finden wir innerhalb der Kieselzelle einen Zellkern, der von dem der Gelin- und Bassorinzellen nicht wesentlich verschieden ist. Denn die innere Wand derselben wird von einer sehr zarten Proteinhaut ausgekleidet, auf welche fast immer eine zweite, durch Chlorophyll mehr oder weniger grün gefärbte Schicht folgt, die entweder körnig ist (wie bei *Melosira orichalcea*, *salina* u. s. w.), oder eine mehr oder weniger zusammengefloßene einfache Masse, oder in mehrere Stücke getheilte Querbinden bildet. In dieser Schicht scheiden sich häufig Oeltröpfchen aus, welche sie unterbrechen und oft sonderbare Formen erzeugen, indem sie das eine Mal in grössere Tropfen zusammenfliessen, oder in kleinere vertheilt und verschiedenartig gestellt sind. In dieser Schicht ist auch noch ein beträchtlicher Gehalt an Eisenoxyd vorhanden, wodurch die braune und gelbe Färbung der Bacillarien zum Theil hervorgerufen wird. *Ehrenberg*, welcher die Bacillarien als Infusorien betrachtet, hat die Oeltröpfchen irrthümlich für männliche Samendrüsen und den gefärbten Inhalt für Eierstöcke gehalten. Die Kieselschale selbst, welche diesen Zellkern umgibt, zeigt ziemlich alle Formen, welche wir auch bei den Gelin- und Proteinzellen finden. Viele sind ganz glatt, so dass sich weder Striche noch Punkte wahrnehmen lassen, die meisten haben aber innere Verdickungsschichten, welche charakteristische Zeichnungen darbieten. So finden wir sich kreuzende Spirallinien bei *Melosira decussata* (cf. *Kützing*, „Kieselschalige Bacillarien“, Taf. 3. Fig. VII.), *Surirella ornata* (ebend. Fig. LIV.); dünnere oder dickere Querstreifen, welche den Treppengängen und Spiralplättchen entsprechen, bei *Surirella* und *Navicula* (ebend. Taf. 3. Fig. LX. LXI. LXII. — Taf. 4. Fig. VII. VIII. XVIII—XXIV.), auch bei *Synedra* (ebend. Fig. XXXIV. XXXVII.) und vielen andern Gattungen; verschiedene leistenförmige Vorsprünge, punkt- oder warzenförmige Erhabenheiten, netzförmige Zeichnungen (ebend. Taf. 1. Fig. XVI.), siebförmige Durchlöcherungen (*Cascinodiscus*, ebend. Fig. XVIII.), selbst grössere Durchbohrungen der Scheidewände, nach Art der Gefässe, welche durch Verbindung der Zellen entstanden, bei *Tetracyclus lacustris* (Taf. 29. Fig. 70.), *Grammatophora gibba* (ebend. Fig. 78) u. m. A.

§. 488.

Alle diese Kieselzellen vermehren sich durch Theilung innerhalb einer Mutterkieselzelle, welche aber nicht, wie die Gelmutterzelle, resorbirt wird, sondern als eine dritte äussere Lage bleibt. Sie ist nur als ein Rudiment zu betrachten.

§. 489.

Eine weitere wichtige Erscheinung ist die Absonderung einer vierten Schicht, der Schleimschicht, welche aus den Oeffnungen der Kieselzelle heraustritt und dieselbe rings umgibt. Bei vielen Bacillarien ist sie in einem halbflüssigen Zustande und bleibt auch in demselben. In andern Fällen ist sie etwas fester; sie fliesst, wenn mehrere Individuen neben einander liegen, zu einer gemeinsamen Matrix zusammen, in welcher die Kieselzellen eingeschlossen liegen. Sie entwickelt sich aber auch in den höhern Formen zu einer festen und geschlossenen Hülle, welche als eine vierte äussere Schicht, oder als ein Mantel der Kieselzellen betrachtet werden kann, der mit der Cuticula anderer Pflanzen Aehnlichkeit hat; nur ist er nicht stickstoffhaltig, sondern besteht aus reiner Bassorinsubstanz, nicht aus Gelin, wie ich bisher irrthümlich in meinen algologischen Werken angegeben habe. Vermittelst dieses Mantels verbinden sich die Kieselzellen zu einem besondern Kieselzellgewebe. Hierbei will ich nur noch bemerken, dass die Bassorinsubstanz bei manchen Zellen besonders an dem einen oder andern Ende vorzugsweise abgesondert wird, wodurch sich ein Stielchen bildet, welches die Kieselzellen trägt, z. B. bei *Achnanthes*; bei *Gomphonema*, *Rhipidophora* u. a. spaltet sich oft dieses Stielchen (*Kg.* „*Bacill.*“, Taf. 8—13.); bei *Diatoma*, *Grammatophora* u. a. werden die Kieselzellen durch dieses Stielchen kettenförmig verbunden (ebend. Taf. 17. 18 19.)⁶).

§. 490.

Zellenbewegungen.

Wir müssen zweierlei Zellenbewegungen unterscheiden, nämlich lebhaftere, welche mit einer sichtbaren Ortsveränderung des ganzen Zellenindividuums verknüpft sind, und langsame, die man nicht mit den Augen verfolgen und wahrnehmen kann, daher erschlossen werden müssen.

Zu den letztern gehören diejenigen, welche als reine Wachstumsphänomene zu betrachten sind, und im folgenden Capitel besprochen werden sollen; zu den erstern aber gehört das so-

genannte Schwärmen der Zellen. Jenes ist oft mit der Verwachsung, dieses mit der Trennung der neugebildeten Zellen verbunden.

Jede dieser Bewegungsarten ist von der Art der Zellenbildung abhängig, so, dass keine Zelle, welche eine deutliche Gelhülle besitzt, schwärmt, und keine mit einer andern verwächst, bei welcher die äussere Hülle aus Proteinsubstanz gebildet ist.

§. 491.

Wir betrachten jetzt die sogenannten Schwärmzellen. Diese sind Proteinzellen und entstehen auf folgende Weise:

In einer Bassorin- oder Gelinzelle, welche noch in jugendlicher Thätigkeit sich zeigt, trennt sich der Zellkern von der innern Wand der Aussenzelle und isolirt sich innerhalb des Zellenraums als eigne selbständige Proteinzelle. Diese zeigt schon jetzt Bewegung, ähnlich der eines Infusionsthierchens, welches in einen engen Raum eingesperrt ist und nach einem Ausgang sucht. Endlich aber bohrt sich diese Proteinzelle eine Oeffnung in die umgebende Zelle, drängt sich aus derselben heraus und schwärmt nun in dem umgebenden Wasser in unbestimmten Curven, drehend und wälzend herum. So ist es bei *Vaucheria clavata*.

Bei andern Algen, z. B. *Cladophora*, *Draparnaldia*, *Stigeoclonium*, theilt sich der Zellkern erst in mehrere, oft sehr zahlreiche Tochterzellen, welche sich ebenfalls schon innerhalb der Mutterzelle in beschränkter Weise bewegen, dann einzeln durch eine seitliche Oeffnung der Zellenwand entweichen und im Wasser umherschwärmen. Bei *Cladophora elongata* (Taf. 15. Fig. 2.) schien es mir, als wenn die Schwärmzellen etwas schrauben- oder schneckenförmig gestaltet wären.

Bei diesen Zellen trifft man noch folgende Erscheinungen an:

1) Sie besitzen, so lange sie noch umherschwärmen, eine länglich-runde, oder eiförmige Gestalt.

2) Das spitzere Ende ist vorn und der Zelleninhalt, der gewöhnlich grün gefärbt ist, tritt hier von der sehr zarten Zellenhaut zurück, woher es kommt, dass dieses nach vorn gerichtete Ende farblos erscheint und bisweilen das Ansehen eines Einschnitts der Zelle erhält.

3) Die Oberfläche ist entweder ganz, oder nur an einigen Stellen einzeln, mit sehr zarten schleimigen Wimperhärchen bekleidet, welche während des Schwärmens eine flimmernde Bewegung zeigen. Die Zellenhaut selbst hat noch kein Beobachter mit Sicherheit sich zusammenziehen und ausdehnen sehen.

4) Die Bewegung hat mit der der Infusorien so grosse Aehnlichkeit, dass sie Männer wie *Ehrenberg* getäuscht hat, welcher daher auch viele der Schwärmzellen als „Mageninfusorien“ in seinen Werken beschrieb.

5) Manche Schwärmzellen, welche durch Chlorophyll grün gefärbt sind, bekommen an gewissen Stellen einen kleinen rothen Fleck, welcher von *Ehrenberg* als Augenpunkt gedeutet worden.

6) Das Schwärmen hält nur eine kurze Zeit an, höchstens wenige Minuten, worauf sich die Proteinzelle, welche gleichsam als selbständig gewordener Zellenkern auftritt, sich ruhig niederlegt und mit einer Bassorin- oder Gelinhülle umkleidet u. s. w.

7) Nicht immer kommen diese Zellen zum Schwärmen, sondern es kommt auch vor, dass die genannte Bassorin- oder Gelinhülle sich noch innerhalb der Mutterzelle erzeugt, worauf sie von hier aus sich weiter entwickeln, ohne geschwärmt zu haben. (Vergl. *Ulothrix zonata* in meiner „*Phycologia generalis*“, Tab. 80.)

Die Ursache dieser Bewegung ist noch nicht ermittelt. Es ist sogar die Frage, ob die Wimpern — die ich mit den, beim Zellenkern so häufig vorkommenden, Radialströmchen vergleiche — die Bewegung der Zelle hervorrufen; es kann auch sein, dass ihr Flimmern erst eine Folge des bewegten Körpers, und mit dem Zittern eines Stockes zu vergleichen ist, den man mit der Spitze senkrecht in einen schnell fliessenden Wasserstrom hält. Einige Physiologen haben den Grund dieser Bewegung in der Endosmose und Exosmose gesucht.

§. 492.

Auch die Kieselzellen der Bacillarien bewegen sich frei im Wasser, wenn sie sich aus ihrer Schleimhülle losmachen können. Die Richtung ist gewöhnlich geradlinig; nur äussere Gegenstände, welche im Wege liegen, ändern diese Richtung um. *Ehrenberg* gibt an, dass die Bewegung durch einen Fuss geschehe, den das vermeintliche Thier aus der Kieselschale herausstrecke. Dieser Fuss ist aber nichts weiter, als ein formloser Bassorinschleim, der die Kieselzelle ungleich umgibt. Bei *Surirella Gemma* hat *Ehrenberg* bewegliche Wimpern beobachtet, welche „das Thier“ durch die Löcher seiner Schale herausstrecken soll. Diese Wimpern können nur von der Proteinmembran des Zellenkerns herrühren. Es kommen übrigens bisweilen Formen vor, welche überall mit sehr zarten Schleimhärcchen bedeckt sind, die sich nicht bewegen.

Die Bewegung der Bacillarien ist viel langsamer, als die der

Schwärmzellen, dabei aber kräftig genug, dass durch die Körperchen kleine im Wege liegende Gegenstände mit fort oder zur Seite geschoben werden.

§. 493.

Bewegungen von Spiralfasern.

Ich habe schon §. 491 bemerkt, dass mir die Schwärmzellen von *Gladophora elongata* etwas schrauben- oder schneckenförmig gewunden erschienen wären. Nun finden sich aber in gewissen Zellen, den „Antheridien“ der Charen, Laub-, Lebermoose und Farrnkräuter noch kleinere Schleimzellen, die mit einem kurzen Spiralfaden ausgekleidet sind. Bringt man diese Zellen ins Wasser, so löst sich der Spiralfaden von der umgebenden Zellenwand ab und bewegt sich drehend um seine Axe, wobei er — nach Art der archimedischen Schraube — eine progressive Bewegung machen muss. Bei den Antheridien von *Polytrichum commune* habe ich jedoch gesehen, dass die meisten Spiralfäden sich drehend in ihrer Hülle bewegten und nur wenige dieselbe verliessen. Es kommen übrigens kleine Abänderungen in der Form dieser Spiralfäden vor und bei einigen sind sogar Wimpern nachgewiesen worden. Sie bestehen aus Proteïnsubstanz und gehören daher zum Zellenkern⁷⁾.

Die Bewegungen, welche die *Spirulina*arten zeigen, sind anderer Art. Wo die Proteïnfaser, aus welcher sie zum Theil bestehen, dicht gewunden ist, stellt sie einen hohlen Cylinder dar, welcher sich selbst wieder an seinen Enden durch spiralige Krümmungen bewegt, ganz wie die *Oscillarien*fäden.

Zweites Capitel.

Das Zellengewebe.

§. 494.

Wie die Moleküle sich zu Gruppen, oder zu Fasern und flächenförmigen Gestalten vereinigen, und die letztern wieder blasenartige Gebilde erzeugen, die wir als Zellen kennen gelernt haben, so kommen ganz ähnliche Wiederholungen von Verbindungen auch

bei den Zellen vor. Diese Verbindungen werden unter dem Namen „Zellengewebe“ begriffen.

Die Bildung des Zellengewebes beruht ganz auf dem Wachsthum der Zelle; es ist eigentlich erst die Vollendung ihrer Entwicklungsgeschichte.

Das Wachsthum der Zelle ist zugleich auch mit ihrer Fortpflanzung verbunden. Die Fortpflanzung hat wieder die Vermehrung in ihrem Gefolge. So entstehen Generationen und Generationsreihen. Sowol Generationen als Generationsreihen können nach ihrer fertigen Bildung mehr oder weniger vereinigt und durch eine Umhüllung scharf begrenzt sein; in diesen Fällen entsteht immer eine zusammengesetzte Zellenform, das Zellengewebe. Fehlt die gemeinsame Hülle und liegen die Zellengenerationen lose neben einander, so entsteht ein blosses Zellenaggregat. Zellenfamilien entstehen in beiden Fällen.

§. 495.

Wir können drei verschiedene Bildungsarten des Zellengewebes unterscheiden, nämlich:

- 1) Durch Bildung neuer Zellen an der Aussenseite einer Mutterzelle.
- 2) Durch Bildung neuer Zellen im Innern einer Mutterzelle.
- 3) Durch Copulation oder Verwachsung fertiger Zellen.

§. 496.

Der erste Fall kommt bei der Hefe vor, wo die verschiedenen Generationen nach ihrer Ausbildung sich nicht trennen, sondern verbunden bleiben. Auch *Stereonema* zeigt ähnliche Verhältnisse (§. 450).

Der zweite Fall ist bei weitem der häufigste und allgemeinste, und bietet die mannigfaltigsten Verhältnisse dar, die wir ganz besonders zu betrachten haben.

Der dritte Fall endlich zeigt sich besonders bei den Algen unter der Familie der Zygnemeen. Ich habe auf Taf. 17. Fig. 6. 7. 8. drei Copulationsformen abgebildet, welche ebenso viel verschiedenen Gattungen angehören. Die erste (Fig. 6.) ist *Sirogonium notabile*; sie zeichnet sich dadurch aus, dass zwei Zellen zweier neben einander liegender Zellenreihen sich gegen einander biegen, dann zusammenwachsen und endlich nach Verflüssigung der verwachsenen Zellenwände in offene Communication treten, worauf der Inhalt der einen Zelle (der ganze Zellkern) in die andere übertritt, sich mit dem Inhalt dieser zu einem Ballen

vereinigt, welcher eine Gelinhaut — den Sporenmantel — um sich entwickelt. Die zweite Copulationsform (Fig. 7.) ist Zygnema stellinum, hier legen sich ebenfalls zwei (bisweilen drei und vier) Zellenreihen neben einander, jede Zelle wächst zu einem warzigen Vorsprung aus, welcher auf halbem Wege dem der Nachbarzelle entgegenkommt, bis beide sich berühren, dann verwachsen und zuletzt eine offene communicirende Röhre zwischen den verbundenen Zellen bilden, durch welche sich ebenfalls der Inhalt der einen Zelle in die andere ergiesst, sich mit dem Inhalte derselben vermischt, zu einem Ballen formt und sich zuletzt ebenfalls mit einem Gelinmantel bekleidet. Bei der dritten Gattung Mesocarpus (Fig. 8.) verhält es sich ähnlich, nur findet der Unterschied Statt, dass der Inhalt der beiden copulirten Zellen sich in der Communicationsröhre sammelt und hier zur Sporenzelle sich entwickelt.

§. 497.

Die Bildung des Zellengewebes durch Entwicklung neuer Zellen und Zellengenerationen, innerhalb einer Mutterzelle, wird nach der Art und Form der letztern mehr oder weniger modificirt. Die meisten Fälle sind zwar der Art, dass die Neubildung durch selbständige innere Zellenthätigkeit hervorgerufen wird, es kommen aber auch solche Fälle vor, wo die jungen oder neuen Zellen in eine alte hineingebildet werden, so dass die letztere nicht als die Erzeugerin jener angesehen werden kann. Man kann ein solches Verhältniss dadurch bezeichnen, dass man die alten „Stiefmutterzellen“, die jungen „Stieftochterzellen“ nennt. Beispiele der Art sind bisher nur bei den sehr lang gestreckten Zellen (Gefässen) mit grösserm Lumen beobachtet worden, wo man diese Gebilde Thyllen genannt hat. Ein Ungenannter hat in der „Botanischen Zeitung“ (1845, Sp. 225 fg.) ausführlichere Beobachtungen darüber mitgetheilt. Die sogenannten Gefässe vieler einheimischen Laubbäume (Eichen, Ulmen, Wallnussbäume, Kastanienbäume, Eschen, Holunder, Weinstock, Maulbeerbäume, Robinien) und anderer Pflanzen zeigen in einem gewissen Alter ihre Höhlung ganz oder theilweise mit Zellen ausgefüllt, welche ein neues Zellenleben in diesen Räumen begründen, indem sie sich vermehren und mit einander verwachsen. Nach den Untersuchungen jenes Ungenannten entstehen sie auf die Weise, dass ein Theil der Wand einer Nachbarzelle, welche dicht an der Gefässzelle anliegt, durch den Porus oder einen Spalt der letztern sich hineindrängt (hineinwächst). Der hineingedrungene Theil

dehnt sich hier immer weiter aus und bildet sich allmählig zur Zelle um, indem er sich wahrscheinlich zuletzt abschnürt. Anfangs ist die Thyllenzelle immer noch mit der Nachbarzelle, die sie bildete, in offener Verbindung.

§. 498.

Der bei weitem häufigste und wichtigste Fall der Zellengewebsbildung ist der, wo die Bildung von Tochterzellen innerhalb einer Mutterzelle statt hat. Diese Tochterzellen entstehen durch Theilung des Zellkerns, welcher innerhalb der Mutterzelle um jeden abgesonderten Theil eine Gelinhülle entwickelt. Die so entstandenen Tochterzellen können lose neben einander liegen, oder auch mehr oder weniger fest mit einander verwachsen. Das Verwachsen ist immer mit einer flüssig-schleimigen Beschaffenheit der Aussenwand der jungen Tochterzellen verknüpft. *Mohl* hat die schleimige Beschaffenheit durch die Annahme einer besondern Substanz, welche er Intercellularsubstanz genannt hat, zu erklären versucht; *Wigand* hat jedoch kürzlich in einer besondern Schrift („Intercellularsubstanz und Cuticula“, Braunschweig, 1850) darzuthun versucht, dass eine „zwischen den Zellen gelagerte, sei es selbständige oder aus den Zellen abgesonderte sogenannte Intercellularsubstanz“, welche die Zellen mit einander verkitte, nicht existire. Ich kann seine Untersuchungen, so weit ich sie zu prüfen Gelegenheit hatte, nur bestätigen und stimme im Allgemeinen auch seinen Ansichten bei, dass nämlich Vieles, was man für Intercellularsubstanz bisher in Anspruch nahm, zur Zellenwandung selbst mit gehört; aber ich glaube doch, dass wir dadurch die Intercellularsubstanz nicht los werden, sondern dass wir nur eine andere Vorstellung mit dieser Benennung zu verbinden haben.

So viel steht nämlich fest, dass die Substanz der Zellenwand während ihrer Entstehung und Fortbildung in den verschiedenen Schichten nach innen und aussen nicht gleiche Festigkeit und Consistenz hat. Sie ist wenigstens in jungen und in allen lebhaft vegetirenden Zellen an der Aussenseite in einem flüssigen oder halbflüssigen Zustande. Das ist namentlich häufig bei den grössern Seealgen der Fall, z. B. *Hafgygia*, *Lessonia*, *Durvillaea*. Alle drei Gattungen besitzen Schleimgefässe, welche nicht mit den sogenannten Gummigängen verwechselt werden dürfen, weil jene eine normale Bildung sind, diese aber zu den krankhaften Erscheinungen gehören. In jenen Schleimgefässen sammelt sich immer die flüssige schleimige Zellensubstanz an,

welche auch hervorquillt, sobald man andere Theile der genannten Pflanzen durch einen Schnitt verletzt. Diese Substanz kann man daher „Intercellularsubstanz“ oder wenn man will auch „Extracellularsubstanz“ nennen. Die Zellenwände dieser Algen, so wie der Schleim, bestehen aus Gelinsubstanz. Weiteres hierüber werde ich bei der Cuticula erwähnen.

§. 499.

Wo die Aussenseite der Tochterzellen nicht mit dieser Intercellularsubstanz bekleidet ist, wo namentlich die äussere Wand consistenter ist, als die innere, da findet auch keine Verwachsung der Zellen Statt; dasselbe ist auch der Fall, wenn Tochterzellen den innern Raum der Mutterzelle nicht ausfüllen; sie liegen dann unverbunden neben einander.

Beispiele hierzu liefern die Gloeocapsaarten (Taf. 17. Fig. 2. 3.).

Die Mutterzelle, welche die Tochterzellen erzeugt hat und noch umschliesst, wächst dabei bis zu einem gewissen Grade mit fort. Dieses Wachsen der Mutterzelle bedingt zum Theil die äussere Form und die Richtung, in welcher die Bildung neuer Zellen stattfinden soll. Es leuchtet ein, dass bei folgenden Generationen die Tochterzellen der vorangegangenen Generation die Function der Mutterzellen übernehmen, dass wir so viele Grade von Mutterzellen erhalten, als Generationen auf einander folgen. Diese Mutterzellen lassen sich jedoch nicht mehr in ihren wahren Verhältnissen ermitteln, sobald die Anzahl der Generationen sehr bedeutend wird. Nur in den einfachsten Fällen der niedern Pflanzenformen, wie z. B. bei der Gattung Gloeocapsa, lässt sich bis auf einen gewissen Grad nachkommen (Taf. 17. Fig. 2. 3.). Auch bei Anfängen von Zygonium torulosum lässt sich die Stufenfolge nachweisen. Wir sehen z. B. Taf. 17. Fig. 4. die erste Mutterzelle als äusserste Membran auftreten, welche acht jüngste Tochterzellen einschliesst; die nächste Membran aber, welche folgt, gehört den zwei Mutterzellen zweiten Grades an, welche je vier jüngste Tochterzellen enthalten; die dritte Membran gehört zu vier Mutterzellen dritten Grades, jede mit je zwei Tochterzellen. Hier ist das Wachsen der Mutterzellen in der Richtung der Linie erfolgt. Bei Gloeocapsa geschieht dasselbe nach allen drei Dimensionen und endlich bei Prasiola nach zwei Dimensionen. Darum werden bei Zygonium Zellenreihen, bei Prasiola Zellenflächen, bei Gloeocapsa Zellenkörper gebildet. Es ist klar, dass hierbei das Wachsthum und die Theilung des Zellkernes nach den drei Dimensionen als Grund dieser Erscheinungen

angesehen werden kann. Wo die Generationen und Generationsreihen nach verschiedenen und unter sich abweichenden Richtungen und Formen sich zu einem gemeinsamen Ganzen vereinigen, da sind die einzelnen Verhältnisse, in welchen die Entwicklung stattgefunden hat, deshalb nicht mehr zu erkennen, weil die Gruppierung der zusammengehörigen und gleichwerthigen Generationen nicht mehr durch die entsprechenden Mutterzellen angezeigt wird. Die Mutterzellen gewisser Generationen werden nämlich aufgelöst (resorbirt) oder ihre Membran wird durch Ausdehnung so verdünnt, dass sie nicht mehr beobachtet werden kann. Dadurch werden in vielen Fällen die Generationen verwischt und gehen durch unmittelbare Vereinigung stetig in einander über. Nur die äusserste Grenze wird oft durch eine mehr oder weniger selbständige und abgesonderte Hüllmembran angezeigt, welche ich bei den Algen Peridermis genannt habe, im Allgemeinen aber mit dem Namen Cuticula bezeichnet wird.

§. 500.

Cuticula. Ueber die Entstehung und Bedeutung der Cuticula sind die Meinungen der Physiologen verschieden. Jede dieser Meinungen hat jedoch etwas Wahres für sich. Man kann über die Entstehung der Cuticula nur durch Beobachtung der einfachsten niedern Pflanzenformen genauern Aufschluss erlangen. Die höhern Pflanzen zeigen das Verhältniss der Cuticula zu den übrigen Zellen nie in der Deutlichkeit wie die niedern. Besonders zeichnen sich unter diesen gewisse Algen aus. Ich setze dabei voraus, dass das Organ, was ich bei den Algen Peridermis oder Ueberhaut genannt habe, dieselbe physiologische Bedeutung besitze, wie das, was andere Physiologen bei den höhern Pflanzen Cuticula nennen. Denn wenn die Grundorgane der zusammengesetzten Algen ebenfalls Zellen sind, wie bei den Phanerogamen, so muss auch das die Zellenfamilien einhüllende Organ bei allen aus Zellenfamilien bestehenden Pflanzen eine gleiche Bedeutung haben.

Wir betrachten jetzt die Cuticula

- 1) nach ihrer chemischen Beschaffenheit,
- 2) nach ihrer Consistenz,
- 3) nach ihrer Structur.

§. 501.

Die chemische Beschaffenheit der Cuticula ist ebenso verschieden, wie die der Zellen. Diejenigen niedern Pflanzen,

welche aus Bassorinzellen bestehen, entwickeln auch eine Cuticula aus Bassorinsubstanz; ebenso besteht sie bei den Scytonemaarten und verwandten Gattungen aus Gelacinsubstanz, während sie in der Jugend bei den höhern Cryptogamen und allen Phanerogamen aus Gelinsubstanz besteht und hier durch die Einwirkung der Luft sich wie die äussern Schichten der Holzzellen mit der Zeit in eine proteinhaltige Substanz verwandelt.

§. 502.

Die Consistenz der Cuticula wechselt von der weichsten schleimigen Beschaffenheit bis zu bedeutender Festigkeit und Härte. Am weichsten, schleimigsten erscheint sie in den Algen, z. B. bei den Oscillarinen, Nostochinen, Draparnaldien, Batrachospermen, Zygnemaceen, Chondrien u. m. a. Hier ist sie auch leicht zerstörbar und durch Säuren und Alkalien aufzulösen. Bei vielen Phanerogamen dagegen, und namentlich bei denen mit derben lederartigen Blättern, verwandelt sie sich in eine derbe dicke und feste proteinhaltige Substanz, gleicht dadurch genau der äussern Proteinhaut vieler Sporen und Pollenzellen, und widersteht, wie diese, der Einwirkung starker Säuren. Durch Kochen mit Alkalien kann die Proteinsubstanz aufgelöst werden und es bleibt alsdann nur noch Gelinsubstanz zurück, welche durch Jodintinctur blau gefärbt wird, nachdem das Alkali durch eine Säure neutralisirt wurde.

§. 503.

Die Structur der Cuticula ist nach zwei Seiten hin zu betrachten, hinsichtlich 1) der Schichtung und 2) des Baues der einzelnen Schichten selbst.

Wie die Zellenmembran, so zeigt auch die Cuticula sich von sehr verschiedener Dicke, so dass sie in einzelnen Fällen ungewein dünn — fast unsichtbar — sein kann, während sie in andern Fällen ungewein dick ist. Im letztern Falle zeigt sie häufig eine Schichtung, wie die verdickten Zellen; oft aber kommen diese Schichten erst dann deutlich zum Vorschein, wenn man Jodintinctur und Schwefelsäure einwirken lässt. Die Cuticula der Blätter von Zea Mais und Arbutus Unedo zeigt sogar Porenkanäle (*Wigand*). Bei der Cuticula der Blätter von Nerium Oleander (Taf. 16. Fig. 5.) sehe ich zwischen den Schichten deutliche aus einander tretende Spalten — wie Vacuolen —. Dieselben kommen auch in der sehr verdickten Zellenwand bei Caulerpa (Taf. 15. Fig. 8.) vor. Hier habe ich auch zuerst sich kreuzende Linien auf der äussersten Cuticularschicht (Fig. c.) bemerkt, wie an

Zellenwänden, welche eine spiralfaserige Structur zeigen. Einmal darauf aufmerksam geworden, habe ich diese Zeichnungen später bei der Cuticula einer ziemlichen Anzahl von Phanerogamen bemerkt, von denen ich besonders die von *Allium Porrum*, *Bromelia Ananas* (Blätter) und *Brassica oleracea* (Taf. 13. Fig. 4. 5. 6.) erwähne. Bei der letztern erscheint die äusserste Schicht sogar mitunter wie sehr fein durchlöchert, ähnlich der Wand der porösen Zellen im Holze von *Guajacum officinale* (Taf. 13. Fig. 1.).

Die Cuticula von an der Luft wachsenden Organen schwitzt durch diese Poren jedenfalls die Wachsschicht aus, welche als pruina die Blätter, Früchte u. s. w. überzieht. Es kommt oft sehr auf die Einstellung des Focus an, ob man die Cuticula fein punktirt (wie bei *Brassica*) oder liniirt sehen will. Die punktirten Stellen sind jedenfalls vertiefte Räume zwischen den zarten sich durchschneidenden linienförmigen Erhabenheiten. Durch Behandlung mit Alkohol und Aether, und Färbung mittelst Jodintinctur, bekommt man diese Structur an der Cuticula am besten zu Gesicht; concentrirte Schwefelsäure macht jedoch, dass alle Linien zusammenfliessen.

Auch auf der Cuticula der Cladophoren findet man unregelmässig gekrümmte erhabene Linien, welche sich jedoch nicht regelmässig durchkreuzen.

Die Cuticula der Scytonemeen zeigt oft parallele Längsfasern, welche sich bisweilen ablösen und als mehr oder weniger gekräuselte Fasern den fadenförmigen Pflanzenkörper umgeben. Auch als abnorme Erscheinungen kommen Fasern und Härchen auf der Cuticula vieler Wassergewächse vor, welche sicher unmittelbare Auswüchse dieses Organs sind. Diese Auswüchse sind zum Theil als selbständige Pflanzenformen von mir unter der Algen-gattung *Hygrocrocis* verzeichnet worden. Ich habe sie bei *Ulothrix zonata* in meiner „*Phycologia generalis*“, Taf. 80. Fig. 7. 8. 9. 10. gezeichnet, und *Itzigsohn* erwähnt diese Härchen auch als „Wimperepithelium“ bei den Charen („*Bot. Zeitg.*“, 1850, p. 767—769).

Wichtiger sind jedoch die regelmässig in Linien, Spiralen oder in anderer Weise geordneten erhabenen Wärzchen, welche auf der Cuticula von *Pediastrum granulatum* und vielen andern Desmidiëen, so wie bei *Bulbochaete* (*Kg.* „*Sp. Alg.*“, p. 422) vorkommen. Auch die Wärzchen auf den Malpichischen Haaren, z. B. von *Cornus sanguinea*, gehören der Cuticula an; desgleichen die Dornen oder Stacheln bei den Desmidiëengattungen *Xanthi-*

dium, Arthrodesmus, Phycastrum, den Blättern von Hypnum tamariscinum, die hyalinen Stachelspitzen bei den Charen u. s. w.

§. 504.

Entwicklungsgeschichte der Cuticula und zwar:

a) Bei *Gloeocapsa* und ihren Verwandten. Hier kommen die einfachsten und am offensten daliegenden Fälle vor. Die Individuen, welche aus mehr oder weniger deutlich getrennten Zellengenerationen bestehen, sind entweder von einer vergrösserten einzigen Mutterzelle umschlossen, und dann bildet diese die Cuticula, oder die Mutterzellen vorhergegangener Generationen, bis auf die Gross- oder Urgrossmutterzellen, zerfliessen in eine homogene Schleimmasse, welche theils zwischen denselben (also doch Intercellularsubstanz) sich verbreitet, theils nach aussen gedrängt wird und als schleimige Cuticula einer Anzahl lose verbundener Zellenfamilien erscheint. (Vergl. *Gloeocapsa Shuttleworthiana*, *sanguinea*, *Ralfsiana* in den „Tab. phycol.“, 22 und 23.) Bei *Palmella* kommt ein ähnliches Verhältniss vor, nur mit dem Unterschiede, dass alle Mutterzellen zerfliessen und sämmtlich zu einer homogenen Schleimmasse verschmelzen, welche ebenfalls zugleich die Intercellularsubstanz und Cuticula bildet. Nicht immer ist bei diesen niedern Formen die Cuticula, d. i. die äusserste Lage, weich und gallertartig: sie wird sogar in einzelnen Fällen so fest, wie bei den Phanerogamen, z. B. bei *Palmella duriuscula*, *papillosa*, ferner bei *Entophysalis*, *Hydrococcus* und *Palmophyllum*. („Tab. phycol.“, 17. 32.) Bei allen diesen Gattungen lässt sich die Entstehung der Cuticula durch Zerfliessen und Verschmelzen der Mutterzellen unmittelbar mit Hilfe der Beobachtung nachweisen.

b) Bei den Oscillarinen. (*Kg.* „Spec. Alg.“, 235.) Bei den ächten Oscillarien wird die Cuticula von den Zellenreihen (Oscillarienfäden) überall als flüssiger Schleim ausgeschieden, welcher sich niemals zu einer festen Form verdichtet. Diese Verdichtung findet jedoch bei der Gattung *Phormidium* Statt und dieser verdichtete Schleim erscheint ebensowol als Cuticula eines jeden einzelnen Fadens, als auch als Kitt für die Fäden, welche dadurch zu einem Lager (*stratum*) vereinigt werden. Hier scheint es also, dass die Cuticula nicht durch Zerfliessen von Mutterzellen entstehe, sondern, dass sie eine von den Zellen *secernirte* Substanz sei.

Es scheint aber auch nur so; in der That muss es sich aber anders verhalten und zwar aus folgenden Gründen. Die Oscilla-

rien und ihre Verwandten wachsen beständig durch eine gleichmässige Theilung ihrer Zellen; in dieser Theilung kommt während der ganzen Lebensperiode kein Stillstand vor, alle Zellen vermehren sich auch gleichartig. Man sieht aber immer nur die letzte Generation den Oscillarienfaden bilden; die Zellenwände vorausgegangener Generationen sind aber doch bestimmt dagewesen. Es kann daher nicht anders sein, als dass die Wände der vorhergegangenen Mutterzellen jedesmal sich zu flüssigem Schleim auflösen, wenn die Tochterzellen sich entwickeln. Und so wäre der an der Aussenseite des Oscillarienfadens auftretende Schleim nicht aus dem Innern der Zellen secernirt, sondern durch Auflösung der Wände der Mutterzellen entstanden.

Bei den höhern Gattungen der Oscillarinen, wie *Lyngbya*, *Leibleinia*, *Hydrocoleum* u. s. w. sammelt sich der durch Zerfliessen der Mutterzellen entstehende Schleim um einen oder mehrere Fäden gemeinschaftlich an und erhärtet nach aussen, so dass sich derselbe zu einer die Fäden umgebenden Scheide ausbildet. Diese reicht nicht selten über die Grenze des Zellenfadens hinaus (*Leibleinia flaccida*, *chalybea*). Gewöhnlich ist die Membran dieser Cuticularscheide durchaus homogen; doch kommen auch Fälle vor, wo sie sehr feine Querlinien zeigt (*Hydrocoleum homoeotrichum*, *Brebissonii* und *heterotrichum*. „Tab. phyc.“, 50.), oder wo sich Längsstreifen vorfinden, welche auf parallele Längsfasern schliessen lassen. (*Hydrocoleum Bremii*. „Tab. phyc.“, 52. *Chthonoblastus Lyngbyei* und *salinus*. Ibid. Tab. 58.) Diese scheidenförmige Cuticula verdickt sich auf dieselbe Weise wie die Zellenmembran, indem sich die neuern Schichten immer an die innere Wand der vorherigen ansetzen. Geht diese Verdickung durch stetige Aufnahme der Substanz vor sich, so kann man auch keine Verdickungsschichten unterscheiden; die Cuticula bildet dann eine von aussen nach innen stetig weicher werdende, oder auch gleichartige Substanz; geschieht aber die Verdickung in Unterbrechungen — die vielleicht hier durch die Differenz der Tag- und Nachttemperatur hervorgerufen werden, — so sind die jüngern Schichten von den ältern durch eine mehr oder weniger deutliche trennende Linie (besser Fläche) geschieden.

Bei *Scytonema* und *Arthrosiphon* kann man übrigens beobachten, wie die Cuticula allmählig mit dem Faden in die Länge wächst. Hier sieht man deutlich, dass die Cuticularscheide aus trichterförmig in einander gesteckten Gliedern besteht, wovon das jüngste den innern Zellenfaden an der Spitze zunächst umgibt

und bei seinem Fortwachsen die ältern Glieder durchbricht, so dass diese alle an der Spitze geöffnet sind und die ältern schuppenartig die jüngern decken. Diese Bildungen sind jedenfalls sehr wichtig für die Entwicklungsgeschichte der Cuticula. Ich habe eine Anzahl von diesen Formen in meinen „*Tabulae phycologicae*“, II. Band, Tab. 16 — 30. geliefert.

Auch darüber gibt die Entwicklungsgeschichte dieser Scytonemeen Auskunft, ob die Cuticula, welche die jüngern aus einem ältern Stamme hervorbrechenden Aeste bedeckt, die gleiche ist oder nicht. Ich verweise hierbei besonders auf die Abbildungen von *Scytonema elegans*, *chloroides*, *chrysochlorum*, *fasciculatum*, *castaneum*, *gracillimum*, *gracile*, *turicense*, *aureum*, *helveticum*, *dimorphum* u. s. w., welche sämtlich mit einer jüngern Cuticularschicht bedeckt sind, wenn sie die alte seitwärts durchbrechen. Die Cuticula, welche daher die verschiedenen Zweige und andere hervorbrechende Pflanzentheile bedeckt, ist nicht die gleiche Membran, sondern die ältern haben eine andere, ältere, als die jüngern. Bei den meisten Pflanzen ist die Aufeinanderfolge der Altersstufen der Cuticulartheile und Glieder durch stetiges Ineinanderfließen derselben verwischt; bei den Scytonemeen liegen sie aber deutlich geschieden neben einander und verbreiten dadurch über dieses Organ das hellste klarste Licht. Nirgend spielt aber auch die Cuticula eine so überwiegende Rolle gegen das übrige Zellenleben, als bei der ganzen Gruppe der Oscillarien.

c) Bei den Confervinen sind alle die Verhältnisse, welche wir so eben kennen lernten, mehr verwischt, obschon immer noch deutlicher, als bei andern Pflanzen. Namentlich zeichnen sich in der Entwicklung der Cuticula einige Arten von *Zygogonium* aus, wovon ich auf Taf. 17. Fig. 4. 5. zwei Arten abgebildet habe. Die Cuticula kann auch hier nicht anders, als aus der Substanz der Mutterzellen gebildet sein, wenn wir genau zusehen, wie sich die Cuticularschichten zu den jüngsten Zellen verhalten.

d) Bei den Diatomeen tritt indessen der Fall ein, dass man, wenn man den Bassorinmantel, welcher die Kieselzellen umgibt, für die Cuticula ausgibt, nicht umhin kann, dieselbe als ein Secret der Kieselzellen anzusehen. Um dieser Annahme auszuweichen, müsste man zu einer Erklärung der Bacillarienzelle seine Zuflucht nehmen, wonach dieselbe nur als eine zwischen der äussersten Bassorinschicht und der innern Proteinhaut des Zellkerns gelagerte Kieselschicht zu betrachten wäre. Dann würde gleich darauf eine weitere Eigenschaft dieser, die Kiesel-

haut überziehenden Bassorinzelle darin bestehen, dass sie immer in der Auflösung begriffen wäre, um die schleimige gallertartige Cuticula zu bilden, welche bei den niedern Formen in einem halbflüssigen Zustande sich befindet, bei den höhern aber sich hautartig und röhrenförmig gestaltet. (Vergleiche die Gattungen *Schizonema*, *Micromega* und andere in meinem Werke „Die kieselchaligen Bacillarien“, Nordhausen 1844.) Nur auf diese Weise, welche übrigens nicht mit der Natur der Bacillarienzellen im Widerspruch steht, kann die oben gegebene Erklärung der Cuticula als eine allgemeine geltend gemacht werden.

Dass jene Erscheinungen, wonach die Cuticula durch Verwachsung und Verschmelzung meist verflüssigter Mutterzellen von auf einander folgenden Generationen entsteht, nicht als einzeln stehende zu betrachten sind, sondern sich auch in ähnlicher Weise — nur nicht so offen — bei den höhern Pflanzenformen vorfinden, hat *Wigand* in seiner interessanten Schrift „Inter-cellularsubstanz und Cuticula“ dargethan. Er kommt dabei zu ähnlichen Resultaten, indem er annimmt, dass die „Cuticula oder ihr äusserster Theil durch Verschmelzung aus den zurückbleibenden Membranen der Mutterzellen von verschiedenen Generationen“ sich erzeuge⁸).

§. 505.

Die verschiedenen Formen des Zellengewebes.

Diese Formen werden theils nach der chemischen, theils nach der organischen Natur der Zellen bestimmt.

Die chemische Bestimmung des Zellengewebes unterscheidet dasselbe in:

- 1) Bassorinzellengewebe.
- 2) Gelinzellengewebe.
- 3) Proteinzellengewebe.
- 4) Kieselzellengewebe.

§. 506.

Das Gewebe der Bassorin- und Gelinzellen ist in seinen Formen sich am ähnlichsten; einfache Formen lassen sich sogar nicht von einander unterscheiden. Eine unbestimmte Vereinigung von rundlichen Zellen nennt man eine Zellengruppe; wenn aber sehr lange fadenförmige Zellen sich seitlich gruppieren, so entstehen Zellenbündel, die man auch wol Faserbündel oder Holzbündel nennt, wenn ihre Festigkeit von Bedeutung ist.

§. 507.

Die Proteinzellen an sich bilden kein Gewebe; aber es gibt Fälle, wo die Gelinsubstanz mancher Zellen zu einer homogenen oder fast homogenen Masse zerfließt und in dieser Verfassung als Intercellularsubstanz zwischen den Zellkernen erscheint. In diesem Falle sieht man die Zellkerne — sowol die derben soliden, als die hohlen — sich durch ästige Strahlen verbinden. Ich betrachte daher in solchem Falle den Zellkern als eine Proteinzelle (weil seine äusserste Umhüllung aus Proteinsubstanz besteht) und nenne das dadurch gebildete Gewebe

- a) Epenchym (epenchyma), wenn die Zellkerne hohl, und
- b) Perenchym (perenchyma), wenn die Zellkerne solid und ziemlich homogen sind.

Beispiele hierzu liefern die Seetange. Auf Taf. 17. Fig. 10 ist das Epenchym aus *Cystoclonium purpurascens*, Fig. 11. das Perenchym aus *Gigartina pistillaris* abgebildet.

§. 508.

Das Kieselzellengewebe zeigt ähnliche Verhältnisse, als die vorige Form, indem auch hier die Verbindung der Kieselzellen bei den höhern Bacillarienformen nicht ohne Vermittelung der Bassorinsubstanz zu Stande kommt. Die einfachsten, und zwar, wie es scheint, unmittelbaren Verbindungen der Kieselzellen kommen bei den Gattungen *Fragilaria*, *Melosira*, dann bei den *Striatelleen* vor. Hier scheint sich zwischen den verbundenen Kieselzellen keine fremde Substanz, als Kittmasse, zu befinden; wol aber ist das letztere der Fall bei den *Schizonemeen* und der Gattung *Dickieia* (Taf. 17. Fig 9.), wo zwischen den geordneten oder ungeordneten Kieselzellen eine gallertartige Bassorinmasse als Intercellularsubstanz sich verbreitet.

§. 509.

Seiner organischen Natur nach kann das Zellengewebe unterschieden werden:

- 1) Hinsichtlich seiner Festigkeit.
- 2) Hinsichtlich der Form der Zellen.
- 3) Hinsichtlich der Art der Zellen.
- 4) Hinsichtlich der Verbreitung und des Grenzenverhältnisses der Zellenformen und Zellenarten.
- 5) Hinsichtlich der Ordnung, welche
 - a) die einzelnen Zellen;
 - b) die einzelnen Formen und Arten befolgen.

- 6) Hinsichtlich der Stetigkeit oder der Unterbrechungen, welche die Zellenverbindungen erleiden.

§. 540.

Hinsichtlich seiner Festigkeit wird das Zellengewebe unterschieden als:

- a) Gallert- und knorpelartiges Gewebe. Beispiele hierzu liefern Flechten und Algen.
- b) Verholztes Zellengewebe. Beispiele liefern hierzu alle Arten von Hölzer. Die Holzbildung ist durchaus nicht an die geometrischen Form- und Strukturverhältnisse der einzelnen Zellen geknüpft, wie man bisher gewöhnlich angenommen hat.
- c) Verknöchertes und versteintes Zellengewebe. Beispiele: Nusschalengewebe, Samenhüllen der Steinfrüchte, Albumen von *Phytelephas* u. s. w.
- d) Hornartiges Zellengewebe. Beispiele: Das Albumen der Umbelliferen, Plantagineen; die Kaffeebohnen u. s. w.
- e) Korkartiges Zellengewebe. Beispiele: Kork.
- f) Markgewebe. Beispiele: Hollundermark.
- g) Fleisch- oder pulpöses Gewebe. Beispiele: Essbare saftige Früchte und Wurzeln.

Hierbei muss jedoch bemerkt werden, dass die unter b—f erwähnten Zellengewebeformen in ihrer Jugend entweder unter die zu a oder zu g verzeichneten gehören, und erst im Alter sich in der Weise gestalten, wie sie hier aufgeführt sind.

§. 541.

Hinsichtlich der Form seiner Zellen kann man unterscheiden:

- a) Zellengewebe mit kugel- oder eiförmigen Zellen. (Taf. 17. Fig. 2.)
- b) Zellengewebe mit Zellen, welche spitz oder stumpf, spindelförmig oder cylindrisch sind. (Taf. 17. Fig. 5. — Taf. 9. Fig. 5. 7. — Taf. 6. Fig. 1. c.)
- c) Zellengewebe mit eckigen Zellen. Diese ähneln in ihrer Gestalt manchen Krystallformen, so dass man Würfel, Rhomboëder, Pyramiden, Säulen, Tafeln u. s. w. unterscheiden kann. (Taf. 18. Fig. 4. — Taf. 5. Fig. 4.)
- d) Zellengewebe, dessen Zellen vorspringende Ecken oder Strahlen haben, oder auch ästig sind, überhaupt mehr oder weniger gekrümmte Zellenwände besitzen. (Taf. 18. Fig. 1. — Taf. 9. Fig. 5. b. — Fig. 4. b. — Taf. 16. Fig. 4. — Fig. 6. b.) ⁹⁾.

§. 542.

Hinsichtlich der Zellenarten ist die Unterscheidung des Zellengewebes sehr schwierig, weil die Zellenarten selbst noch nicht gehörig begründet sind. Die bisherige Unterscheidung in Holzzellen, Bastzellen, Gefässe u. s. w. ist gar nicht stichhaltig.

Streng genommen, können nur zwei Zellenarten unterschieden werden, nämlich:

- 1) Zellen, deren Wachsthum auf ein Maximum beschränkt ist: gewöhnliche Zellen.
- 2) Zellen mit unbeschränktem Wachsthum: Gefässzellen.

Die gewöhnlichen Zellen vermehren sich sämmtlich durch Theilung, so lange sie saftführend sind; die Gefässzellen vergrössern sich nur und scheinen sich niemals durch Theilung zu vermehren. Die Gefässzellen zeichnen sich durch das enorme Vorwiegen des einseitigen Spitzenwachstums aus, woher es kommt, dass ihre Spitze immer jung ist und sich verlängert, während sie nach unten allmähig alle Metamorphosen durchmacht, welche wir bei veralteten gewöhnlichen Zellen finden. Der Anfang der Gefässzellen besteht, so weit derselbe bis jetzt hat ermittelt werden können, darin, dass eine Spiralfaser die Wand um den Zellkern bildet, während die gewöhnlichen Zellen im Anfang aus einer continuirlichen Membran gebildet sind, die erst späterhin Spiralfasern zeigt. Hiernach unterscheide ich als Hauptarten des Zellengewebes nur zwei, nämlich:

- 1) Parenchym (parenchyma), welches aus gewöhnlichen Zellen gebildet ist.
- 2) Spirenchym (spirenchyma), welches aus Gefässzellen besteht.

§. 543.

Das **Parenchym** kommt in sehr veränderlichen Formen vor, welche hauptsächlich abhängen:

- a) von der chemischen Beschaffenheit der Zellenwand;
- b) von dem Cohäsionsverhältniss der Zellenwand und dem Zellengewebe;
- c) von der Structur und äussern Form der Zellenwand.

§. 544.

Nach der chemischen Beschaffenheit kann man unterscheiden:

- 1) Bassorin-Parenchym (parenchyma bassorineum). Beispiele: die Algengattungen Tetraspora, Ulothrix, Botrydina.

- 2) Gelin-Parenchym (*parenchyma gelineum*). Beispiele finden sich in allen phanerogamischen Gewächsen.
- 3) Lignin-Parenchym (*parenchyma lignineum*). Beispiele: die Nussschalen.
- 4) Suberin-Parenchym (*parenchyma suberineum*). Beispiel: der Kork.

§. 545.

Nach dem Cohäsionsverhältniss gibt es:

- 1) Gallertartiges Parenchym (*p. gelatinosum*). Beispiele: viele Algen und Flechten.
- 2) Pulpöses Parenchym (*p. pulposum*). Beispiele: die fleischigen Früchte.
- 3) Markiges Parenchym (*p. medullosum*). Beispiel: Holundermark.
- 4) Holziges Parenchym (*p. lignosum*). Beispiele: die Mono- und Dicotyledonenstämme der einheimischen und tropischen Bäume und Schlingpflanzen. (Taf. 11. Fig. 6. b.)
- 5) Knöchernes Parenchym (*p. osseum*). Beispiele: Albumen der Dattelpalme, der Steinnüsse (*Elephantipes*). (Taf. 11. Fig. 2.)
- 6) Hornartiges Parenchym (*p. corneum*). Beispiel: das Zellengewebe der Kaffeebohne. (Taf. 11. Fig. 7.)
- 7) Lederartiges Parenchym (*p. coriaceum*). Beispiel: die oberste Zellschicht (*Epidermis*) fester dicker Blätter, z. B. von *Nerium Oleander*, *Viscum album*, *Laurus*, *Citrus*, *Buxus* u. s. w.

§. 546.

Nach den Structur- und äussern Formverhältnissen der Zellenwand werden folgende Formen unterschieden:

- 1) Spiralzellenparenchym (*p. spiriferum*). Beispiele hierzu finden sich in den meisten Dicotyledonen- und Monocotyledonenstämmen und es können hiervon ebenso viele Nebenformen unterschieden werden, als wir Spiralzellen (§. 476 fg.) unterschieden haben. (Taf. 8. Fig. 3. 4.)
- 2) Ringzellenparenchym (*p. annuliferum*).
- 3) Porenzellenparenchym (*p. poriferum*). (Taf. 12. Fig. 1. 3. 8.)
- 4) Collenchymatisches Parenchym (*p. collenchymaticum* s. *collenchyma*). Beispiele: der Stamm der Chenopodeen. (Taf. 13. Fig. 3.) Die Collenchymzellen sind stets durch leistenförmige Verdickungsschichten ausgezeichnet. Diese

sind bei niedrigen Zellen sehr kurz (z. B. bei *Dicranum*, Taf. 11. Fig. 8.). Vergl. §. 468.

- 5) Merenchymatisches Parenchym (p. merenchymaticum s. merenchyma). Beispiel: Taf. 9. Fig. 1. aus dem Blatt von *Hoya carnosa*. Die Zellen sind hier immer rundlich und nur locker mit einander verbunden.
- 6) Diachymatisches Parenchym (p. diachymaticum s. diachyma). Beispiel: Taf. 16. Fig. 5. b. Blatt von *Nerium Oleander*. Die Zellen sind unregelmässig, mehr oder weniger verzweigt und sehr locker verbunden.
- 7) Pleurenchymatisches Parenchym (p. pleurenchymaticum s. pleurenchyma). Es besteht aus sogenannten Bastzellen, welche nach oben und unten sich zuspitzen und seitlich mit einander verwachsen.
- 8) Prosenchymatisches Parenchym (p. prosenchymaticum s. prosenchyma). Die Zellen sind länglich und zwar entweder viereckig — jederseits mit einer schiefen Endfläche —, oder sechseckig — jederseits mit zwei schiefen Endflächen. Beispiele: Epidermiszellen eines Kohlblattes (Taf. 16. Fig. 3. a.); Holzzellen aus *Polypodium Filix mas* (Taf. 17. Fig. 3. c. c.).
- 9) Labyrinthisches Parenchym (p. labyrinthiforme). Die Zellen sind sehr flach und haben buchtige Seitenflächen, die in einander greifen. Beispiele: Die Epidermiszellen vieler Farrnkräuter (Taf. 18. Fig. 1. von *Polypodium Filix mas*), der Wasserlinse, des Mohns und vieler anderer Gewächse.

Als besondere Form verdient hier noch die Zellenlage erwähnt zu werden, welche im Stengel von *Scirpus palustris* die Lufthöhlen auskleidet. (Taf. 16. Fig. 6.)

§. 517.

Das Spirenchym. Es darf mit dieser Zellengewebeform nicht dasjenige Spiralzellenparenchym verwechselt werden, dessen Zellen durch Auflösung der Scheidewände an den beiden Endflächen durchbohrt sind und mit einander in offener Verbindung stehen. Es gehören hierher bloss die Verbindung derjenigen Zellen, welche in ihrer Spitze continuirlich fortwachsen und deren Wachsthum nur aus Mangel an Nahrung aufhört. Das Spirenchym tritt nie allein auf, sondern immer nur in Begleitung und umgeben von Parenchym. Daher vermuthe ich auch, dass es erst durch einen noch unbekannten eigenthümlichen Process von diesem er-

zeugt wird. Die Spirenchymzellen verbinden sich nur seitlich mit einander und bilden die Gefässbündel in dem Gewebe der höhern Pflanzen.

§. 518.

Die Anordnung der Zellenindividuen im Zellengewebe. Bei der Betrachtung dieses Verhältnisses kommt es zunächst darauf an, ob die Zellen liegend oder stehend sind. In manchen Fällen ist keine besondere Ordnung wahrzunehmen; in den meisten Fällen aber kommt eine solche unter den einzelnen Zellen allerdings vor.

Diese Ordnung ist:

A) in Reihen, und zwar

- a) einfache Reihen (Conferva).
- b) mehrfache Reihen (Enteromorpha).
- c) verästelte Reihen (Cladophora).
- d) strahlig geordnete Reihen (Phyllactidium).
- e) concentrische Reihen (Dasselbe. „Phycolog. gener.“, Tab. 16. Fig. II.).
- f) gerade und krumme Reihen.
- g) verworrene Reihen. (Filzgewebe bei den Pilzen.)
- h) parallele Reihen. Häufig im Parenchym niederer und höherer Pflanzen.
- i) divergirende Reihen.

B) in Lagen. Eine Zellenlage bildet jedesmal eine Fläche, in welcher die Zellen entweder ungeordnet oder in Reihen, wie in A, gestellt sind. Diese Zellenlagen sind, wie die Zellen selbst, entweder in horizontaler oder in vertikaler Stellung. Horizontale Zellenlagen kommen bei den Algen häufig vor, z. B. bei Spongites, Melobesia. Die vertikalen Zellenlagen sind gewöhnlich um eine Axe herumgelegt, z. B. die Epidermiszellen der Stengel u. s. w. Wo mehrere vorhanden sind, da überdeckt eine die andere und sie gewähren dann auf dem Querschnitt den Anblick einer concentrischen Anordnung. Vertikale und horizontale Zellenlagen zugleich zeigen sich am schönsten bei den Algengattungen Polysiphonia, Sphacelaria, Cladostephus.

Auf diese Ordnungen lassen sich alle Verbindungen der Zellenindividuen zurückführen.

§. 519.

Die Anordnung der Zellenarten und Zellenformen. Wir unterscheiden hiernach:

- a) Gleichartiges Zellengewebe (*contextus cellulosus homoeomericus*), wenn es entweder nur aus Parenchym- oder aus Spirenchymzellen besteht.
- b) Ungleichartiges Zellengewebe (*cont. cell. heteromericus*), wenn es aus Parenchym- und Spirenchymzellen zugleich besteht.
- c) Gleichförmiges Zellengewebe (*cont. cell. homoeomorphus*), wenn alle Zellen gleiche oder ähnliche Gestalt haben.
- d) Ungleichförmiges Zellengewebe (*cont. cell. heteromorphus*), wenn die Gestalt der Zellen verschieden ist.

Sowol bei ungleichartigem als auch ungleichförmigem Zellengewebe können die Individuen ohne bestimmte Ordnung unter einander oder auch in bestimmter Weise geordnet sein. Ist die Ordnung von der Art, dass die gleichnamigen Arten und Formen für sich zu Gruppen vereinigt sind, so können wieder Fälle eintreten, wobei diese Gruppen sich scharf gegen einander abgrenzen, oder durch Zwischenformen in einander übergehen. Solche scharf begrenzte Zellengruppen finden wir z. B. bei *Polypodium Filix mas* (Taf. 18. Fig. 2. 3.), wo ein Bündel von Spirenchymzellen (a. a.) zunächst von Pleurenchym (b. b.) und dieses wieder von Prosenchym umgeben ist. Aehnlich verhält es sich bei den Monocotyledonen, wie ein Querschnitt durch den Blattstiel von *Musa sapientum* (Taf. 18. Fig. 4.) zeigt. Bei andern Pflanzen, besonders den Dicotyledonen und Algen, gehen die verschiedenen Gruppen von Zellenformen oft allmählig in einander über. (Taf. 18. Fig. 5. Querschnitt aus dem Stengel von *Impatiens Balsamina*. Die Gefässzellen sind mit a. bezeichnet; sie liegen vereinzelt zwischen mehr oder weniger veränderten Parenchymzellen.)

§. 520.

Die Unterbrechungen und Lücken im Zellengewebe. Die Zellen, welche sich zu einem Gewebe vereinigt haben, mögen wol in der Jugend häufig mit ihren Wänden dicht an einander stossen; bei weiterer Entwicklung bemerkt man aber, dass da, wo die Zellen allseitig an einander stossen, die Ecken nicht vollständig, sondern mehr oder weniger abgestumpft sind; dadurch entstehen, nach Umständen, meist drei- oder vierseitige Kanäle, welche um alle Zellen herumlaufen und Intercellulargänge genannt werden. Bei Sumpf- und Wassergewächsen vergrößern sich diese Intercellulargänge so, dass mehr oder weni-

ger beträchtliche Ausbuchtungen und in Folge davon sternförmige Zellen gebildet werden. (Taf. 16. Fig. 1. a. aus *Alisma Plantago* [Stengel]; Fig. 4. aus dem Stengel von *Juncus effusus*.)

Eine zweite Unterbrechung geschieht durch die Lücken, welche durch allmähliges Auseinanderdrängen der verwachsenen Zellenportionen durch die Ausscheidung von Flüssigkeiten entstehen. Bisweilen geschieht die Trennung der Zellen ohne Zerreißung derselben und dann entstehen nur sehr erweiterte Intercellulargänge, wie z. B. die Harzgänge bei der Jalapenwurzel (Taf. 1. Fig. 4.) und beim Tannenholze (Taf. 12. Fig. 3. b_{II}). In andern Fällen — wenn die Ansammlung von Luft die Ursache von der Entstehung dieser Lücken ist — zerreißen die Zellen und die Wände der Lücken sind dann mit den zerrissenen Zellenhäuten besetzt, z. B. das Mark und die Höhlungen in den Stengeln der Gräser, der Umbelliferen und vieler anderer Pflanzen.

Eine dritte Art der Höhlen im Zellengewebe sind die Gänge. In ihrer vollständigen Entwicklung gleichen sie grossen Zellen, deren Wände von schwammigem Parenchym gebildet werden (Taf. 16. Fig. 1. von *Alisma Plantago*; Fig. 2. aus *Acorus Calamus*; Fig. 6. aus *Scirpus palustris*); in früher Jugend sind jedoch diese hohlen Räume mit Parenchym erfüllt, dessen Zellen durch Entwicklung zahlreicher grösserer Intercellulargänge sternförmig (Fig. 1. a.) und zuletzt aufgelöst werden. Eine Lage dieser Zellen bleibt als Scheidewände der Gänge, welche Luft führen, stehen.

Die Schleimhöhlen bei den Algen (*Lessonia*, *Hafgygia*) sind auf ähnliche Weise gebaut.

Die Gummigänge dürfen mit diesen Bildungen nicht verwechselt werden, wenigstens gehören die der Kirsch- und Pflaumenbäume nicht hierher, sondern zu den Lücken.

Die Spaltöffnungen. Sie kommen bei den Pflanzen nur in Verbindung mit der äussersten Zellenlage vor, und an der Stelle, wo sie auftreten, ist die Cuticula durchlöchert. Sie sind die Ausführungskanäle für die in der Nähe der Oberfläche vorhandenen Lufthöhlen und haben in ihrer einfachsten Form Aehnlichkeit mit Intercellulargängen. Diese Form behalten die Spaltöffnungen in einigen Fällen bei (*Salvinia*); in den meisten Fällen aber wird der Gang bei seiner Entstehung, nach innen zu, mit einer Zelle geschlossen, in welcher sich zwei Tochterzellen bilden, welche den meist länglich runden Raum halbiren, an ihren beiden obern Enden seitwärts mit einander, an andern Stellen aber mit den Nachbarzellen der Epidermis verwachsen, während sich in der Mitte, zwischen den beiden Zwillingszellen ein offener

Spalt bildet, wodurch jede von ihnen eine nierenförmige Gestalt erhält. Ihre Mutterzelle wird aufgelöst. Diese Zwillingszellen bilden nun diejenigen Formen des Zellengewebes, welche man Spaltöffnungen genannt hat. Sie finden sich, mit Ausnahme der Algen, Flechten und Pilze, bei allen übrigen Pflanzen an Organen, welche mit der Luft in Berührung stehen. Ihre Lage ist meist oberflächlich (z. B. bei *Brassica oleracea*. Stengel. Taf. 16. Fig. 3. c. — Dasselbe von der Seite gesehen, an einem vertikalen Schnitte: Fig. d.) und zerstreut; bisweilen stehen sie truppweise zusammen in höhlenartigen Einstülpungen der Oberhaut, welche mit gekrümmten Haaren ausgekleidet sind; z. B. in den Blättern des Oleander (Taf. 16. Fig. 5. a. c.) und der Proteaceen. Auch kommen die Zwillingszellen bei einigen Proteaceen doppelt und dreifach vor. (Vergl. *H. Mohl*, „Ueber die Spaltöffnungen der Proteaceen in Nov. Act. L. C. N. C.“, Tom. XVI. P. 2. — Desgl. dessen „Vermischte Schriften“, 1845, p. 252 fg. — Ferner *Unger*, „Bot. Zeitg.“, 1844, 522. — *Naegeli*, „Linnaea“, 1842, 237.) Besondere Erwähnung verdient noch der Umstand, dass die Membran der Zwillingszellen der Spaltöffnungen immer eine sehr starke Reaction auf Proteïn zeigt, so dass sie sich hierin auffallend von den benachbarten Epidermiszellen unterscheiden.

§. 521.

Schlussbetrachtungen über das Leben des Zellengewebes. Wir haben aus den bisherigen Betrachtungen ersehen, dass die Bildung des Zellengewebes vorzugsweise mit der Vermehrung der Zellen zusammenhängt und dass diese Vermehrung auf der Bildung von Tochterzellen durch Theilung des Zellenkerns hervorgerufen wird. Wir haben ferner gesehen, dass, nach Bildung der Tochterzellen, die Mutterzellenwände aufgelöst, dadurch in Intercellularsubstanz verwandelt werden, welche in den allermeisten Fällen wieder zu einer die Zellengenerationen einhüllenden Membran, der Cuticula, sich gestaltet. Diese Cuticula wächst durch Bildung und Ansatz jüngerer Cuticulaglieder so, dass das Alter der verschiedenen Cuticulaglieder auch dem jedesmaligen Alter des Pflanzentheils, dem sie angehören, entspricht.

§. 522.

Das homoeomorphe Zellengewebe kann nur entstehen, wenn überall bei den dabei betheiligten Zellenindividuen die Entwicklung zu gleicher Zeit auch eine gleiche ist. Die Zellenindividuen bleiben sich dabei entweder gleich oder nicht. Im ersten Falle

sind alle Zellen ewig jung und in unaufhörlicher Theilung und Vermehrung begriffen (Oscillarien). Im andern Falle werden die Zellen verändert und sie haben einen besondern Jugend- und Alterzustand aufzuweisen. In ihrer Jugend theilen sie sich und vermehren sich; in ihrem Alter verändert sich nur ihr Inhalt und die Structur ihrer Wände (Hollundermark). Die Differenz, welche den homoeomorphen Zustand in den heteromorphen umändert, zeigt sich hier in der Aufeinanderfolge der Generationen.

Wir können Generationen in aufsteigender und absteigender Linie, so wie auch in Seitenlinien unterscheiden. Durch die aufsteigende Linie wird die obere Spitze, durch die absteigende die untere Spitze gebildet. Beide mit einander durch die Zwischenglieder verbunden, geben die Axe eines Pflanzenkörpers, welche durch die Nachkommenschaft der Seitenlinien umhüllt wird und wovon jede einzelne Zelle wieder ihre Generationen in gleicher, oder in mehr oder weniger beschränkter Weise entwickeln kann. Wohinwärts der Nahrungssaft am meisten strömt, da findet auch die meiste Neubildung Statt.

§. 523.

Man kann bei jeder Zelle, wie beim Krystall, eine Hauptaxe und Nebenaxen annehmen. Die Hauptaxe liegt so, dass — wenn Spiralfasern die Zellenwand bilden — die Spiralwindungen um dieselbe herumgehen; sie liegt gewöhnlich (nicht immer) im grössten Durchmesser der Zellen. Nach dieser Hauptaxe wird bestimmt, ob eine Zelle eine vertikale oder horizontale Stellung hat. Ich vermuthe, dass die Hauptströmung des Zellensaftes im Gewebe und von einer Zelle zur andern jedesmal in der Richtung der Hauptaxe stattfindet. Ich vermuthe ferner, dass diese Strömungen die Ursache des Auflösens ganzer Zellenwände oder gewisser Theile derselben sind. Daher leite ich von den communicirenden Strömungen zwischen benachbarten Zellen die Durchbrechung der Scheidewände ab, und je grösser die Durchbrechungen sind, desto grösser müssen die Strömungen gewesen sein. Die fast gänzliche Durchbrechung der Scheidewände bei linienförmig verbundenen Zellen — die nicht bloss bei Holzzellen, sondern auch bei den Algen vorkommen — erklären sich auf diese Weise.

§. 524.

Es gibt aber auch Intercellularströme. Von ihrer Existenz in den Intercellulargängen habe ich mich durch direkte

Beobachtung an dem aus sternförmigen Zellen gebildeten Parenchym bei *Juncus effusus* (Taf. 16. Fig. 4.) überzeugt. Sie gleichen einem sehr zarten netzförmig verschlungenen Fasergewebe und ich vermuthete, dass die Strömchen sämtlicher Intercellulargänge ebenso mit einander verbunden sind, als die Ströme der Zellenhöhlen. Sie werden dadurch zu Zellengewebströmchen, welche sich jedenfalls zwischen die verbundenen Zellenwände (Scheidewände) hindurch erstrecken, wobei sie die Strömchen der Zellenhöhlen umspinnen. Sie sind jedenfalls die Ursache der Resorption der Mutterzellenmembranen und geben späterhin durch Erstarrung, vielleicht zu der Bildung der netzförmigen und spiraligen, oder auch continuirlich membranösen äussersten Zellenhülle (die ich Zellenmantel nennen möchte) Veranlassung, welche häufig bei ältern verhärteten Zellen die Poren und Spalten in der Zellenmembran nach aussen verschliesst und so der gemeinsamen Zellenthätigkeit entweder allseitig (bei gewöhnlichen markigen Parenchymzellen) oder theilweise (bei den sogenannten rosenkranzförmigen Gefässen, welche durch Verbindung von Zellenreihen entstanden sind) eine Grenze setzt. (§. 482. b. 3. — Taf. 12. Fig. 5. 6.) Dass die Zellenwände an den Berührungstellen dünner sind, als an den Stellen, welche die Wand eines Intercellulargangs bilden helfen, haben wir schon früher (§. 475, 3. 4.) gesehen. Diese Thatsache scheint mir zu beweisen, dass hier eine grössere Resorption der Zellenwände stattfindet, als an den freien Stellen, und hierbei ist vielleicht der Umstand mit von Bedeutung, dass in Folge der Zellenströmung durch die Scheidewand eine seitliche Berührung mit der aufgeweichten Intercellularsubstanz stattfinden muss, wodurch ein Theil der letztern mit in die Zellenhöhle übergeführt wird. Dadurch wirken aber zwei Strömungen, die cellulare und intercellulare auf diesen Theil der Zellenwand ein, während auf den freien Stellen nur die intercellulare Strömung thätig ist, und so muss nothwendig dort eine grössere Resorption der Zellenwand vorkommen.

§. 525.

Eine verdünnte Flüssigkeit fliesst leichter, und unter gleichen Umständen schneller, als eine zähe. Je weiter aber in einer Zellengewebsmasse eine nährenden Flüssigkeit strömt, um so zäher wird sie und um so langsamer fliesst sie zuletzt. Ist die Umgebung Luft, so erstarrt nach und nach in Folge der Verdunstung des Wassers die Strömung ganz, wenn nicht von Neuem Wasser von aussen zugeführt wird. Diese Wasserauf-

nahme, wie überhaupt die Aufnahme von Flüssigkeiten, geschieht lediglich in Folge der Capillarität, auf welche sich auch der ganze endosmotische und exosmotische Process des Zellengewebes, von welchem jedenfalls wieder die verschiedenen Cellular- und Inter-cellularströmchen hervorgerufen werden, zurückführen lässt.

Ist eine Zellgewebspartie an einer Stelle mit einer Flüssigkeit (Wasser), an der andern aber mit Luft in Berührung, so muss dadurch schon eine Ungleichheit der innern Vorgänge nach allgemeinen physikalischen Gesetzen stattfinden, selbst wenn wir die Verdunstung nicht in Anschlag bringen, welcher die in der Luft befindlichen Zellen hinsichtlich ihres flüssigen Inhalts ausgesetzt sind. Aber die Verdunstung erhöht und unterhält beständig diese Ungleichheit, und weil dieselbe die äussern Zellen mehr als die innern betrifft, so wird der Unterschied von aussen und innen, von oben und unten nothwendig durch äussere physikalische Einwirkungen zunächst bedingt. Hieraus muss dann auch nothwendig eine Differenz in der Bildung gewisser Zellengenerationen eintreten, welche sich zuletzt früher oder später aus Mangel an Bildungssaft erschöpft. Aber es kommen auch diese Unterschiede — wenn auch nicht in dem Grade, wie bei den Landpflanzen — bei den Wasserpflanzen vor, wo doch die Umgebung eine beständig gleichartige ist. Darum müssen hierbei noch andere Ursachen ins Spiel kommen, welche aber bis jetzt noch nicht genau bekannt sind. Nur so viel ist gewiss, dass die Differenz der (selbst im Wasser sich ausscheidenden) Stoffe eine Hauptbedingung mit sein muss, von welcher die übrigen Lebenserscheinungen abhängen. Aber es sind, wie schon gesagt, die Fäden nicht genugsam bekannt, welche diese Grunderscheinungen mit den folgenden verknüpfen. Darum müssen wir uns für jetzt damit begnügen, die Erscheinungen zu schildern, wie sie sich der Beobachtung bisher dargeboten haben.

Ist uns nun auch noch Vieles im Zellenleben unerklärlich, so steht doch so viel fest, dass man jedenfalls zu weit geht, wenn man von Zellen spricht, welche eigenthümliche Stoffe „bereiten“ sollen und dergleichen mehr. Die Zellen „bereiten“ gar keine Stoffe, sie werden vielmehr von Stoffen gebildet. Da sollen aber die Zellen ätherische Oele, Säuren, Alkaloide und Gott weiss, was Alles fabriciren, während sie doch nur die Behälter für diese Substanzen sind.

b) Höhere oder abgeleitete Organe.

Drittes Capitel.

Das Phytom oder der Pflanzenkörper.

§. 526.

Ehe man die Zellen und das Zellengewebe der Pflanzen kannte, hat man schon seit uralter Zeit Organe unterschieden, wonach man die einzelnen Pflanzenformen, so wie ihre Gruppen ordnete und bestimmte. Diese Organe wurden früher, wie auch jetzt noch im gemeinen Leben, nur nach dem allgemeinen oberflächlichen Totaleindruck bestimmt, und nur erst nach und nach fühlte man das Bedürfniss in der Botanik diese Organe durch Definitionen schärfer zu bezeichnen. So führt z. B. *Linné* als die drei Haupttheile der Pflanzen an: 1) die Wurzel, 2) das Kraut (herba) und 3) die Fructification. An dem Kraute unterschied er wieder die verschiedenen Arten des Stammes, der Blätter, Waffen (Bracteen, Dornen, Haare u. s. w.) und des Wintergehäuses (hybernaculum), wozu er die Zwiebeln und Knospen rechnete; die Fructification zerfiel in die Blume und Frucht.

Weil man mit den grössern und complicirtern Pflanzenformen, welche die eben genannten Organe mehr oder weniger aufzuweisen haben, früher bekannt war, als mit den kleinern einfachen, so kam es, dass man diese Organe auch bei den letztern voraussetzte und, da man sie nicht fand, sich oft zu der Annahme berechtigt glaubte, dass sie hier nur versteckt seien; daher *Linné* die beiden Hauptgruppen seines Systems nicht „Blütentragende“ und „Blütenlose“, sondern Phanerogamen und Cryptogamen (d. i. Offenblühende und Verstecktblühende) nannte. Daher kam es aber auch, dass wieder andere Botaniker bei den Pflanzen, welche keine Blätter erkennen liessen, annahmen, dieselben seien hier mit dem Stamm verwachsen u. s. w.

§. 527.

Im Allgemeinen ist man jetzt durch vielfache Untersuchungen und besonders durch das Studium der Entwicklungsgeschichte der einzelnen Pflanzen und ihrer Theile zu der Ansicht gekommen, dass sich alle wesentlichen Pflanzenorgane höherer Ordnung auf

drei Grundformen zurückführen lassen, nämlich auf die Wurzel, den Stamm und das Blatt.

§. 528.

Aber auch diese drei werden bei einer grossen Anzahl von niedern Pflanzenformen gar nicht, oder nur zum Theil angetroffen. Es kann nun in diesem Falle vorkommen, dass der Pflanzenkörper — wenn man ihn oberflächlich betrachtet und den oberflächlichen Begriff jener drei Grundformen als Maassstab anlegt — bald einem Stengel ohne Blatt, bald einem Blatt ohne Stengel, bald einer Wurzel gleicht. Hier wäre zu untersuchen, ob diese äussere Form wirklich ein Verfahren gut heissen kann, wonach man den Pflanzenkörper als reinen Stengel, Blatt oder Wurzel betrachtet. Eine solche Betrachtungsweise ist jedenfalls befangen und wird getrübt durch eine Prämisse, welche die inductive Methode verwerfen muss. Denn so wenig auch das Pflanzenleben erst erforscht ist, so haben die bisherigen Untersuchungen über dasselbe doch so viel bewiesen, dass der allgemeine Charakter der Pflanze nicht durch Wurzel, Stamm und Blätter bedingt wird, dass Wurzel, Stamm und Blätter keine Ur- oder Grundformen sind, sondern dass sie vielmehr erst das besondere Resultat des Lebens entweder der einzelnen Zelle oder des Zellengewebes sind. Darum können sie auch nur als abgeleitete Organe Geltung haben.

Als solche abgeleitete Organe gehören sie aber dem Pflanzenindividuum an, das wir ebensowol wieder in seiner allgemeinen als in seiner besondern Bedeutung zu betrachten haben.

§. 529.

So weit der Begriff des Pflanzenindividuums bei der Erörterung der abgeleiteten Organe in Betracht zu ziehen ist, kann derselbe nur auf die Weise festgestellt werden, dass man die Grenze da zieht, wo dieselbe durch das Zellenleben selbst bestimmt wird.

Bei der einzelligen Pflanze ist daher auch das Individuum durch die Aussenfläche der einen Zelle begrenzt. Bei den mehrzelligen Pflanzen dagegen bildet die Grenze entweder die Cuticula, oder die äusserste Zellenlage. Der letzte Fall kommt besonders bei den Pilzen und einigen Algen vor.

Für die Gesamtpflanze, in Rücksicht auf ihr organologisches Verhältniss, haben wir noch keinen Namen. Ich werde dafür den Ausdruck *Phytom* (*phytoma*) gebrauchen.

§. 530.

Das einzellige Phytom. In seiner einfachsten Form tritt es bei Pilzen und Algen auf. Wir finden es hier einzellig und kugelförmig (*Uredo*, *Protococcus*), eiförmig, spindelförmig (*Closterium*), eckig und strahlig (*Phycastrium*), schlauchförmig, einfach oder ästig (*Valonia*, *Vaucheria*), gefiedert (*Bryopsis*) u. s. w. Wir können auch (auf gleiche Weise wie die Zellen) das einzellige Phytom unterscheiden in zwei Hauptformen, wovon die eine sich durch begrenztes, die andere durch unbegrenztes Wachsthum unterscheidet. Jener gehören die symmetrischen und regelmässigen Gestalten der *Desmidiaceen* und *Diatomeen*, dieser die der *Vaucherieen*, *Caulerpeen* und einiger *Valonien* an. Alle Formen, welche den letztgenannten drei Familien angehören, sind dadurch ausgezeichnet, dass die Zellen (meist abwärts) sich zu wahren Wurzeln verlängern, womit sich das Phytom festsetzt, während sich der übrige Theil in entgegengesetzter Richtung vergrössert. Dieser obere Theil ist bei *Botrydium* blasenförmig erweitert und bei *Vaucheria* zu einem Schlauche verlängert, welcher sich verästelt.

Am entwickeltsten ist indessen das einzellige Phytom bei den *Caulerpeen*. Die Entwicklung ist hier so weit vorgeschritten, dass wir unter diesen Formen nicht nur Zellen vor uns erblicken, welche eine Länge von mehreren Fussen haben, sondern auch eine so derbe Consistenz besitzen, dass sie steif und fest wie Leder sind und endlich in Formen auftreten, welche den Wurzeln, Stengeln und Blättern höherer Pflanzen ganz ähnlich sehen.

§. 531.

Was sind denn aber Wurzeln, Stengel und Blätter?

Antwort: Es sind verschieden gebildete Pflanzentheile, in welche das Phytom bei höherer Entwicklung zerfällt.

Diese Entwicklung wird bedingt durch ungleiche Ernährung und dadurch bewirktes ungleiches Wachsthum seiner Theile. Ein Phytom, das gleichmässig wächst, ist jedesmal kugelförmig; bei jeder Abweichung von der Kugelform findet auch eine ungleiche Ernährung der betreffenden Theile Statt. Diese wird wieder bedingt durch die Richtung, welche die allgemeine und besondere Bewegung der organischen Theilchen nehmen. Die allgemeine Richtung wird durch den mütterlichen Organismus bestimmt; von ihr hängt die Artform ab, die der wachsende Organismus annimmt; die besondere Form wird dagegen von der Umgebung

mehr oder weniger bedingt. Die jungen Botrydiumzellen, welche sich auf feuchtem Erdboden entwickeln, bekommen schon frühzeitig an der Stelle, wo sie den Boden berühren, eine Hervorragung, eine Ausbiegung der Zellenwand, welche sich hier mehr als an einer andern Stelle vergrößert. Diese Vergrößerung nimmt zu und die Hervorragung wächst zu einem verlängerten Schlauch aus, welcher seine Richtung abwärts in die feuchte Erde nimmt, woher er seine Nahrung bezieht; hier aber spaltet er sich mehrmals in verschiedene Aeste, indem sich an dem Ende der Verlängerung zwei Hervorragungen bilden, die auf gleiche Art sich weiter entwickeln; auch entstehen andere (seitliche) Aeste durch seitliche Hervorragungen. Während nun so ein Theil der Zelle abwärts in die Erde wächst und zur Wurzel wird, erweitert sich der oberirdische Theil derselben zu einer Blase, welche sich bis zu einer gewissen Grenze vergrößert, zugleich in ihrem Innern eine grosse Anzahl sehr kleiner Tochterzellen (Brutzellen) entwickelt, dann vertrocknet und abstirbt, worauf die Brutzellen dieselbe Entwicklung durchmachen. (Vergl. *Kützing*, „Ueber Botrydium u. s. w. in A. Acad. Caes. Leop. Car. N. C.“, Vol. XIX, P. II.) Hier kann man den obern Theil des Phytoms weder für den reinen Stengel noch für ein Blatt in Anspruch nehmen, weil Stengel und Blatt sich gegenseitig bedingen. Man hat für solche Fälle früher gewöhnlich den Ausdruck „Laub“ (*frons*) gebraucht, wogegen sich nur erinnern lässt, dass wir diesen Ausdruck besser für eine gewisse Art von Blättern verwenden, wodurch zugleich noch der Vortheil entsteht, dass der wissenschaftliche Begriff und Ausdruck nicht mit dem im Volke gebräuchlichen so in Widerspruch kommt, wie dort. Darum habe ich bei den Algen in ähnlichen Fällen schon den Ausdruck *Caulom* (*cauloma*) in Anwendung gebracht. Andere ziehen den Ausdruck *Thallus*, was seinem Ursprung nach einen Sprössling bedeutet, hier aber mit „Lager“ übersetzt wird, vor. Ich werde in vorkommenden Fällen diesen letztern Ausdruck ebenfalls gebrauchen.

§. 532.

Der *Thallus* ist derjenige Theil des Phytoms, welcher nicht, wie die Wurzel, eine abwärts gehende Richtung im Wachsthum besitzt, wol aber eine entgegengesetzte annehmen kann, ohne sich dabei in Stengel und Blatt zu zertheilen. Die Bewegung, welche Wurzel und *Thallus*, so wie Wurzel und Stengel trennt, ist daher ihrem Ursprunge nach eine entgegengesetzte.

Alle Pflanzentheile, welche als eine Fortsetzung der Thallus- oder Stengelströmung zu betrachten sind, gehören auch zu den letzteren, mögen sie gekrümmt oder gerade sein, oder auch, wie die Zweige der Traueresche sich abwärts mit ihrer Spitze neigen und dadurch scheinbar die ursprüngliche Richtung der Wurzelströmung annehmen. Um solche Fälle genau zu beurtheilen, muss man sie bis an ihren Ursprung verfolgen, und da ist die Thallus- und Stengelbewegung der Wurzelbewegung immer entgegengesetzt¹⁰⁾. Dass ein Thallus und Stengel auch unter der Erde, eine Wurzel in der Luft wachsen kann, dass die Richtung jenes nicht immer vertikal nach oben und dieser nicht immer vertikal nach unten sein muss, dass sogar beide eine der horizontalen sich annähernde, ja in einzelnen Fällen über dieselbe hinausgehende Richtung haben können, das Alles gehört nicht zu den allgemeinen, sondern zu den besondern Erscheinungen der betreffenden Organe. Wenn ich daher späterhin in einzelnen Fällen die Richtung der Wurzel dennoch als nach unten und die des Thallus oder Stengels nach oben bezeichnen sollte, so hat diese Bezeichnung dieselbe Bedeutung, als wenn man von der senkrechten Lage zweier Linien oder Flächen spricht, ohne dass dieselbe, dem ursprünglichen Wortlaute nach, eine senkrechte Lage zu haben brauchen.

§. 533.

Bezeichnen wir nun die Wurzelbewegung nach unten, die Thallusbewegung nach oben, so bleiben uns nur noch die seitlichen Bewegungen der Wurzel- und Thallustheile zu betrachten übrig. Dabei ist wieder zu beachten, ob die seitlichen Bewegungen eine blosser Spaltung des Stromes herbeiführen, im Uebrigen aber keine weitere Veränderung zur Folge haben, als dass sie den Thallus theilen; oder ob die (durch seitliche Bewegung von der allgemeinen Thallusströmung abgesonderten) Theile in eine andere Strömung umsetzen, welche von der ursprünglichen Thallusströmung verschieden ist. Ist das letztere der Fall, so entsteht nicht eine Theilung, sondern eine wahre Trennung des Thallus in Stengel und Blatt¹¹⁾. Diese Trennung ist charakteristisch durch folgende Erscheinungen:

Gewisse äussere Thallustheilchen schieben sich seitwärts hervor und trennen sich dann auf diese oder jene Weise so, dass endlich an ihnen eine frei gewordene Spitze und eine in Verbindung gebliebene Basis bemerkbar wird. Diese abgesonderten Theilchen wachsen durch Hilfe ihrer Basis für sich weiter und zwar so, dass sich zuerst die Spitze und zuletzt die Basis entwickelt. Die

weitere Entwicklung schreitet also hier von der Spitze zur Basis vor und dadurch ist die Blattbildung charakterisirt. Der Theil aber wo die Blattbasis aufsitzt entwickelt sich von da zur Spitze weiter, so dass seine jüngst gebildeten Theile nicht in der Basis, sondern in der Spitze sich finden, wodurch der Charakter des Stengels ausgedrückt wird.

Diese Erscheinungen kommen aber ebensowol am einzelligen, als am mehrzelligen Phytom vor, und es lässt sich an der aufmerksamen Betrachtung dieses Verhältnisses bei gewissen Caulerpeen die Blattbildung ebenso sicher nachweisen, als die Stengel- und Wurzelbildung.

Was hier bei der einfachen Zellenpflanze durch die Bewegung der Zellentheilen hervorgerufen wird, das bewirkt bei der Zellgewebspflanze die Wachsthum-Bewegung der einzelnen Zellen.

§. 534.

Das mehrzellige Phytom. Wir haben auch hier allershand Formen, regelmässige und unregelmässige, kugelige (*Coccoloris*), halbkugelige (*Rivularia*), fadenförmige (*Conferva*), blattartige (*Ulva*), wurzellose (*Oscillaria*) und bewurzelte, beblätterte u. s. w.

Hier soll nur die Entstehung einiger wesentlichen Formen betrachtet werden.

Ich mache dabei zunächst auf gewisse Gegensätze aufmerksam, welche sich bei der Entwicklung des mehrzelligen Phytoms zeigen. Diese bestehen darin, dass in dem einen Falle die Zellen sich um eine sehr verlängerte, in dem andern aber um eine sehr verkürzte Axe gruppieren. Im ersten Falle entsteht daher ein verlängertes, im zweiten ein verkürztes Phytom.

Das Wachsthum des Phytoms kann in beiden Fällen wieder ein begrenztes und ein unbegrenztes sein. Im ersten Falle wird dasselbe durch eine oder mehrere Zellen oder Zellengruppen, die sich nicht an dem Phytom weiter entwickeln, geschlossen; im zweiten Falle geht die Entwicklung des Phytoms ununterbrochen fort, wenn äussere Verhältnisse derselben keine Grenze setzen.

§. 535.

Bei der Entstehung und dem fernern Wachsthum des Phytoms schiebt sich stets der neugebildete Theil aus dem ältern hervor, welchem er seine Entstehung verdankt. Der ältere hüllt daher immer den folgenden jüngern anfangs ein und entlässt ihn

erst, wenn er der Enthüllung selbst — d. i. der eignen Entwicklung — fähig ist. Dadurch entstehen Entwicklungsreihen, welche mit einander mehr oder weniger in Verbindung bleiben. Die einzelnen Theile, welche die Entwicklungsreihen des Phytoms bilden, heissen Glieder. Diese sind entweder so mit einander verschmolzen, dass man ihren Anfang und Ende nicht bemerkt, oder sie sind deutlich durch sichtbare Marken geschieden.

Bei dem Phytom, wo eine Trennung in Stengel und Blatt vorhanden ist, werden die Stengelglieder durch Blätter begrenzt. Man nimmt an, dass zu jedem Stengelgliede auch ein Blatt gehöre. Das Blatt, die äusserste Zellenlage des Phytoms bildend, ist die Hülle seines Stengelgliedes.

§. 536.

Die Stengelglieder können sich ebensowol über einander als neben einander entwickeln. Im ersten Falle entsteht ein gewöhnlicher, im zweiten Falle ein scheibenförmiger Stengel.

Der gewöhnliche Stengel ist daran kenntlich, dass er seine Blätter stets an der Seite trägt; der scheibenförmige Stengel trägt seine Blätter auf der Scheibenfläche. (Beispiel: das sogenannte Receptaculum der Sonnenrose.)

Die Fläche des Scheibenstengels kann sein 1) erhaben (kegelförmig, convex), 2) platt, 3) eingesenkt. Im letztern Falle kann die Einsenkung seicht oder tief sein; es kann sogar vorkommen, dass die Ränder der vertieften Scheibe so weit nach oben wachsen und sich so verkleinern, dass die Vertiefung einer nach oben fast verschlossenen Höhle gleicht, welche inwendig mit Blättern u. s. w. besetzt ist (Hagebutten, Feigen).

§. 537.

Ein gewöhnlicher Stengel kann sehr verkürzte und auch sehr verlängerte Stengelglieder haben. Da aber immer das folgende Glied von den vorhergehenden entwickelt wird, so sind die folgenden auch dünner, als die vorhergehenden. Es können verkürzte und verlängerte Stengelglieder beliebig auf einander folgen. Wenn aber der Stengel an gewissen Stellen anfängt, an Dicke zuzunehmen, so ist in der Regel die Umbildung des gewöhnlichen Stengels in den Scheibenstengel die Ursache.

§. 538.

Bei der Verkürzung der Stengelglieder nähern sich die Blätter so, dass sie nahe oder dicht über einander stehen; vereini-

gen sich aber mehrere Stengelglieder neben einander, so stehen die dazu gehörigen Blätter in derselben Höhe als die Stengelglieder. Es entstehen auf diese Weise gegenüberstehende Blätter, Blätterkreise, Blattquirle oder Blattkronen. Sind mehrere solcher Kreise vorhanden, von denen der eine die andern einschliesst, so entstehen Rosetten. Sind aber sämtliche Stengelglieder bis zu einer gewissen Länge entwickelt, so stehen die Blätter scheinbar zerstreut um den Stengel.

Hierbei ergibt sich, dass die Stengelglieder und mit denselben ihre Hüllen (die Blätter) bei ihrer Aufstellung gegen und zu einander eine gewisse Regel befolgen. Verbinden wir nämlich die Blätter an ihrer Basis durch eine Linie, so erhalten wir eine Spirale, welche um den Stengel herum geht. Man bemerkt ferner, dass die Blätter auch in einer solchen Regel auf einander folgen, welche durch den Winkel ausgedrückt wird, den zwei Flächen mit einander machen, die man sich in senkrechter Stellung durch die Blattbasen und die Stengelaxe gelegt denkt. Dieser Winkel heisst der Divergenzwinkel. Aus der Natur der ganzen Pflanze, als variablen Grösse, folgt, dass derselbe nicht durch eine rationale Zahl ausgedrückt werden kann, und drückt man ihn dennoch durch eine solche Zahl aus, so darf man es damit nicht so genau nehmen¹²⁾. Ausser der spiraligen Anordnung der Blätter, welche sich besonders bei den Tannzapfen bemerkbar macht, zeichnen sich andere besonders durch ihr Auftreten in Längsreihen sehr deutlich aus. So entstehen z. B. bei *Macrocystis* alle Blätter ursprünglich an einer Seite (sie sind wahre folia monosticha); zweizeilige Blätter sind sehr häufig, dreizeilige schon seltener (*Bryothamnion triangulare*), vierzeilige bei der gemeinen Heide, u. s. w.

§. 539.

Ueberall wo wahre Blätter und Stengel entstehen, sind beide Theile im Anfange noch nicht vorhanden, sondern statt ihrer das Phytom. Man kann daher nicht sagen, dass das letztere aus beiden Theilen bestehe, sondern es zerfällt nur in dieselben bei weiterer Entwicklung; es ist gleichsam nur die Knospe derselben. *C. F. Wolff* nannte es punctum vegetationis, welche Bedeutung es jedoch nur bei wahren Stengelpflanzen haben kann. Bei der Bildung der Blätter und Stengelglieder kommt es häufig vor, dass erstere in der Ausbildung den letztern so weit voranschreiten, dass man diese kaum bemerkt. Geht dabei die Ausbildung der erstern zunächst nur so weit, dass sie, wenn auch

bis zu einem gewissen Grade entwickelt, sich nicht entfalten (d. i. öffnen), ohne vorher eine Zeitlang in ihrem Wachsthum geruht zu haben, so entsteht dadurch eine Folge von Stengelgliedern und Blättern in der Weise, dass alle jüngern von den ältern eingehüllt werden und in diesem Zustande eine Zeitlang verharren. Solche unentfalteten Stengel- und Blattgebilde heissen Knospen. Ihre nähere Betrachtung, so wie die Entwicklung der verschiedenen Formen des Pflanzenkörpers bei niedern und höhern Gewächsen soll in dem zweiten Bande besprochen werden.

§. 540.

Ausser den Blättern gibt es aber noch andere Organe, welche beim Phytom Hüllen bilden, die selbst die Blätter bedecken. Diese Organe hat man appendiculäre Organe genannt und es gehören zu ihnen:

- 1) Wärzchen oder Papillen.
- 2) Haare.
- 3) Striegeln.
- 4) Schilder.
- 5) Schüppchen.
- 6) Stacheln.

Diese appendiculären Organe entwickeln sich aus der obersten Zellschicht der Pflanze, welche man Epidermis genannt hat. Die Epidermis ist in vielen Fällen glatt; die Verschiedenheiten ihrer Oberfläche sind ziemlich mannigfaltig und in letzter Zeit durch A. Wigand („Bot. Zeitg.“, 1850, 409 fg.) untersucht. Die oben verzeichneten appendiculären Organe tragen am meisten dazu bei, einer Pflanze oder deren Theilen ein besonderes äusseres Ansehen zu geben. So bilden z. B. die Wärzchen, welche nur von Hervorragungen der äussern Zellenwandung gebildet werden, die sammtartige weiche Oberfläche mancher Blumenblätter. Die Haare dagegen kommen in sehr verschiedener Form und Bildung vor. Sie bestehen stets aus Zellen, welche einfach reihenweise mit einander verbunden und bisweilen verästelt sind. Die meisten sind daher gegliedert. Es gibt aber auch ungegliederte. Je nach der Zartheit und Biagsamkeit, oder der Dicke und Derbheit der Zellenwand sind auch die Haare weich, flaumartig, kurz oder lang, gerade oder gekrümmt, dicht oder vereinzelt stehend, auch wol unter einander gewebt wie Filz oder Wolle; oder sie sind steif, mit oder ohne stechende Spitze, oder an der Spitze mit einer kopfförmig angeschwollenen Endzelle (Drüsenhaare) versehen (Taf. 10. Fig. 1. c. d.). Manche Haare entstehen unmittelbar durch Ver-

längerung einer Epidermiszelle, andere sitzen einer solchen Zelle auf; manche haben an ihrer Basis einen besondern Fuss von mehreren verkürzten Zellen (z. B. *Salvia officinalis*. Taf. 1. Fig. 2.) und wieder andere sind an ihrer Basis angeschwollen und eine Strecke weit mit Epidermiszellen bekleidet (z. B. die Brennhaare bei *Urtica*. Taf. 10. Fig. 7.). Die Spitze der Brennhaare ist so spröde, dass sie beim Stechen abbricht und in der Wunde stecken bleibt, wobei sich der ätzende Zellsaft (der vielleicht Ameisensäure ist) ergiesst und das Jucken und Brennen verursacht. Gewisse Haare wachsen so eigenthümlich, dass sie selbständige Gebilde, gleichsam Schmarotzer zu sein scheinen. Besonders zeichnen sich die ästigen Haare und diejenigen, welche mit einem besondern Fuss versehen sind, aus.

Die Striegeln oder Striegelhaare, welche z. B. an den verschiedenen Mohnarten vorkommen, sind nicht aus einfachen, sondern mehrfachen Zellenreihen zusammengesetzt.

Auch die Schilder bestehen aus seitlich verwachsenen langgestreckten und strahlig geordneten Zellen. Sie sind ausgezeichnet bei den *Elaeagneen*.

Die trocknen Schüppchen bei den Farrnkräutern sind aus flächenförmig verbundenen Zellen gebildet.

Die Stacheln an den Blättern und Stengeln der Rosen bestehen aus fest verwachsenen schmalen verdickten Holzzellen.

Anmerkungen und Zusätze.

1) Zu §. 389. S. 185. Es kann die erwähnte Thatsache allerdings nur zum Theil den Unterschied zwischen organischen und unorganischen Körpern begründen, denn es sind auch Fälle bekannt, wo Mineralien ebenfalls ihre Stoffform, aber nicht ihre Körperform verändert haben. Als ein hierher gehöriges Beispiel führe ich nur an, dass unter den Veränderungen, welche ein Mineralienlager bei dem grossen Brande in Hamburg erlitten, auch der Fall erwähnt wird, dass Eisenspath, mit Beibehaltung seiner Krystallform, in Brauneisenstein umgewandelt worden. („*Erdm. Journ.*“, 1843, No. 5. S. 317.)

2) Zu §. 436. S. 243. Es ist absichtlich geschehen, dass ich die Entwicklungsverhältnisse der Scheiden (vaginae), welche sich bei den Oscillarinen finden, einmal hier bei den Zellen, das andere Mal aber bei der Cuticula (§. 504) zur Sprache bringe. Das bringt allerdings meine Methode mit sich, wie *Naegeli* ganz richtig bemerkt hat. Aber der Leser wird bald auch den Vortheil bemerken, den die Betrachtung eines Objects von verschiedenen Seiten und unter verschiedenen Gesichtspunkten darbietet.

3) Zu §. 438. S. 247. Der Milchsaft hat seit länger als einem Vierteljahrhundert durch die Bemühungen von *C. H. Schultz-Schultzenstein* die Aufmerksamkeit der Physiologen in einem solchen Grade angeregt, dass die bedeutendsten Männer und hervorragendsten Talente sich der Untersuchung desselben gewidmet haben. So einfach die Sache an sich ist, so gab doch ein besonderer Umstand Veranlassung, ihr eine viel wichtigere Bedeutung beizulegen, als sie verdient. Als nämlich *Schultz* einst die Milchzellen in den Blättern von *Chelidonium majus* in einer solchen Lage unter dem Mikroskope betrachtete, dass das directe Sonnenlicht vom Spiegel auf das Object geworfen wurde, machte sich eine Strömung des Milchsaftes in den Milchzellen bemerkbar. Diese Strömung konnte jedoch nur unter gewissen Bedingungen gesehen werden, woher es kam, dass sie von vielen Beobachtern nicht gesehen und daher geleugnet wurde. *Schultz* gab sich indessen Mühe, diese Erscheinung mit den allgemeinen Erscheinungen des Pflanzenlebens in eine solche Verbindung zu bringen, dass sie als die wichtigste erschien. Er nannte den Milchsaft „Lebenssaft“ (latex), die Milchzellen „Lebenssaftgefässe“ und die Bewegung des Saftes „Cyclose“. Die Summe der *Schultze'schen* Untersuchungen und Erklärungen findet man in zwei der neuesten Schriften dieses Forschers: 1) „*Sur la circulation et sur les vaisseaux laticifères dans les plantes*“ (welche ein besonderer Abdruck seiner, in den „*Mémoires présentés par divers savants à l'académie royale des*

sciences de l'institut de France“, Tom. VII, 1841, niedergelegten französischen Preisschrift ist), und 2) „Ueber die Cyclose des Lebensaftes in den Nov. Act. A. L. C. N. C.“, Tom. XVIII, Suppl. II, 1841. — Die trübe Beschaffenheit des Milchsafte mag wol in den meisten Fällen die Ursache sein, warum man über seine Natur nicht hat ins Klare kommen können. Darum sind auch, und besonders durch *Schultz*, neben manchem Wahren, viele Irrthümer über dieses Phänomen verbreitet worden. Die beste Untersuchung „über den Milchsaft und seine Bewegung“ haben wir in neuerer Zeit von *H. Mohl* („Bot. Zeitg.“, 1843, Sp. 553 fg.) erhalten. Er hat viele Irrthümer in den *Schultze'schen* Schriften aufgeklärt und überhaupt die genauesten Untersuchungen über den Milchsaft angestellt, deren Resultate ich, soweit ich sie geprüft habe, nur bestätigen kann. Was die von *Schultz* sogenannte „Autosyncrise“ und „Autodiacrise“ betrifft, so erklärt *Mohl* dieselben für reine Phantasiegebilde; die Strömungen des Saftes aber können beliebig hervorgerufen werden, sowol durch Verletzung des unter dem Mikroskop befindlichen Objectes, wodurch ein Ausfliessen des Saftes bewirkt wird, als auch durch Drücken des Objectes zwischen zwei Glasplatten, wobei man es in seiner Gewalt hat, der Strömung eine gewisse Richtung zu geben. In unverletzten Milchzellen, welche sich in der Ruhe befinden und nicht gedrückt werden, kommt auch keine solche Strömung des Saftes vor.

Dass die Milchzellen mehr als verdickte Wände der Intercellularräume sind, beweisen diese Organe bei den *Agaricus*arten.

4) Zu §. 445. S. 254. Ueber die Entwicklung der Keimzellen bei *Anthoceros laevis* haben wir sehr schöne Untersuchungen von *H. Mohl* (in „*Linnaea*“ XIII) und von *H. Schacht* (in der „Bot. Zeitg.“, 1850, Sp. 457 fg.) erhalten, welche im Wesentlichen nicht von den meinigen abweichen.

5) Zu §. 477. S. 278. Dass die Wände der jungen Zellen schon sehr früh mit durchgehenden Oeffnungen versehen sind, wurde in neuester Zeit von *P. Harting* (Scheikund. Onderz., III. Deel, S. 31—167) zur Sprache gebracht. Aber *H. v. Mohl* hat sich entschieden und wiederholt dagegen erklärt („Bot. Zeitg.“, 1846 und 1847, Sp. 337 fg.). Mir bleibt nun Nichts weiter übrig, als die bestimmte Versicherung, dass ich alle von mir angegebenen Erscheinungen so genau dargestellt habe, als ich sie beobachtete. Um sich von der Anwesenheit der durchgehenden Löcher in der Membran junger und in kräftigster Vegetation stehender Zellen zu überzeugen, empfehle ich auch noch das Parenchym junger (frischer oder getrockneter) Galläpfel, von denen man ein sehr feines Präparat anfertigt, das man mit einer Auflösung von Eisenoxyd befeuchtet und stehen lässt, bis die Zellmembran sich durch und durch blau gefärbt hat, wozu 8—12 Stunden ausreichen. Die Löcher sind ganz offen. Die verschliessende Membran fehlt bei jungen Zellen durchaus; nur bei ältern, leicht verholzenden Zellen sind die Poren nach aussen verschlossen. Ich mache darauf aufmerksam, dass zur Untersuchung dieser Thatsache diejenigen Parenchymzellen (z. B. von saftigen Früchten, Wurzeln u. s. w.) sich am besten eignen, welche sich nicht verholzen.

6) Zu §. 489. S. 294. Ich habe absichtlich bei der Darstellung der Zellenbildung vermieden, dieselbe durch Einschaltung von historischen und kritischen Bemerkungen viel zu unterbrechen. Nur einigemale, wo ich es für nöthig hielt, ist es geschehen. Jetzt halte ich es aber auch für Pflicht,

derjenigen Männer dankbar zu erwähnen, durch deren Thätigkeit unsere Kenntniss von der Zelle in neuerer Zeit besonders gefördert worden ist.

Als die Pflanzenphysiologie noch in ihrer Kindheit war, liessen sich ihre Pfleger durch manche auffallende äussere Verschiedenheit, welche die Zelle unter bestimmten Verhältnissen zeigt, so täuschen, dass sie glaubten, es mit mehreren Elementarorganen zu thun zu haben, und ältere Physiologen der neuesten Zeit haben ausser den Zellen immer noch Fasern und Gefässe unterschieden. Zu den Fasern rechneten sie aber die sehr lang gestreckten und an beiden Enden spitzen Zellen, während sie unter Gefässen nicht nur die sehr langen röhrenförmigen Zellen verstanden, die unbegrenztes Spitzenwachsthum zeigen und deren Wände in frühester Jugend aus Spiralfasern gebildet sind, sondern auch gewöhnliche Zellen ohne Spitzenwachsthum, welche Spiralfasern, Löcher, Spalten u. s. w. in ihrer Wandung besitzen. Erst durch *Mohl* und *Schleiden* sind alle diese Verschiedenheiten auf die Zelle zurückgeführt worden, und während *Mohl* hauptsächlich das Verdienst sich erworben hat, dass er durch die Beobachtung der verschiedenen Alterszustände die Formen genauer unterschied, ihre Structur und ihren Zusammenhang ermittelte, suchte *Schleiden* besonders die Zelle in ihren Uranfängen zu beobachten, um über ihre Entstehung Auskunft zu erhalten. Er war es zuerst, der dem Zellenkern die wichtigste Bedeutung bei der Zellenbildung beilegte und er beging dabei nur den Fehler, dass er denselben in der beschränkten Form des „Cytoblasten“ allein auffasste. *Mohl* erklärte dagegen den „Primordialschlauch“ für die Grundlage der Zellenbildung. Beide Theorien standen so neben einander ohne Verbindung, jede hatte ihre Wahrheiten für sich und doch reichte keine aus, alle Erscheinungen des Zellenlebens zu erklären. Endlich gab es noch eine dritte Erklärung über die Entstehung der Zellen, nämlich die von *Mirbel*. Dieser nahm an, dass die Zellen in einer sulzigen Masse, in einem Schleime (Cambium) entstehen, welcher sich verdicke, anfangs homogen sei, dann aber eine Menge Höhlen erhalte, welche die Zellen bilden. Daher haben nach *Mirbel* die Zellen, welche neben einander stehen, anfangs gemeinschaftliche Wände. Auch diese Ansicht hat in gewisser Beziehung ihre Richtigkeit, nur nicht so, wie sie *Mirbel* dargelegt hat.

Da eine sorgfältige Besprechung dieser verschiedenen Ansichten hier mehr Raum einnehmen würde, als nach der Anlage des Werkes gestattet werden kann, so muss ich mich damit begnügen auf die Arbeiten dieser Naturforscher selbst hinzuweisen. Man vergleiche daher:

Schleiden, „Grundzüge der wissenschaftlichen Botanik“, I, 3. Auflage, S. 204 fg.

H. Mohl, 1) Einige Bemerkungen über den Bau der vegetabilischen Zelle. „Bot. Zeitg.“, 1844, Sp. 273. 2) Ueber das Wachsthum der Zellenmembran. „Bot. Zeitg.“, 1846, Sp. 337. — Die letzte Arbeit v. *Mohl's* über die vegetabilische Zelle, welche in Braunschweig erschienen ist, habe ich noch nicht erhalten.

Mirbel, Nouvelles Notes sur le Cambium, lues à l'académie des sciences, dans la séance 29 Avril 1839.

In Deutschland ist es besonders *Unger*, welcher hinsichtlich der Zellenbildung sich den *Mirbel'schen* Ansichten anschliesst. Vergl. „Ueber das

Wachsthum der Internodien von anatomischer Seite betrachtet“. „Botan. Zeitg.“, 1844, Sp. 489 fg.

Alle Differenzen lassen sich dadurch erklären, dass *Mirbel* die Zellen nur durch einen flüssigen, *Schleiden* nur durch einen festen, *Mohl* durch einen schlauchförmigen Zellenkern entstehen lässt. Jede Ansicht kann durch Beispiele bewiesen werden, aber jede passt auch nur auf eine bestimmte Anzahl von Fällen.

Weitere Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Zellen haben noch geliefert:

Naegeli. 1) „Ueber die Entwicklung des Pollens“, Zürich 1842. 2) „Ueber den Zellenkern, Zellenbildung und Zellenwachsthum u. s. w.“ in „*Schleiden* und *Naegeli*, Zeitschrift für wissenschaftliche Botanik“, Bd. I, Heft 1. 3. 4. 3) „Die neuern Algensysteme“, 1847. 4) „Gattungen einzelliger Algen“, 1849.

Was die weiteren Erscheinungen des Zellenlebens betrifft, so ist zu erwähnen, dass in neuerer Zeit *Meyen* die Ansicht zu begründen suchte, dass die Zellenwände aus Fasern zusammengesetzt wären. (Dessen „Neues System der Pflanzenphysiologie“, I, S. 45 fg.)

Die Theorie, welche *Hartig* über die Zellenbildung aufgestellt und zuletzt gegen die Angriffe von *Schleiden* in einer besondern Schrift („Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Pflanzen“, 1845) vertheidigt hat, muss ich als unrichtig erklären. Eine ausführliche Beleuchtung derselben findet man auch in *H. Mohl's* Aufsätze „Einige Bemerkungen über den Bau der vegetirenden Zelle“. „Bot. Zeitg.“, 1844, Sp. 307 fg.

Endlich ist noch *Karsten* anzuführen, welcher den „Primordialschlauch“ *Mohl's*, den ich schon einige Jahre vorher in den Algen als eine innerste Zelle in der gewöhnlichen erkannt hatte, ebenfalls als eine secundäre Zelle schon frühzeitig (1844) betrachtete. Die Darstellung des Vorgangs bei der Zellenbildung, wie ihn *Karsten* sich denkt, ist jedoch für mich nicht klar genug; er verwechselt die radialen Strömchen des Zellenkerns mit Scheidewänden von Vacuolen und lässt die jungen Zellen innerhalb des Primordialschlauchs entstehen, welcher daher nach *Karsten* die eigentliche Mutterzelle ist. Diese Ansicht ist grundfalsch. Vergl. *Karsten*, „De cella vitali“, und „Die Vegetationsorgane der Palmen“, 1847.

7) Zu §. 493. S. 297. Ueber andere feine fadenförmige und gekrümmte Bildungen im Zellenkerne habe ich schon in meiner „Phycologia generalis“ gesprochen und dieselben bei *Ectocarpus* Taf. 12. III. abgebildet. Ich glaube, dass diese Fäden den beweglichen Spiralfäden analog sind, nur dass sie nicht schwärmen.

8) Zu §. 504. S. 308. Die Ansicht *Hartig's* und Anderer, welche die Cuticula „für die im Umfange des pflanzlichen Individuums fortwachsende Urzelle“ halten, hat nur eine sehr beschränkte Geltung, denn die Cuticula der jüngern Theile einer grössern Pflanze steht nur in so fern mit der „Urzelle“ in Verbindung, als sie von der Nachkommenschaft derselben abgeleitet werden kann.

Die neueste Untersuchung der Cuticula durch *H. v. Mohl* findet man in der „Bot. Zeitg.“, 1849, Sp. 593 fg. — Eine sehr fleissige Arbeit über diesen Gegenstand hat auch *Cohn* geliefert. („De Cuticula.“ „*Linnaea*“, 1850, S. 337 — 407.)

9) Zu §. 511. S. 310. Ich kann nicht umhin, bei dieser Gelegenheit auf die sehr unrichtigen Benennungen *Meyen's* für gewisse Zellengewebsformen aufmerksam zu machen, durch welche ein den Zellen angehöriges Prädicat fälschlich auf das Gewebe derselben übertragen wird. Dahin gehören z. B. „Würflichtes Parenchym“ (weil die Zellen würfelförmig sind!), „säulenförmiges, sternförmiges, tafelförmiges Parenchym“.! u. s. w. Wer denkt dabei nicht abermals an den „ledernen Handschuhmacher“ in Berlin?

10) Zu §. 532. S. 325. Es ist in gewissen Fällen allerdings leichter einen Charakter zu kritisiren, als einen bessern dafür aufzustellen. „Nullus character infallibilis est.“ Ein unfehlbarer Charakter ist ein Unding. In einem wissenschaftlichen Buche soll indessen der Charakter der vorkommenden Dinge gezeichnet werden, so weit es der wissenschaftliche Standpunkt zulässt. Das habe ich in dem obigen §. versucht. *Schleiden* hat vorgezogen, den allgemeinen Begriff von Wurzel gar nicht in Erörterung zu ziehen, sondern spricht gleich von ächter Wurzel und Nebenwurzel. Was beiden gemeinsam ist, darüber geht er hinweg. Die Moose sind nach ihm „wurzellose Agamen“. Das ist nicht richtig. Die Moose haben nur keine Wurzel wie die gamischen Pflanzen und die Farrne. Ihre Mooswurzel ist aber ebenso ächt, wie die Wurzel der Phanerogamen.

11) Zu §. 533. S. 325. Man findet es sehr gewöhnlich, die Blätter als peripherische und den Stengel als Centraltheil der Pflanze anzusehen; diese Ansicht ist jedoch eine oberflächliche, denn die Stengel- und Wurzelspitzen gehören doch gewiss auch zur Peripherie der Pflanze.

12) Zu §. 538. S. 328. Wir haben über die Blattstellung zwei Theorien erhalten, deren Schöpfer sich grosse und vergebliche Mühe gegeben haben, dieselben durch mathematische Genauigkeit zu begründen. Die eine, welche von *Schimper* herrührt und von *A. Braun* weiter verfolgt wurde, nimmt an, dass die Divergenzwinkel, bei einer grossen Anzahl von Pflanzen, allerdings rationale Theile des Umfangs nach der Reihe $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{2}{5}$, $\frac{3}{8}$, $\frac{5}{13}$, $\frac{8}{21}$, $\frac{13}{34}$ (also = 180° , 120° , 144° , 135°) seien. Daraus folgt, dass nach einer bestimmten Zahl von Spiralwindungen (Wendeln) das letzte Blatt, welches den Cyclus beschliesst, genau vertikal auf demjenigen stehen muss, wo er angefangen hat. Die Anzahl der Wendeln, innerhalb eines Cyclus, werden durch den Zähler, die Zahl der dazu gehörigen Blätter durch den Nenner ausgedrückt. Ausser dem oben angeführten Stellungsverhältniss gibt *A. Braun* auch noch Blattstellungen nach folgenden Reihen:

$$\begin{array}{cccccc} \frac{1}{3}, & \frac{1}{4}, & \frac{2}{7}, & \frac{3}{11}, & \frac{5}{18} & \text{u. s. w.} \\ \frac{1}{4}, & \frac{1}{5}, & \frac{2}{9}, & \frac{3}{14}, & \frac{5}{23} & \text{„ „ „} \\ \frac{1}{5}, & \frac{1}{6}, & \frac{2}{11}, & \frac{3}{17}, & \frac{5}{28} & \text{„ „ „} \\ \frac{1}{6}, & \frac{2}{7}, & \frac{2}{13}, & \frac{3}{20}, & \frac{5}{33} & \text{„ „ „} \end{array}$$

Man findet diese Theorie am ausführlichsten dargestellt in der Schrift „Vergleichende Untersuchung über die Ordnung der Schuppen an den Tannenzapfen, als Einleitung zur Untersuchung der Blattstellung überhaupt. Von Dr. A. Braun.“ 1830.

Die andere Theorie wird durch die Gebrüder *Bravais* vertreten. Sie ist in einer Schrift niedergelegt, welche den Titel führt: „Mémoires sur la disposition géométrique des feuilles et des inflorescences etc.“ Paris 1838, wovon 1839 eine von *Walpers* besorgte deutsche Uebersetzung in Breslau erschien. Während *Schimper* und *Braun* verschiedene Blattstellungsverhält-

nisse annehmen, welche durch rationale Grössen ausgedrückt werden können, suchen die Gebrüder *Bravais* die Blattstellung auf ein einfaches Gesetz zurückzuführen und nehmen als mittlern Divergenzwinkel $137^{\circ} 30' 28''$ an, der aber in Beziehung auf den Umfang (360°) irrational ist. Sie unterscheiden übrigens krummreihige und geradreihige Blätter. Die krummreihigen sind in der oben citirten Schrift abgehandelt, die geradreihigen aber in einer später (1840) erschienenen Schrift „Essai sur la disposition générale des feuilles rectisériées“. Ausserdem ist noch zu erwähnen eine Arbeit *Naumann's* „Ueber den Quincunx als Grundgesetz der Blattstellung vieler Pflanzen“, Dresden 1845. Der Verfasser dieser Schrift geht einen ganz eignen Weg, indem er die bei der Blattstellung sich zeigende Spirallinie als eine secundäre — nicht, wie seine Vorgänger, als die wesentliche — Erscheinung betrachtet. Der Grundtypus der Blattstellung wird durch aufrechte, der Axe gleichlaufende Blattreihen bezeichnet. Die Spiralstellung kommt nur dadurch zum Vorschein, dass der Standpunkt der benachbarten Blätter in der Höhe wechselt; darum hat die Spiralstellung nur eine untergeordnete Bedeutung, selbst da, wo sie so auffallend sich ausprägt, dass die geraden Reihen durch sie versteckt werden.

D r u c k f e h l e r.

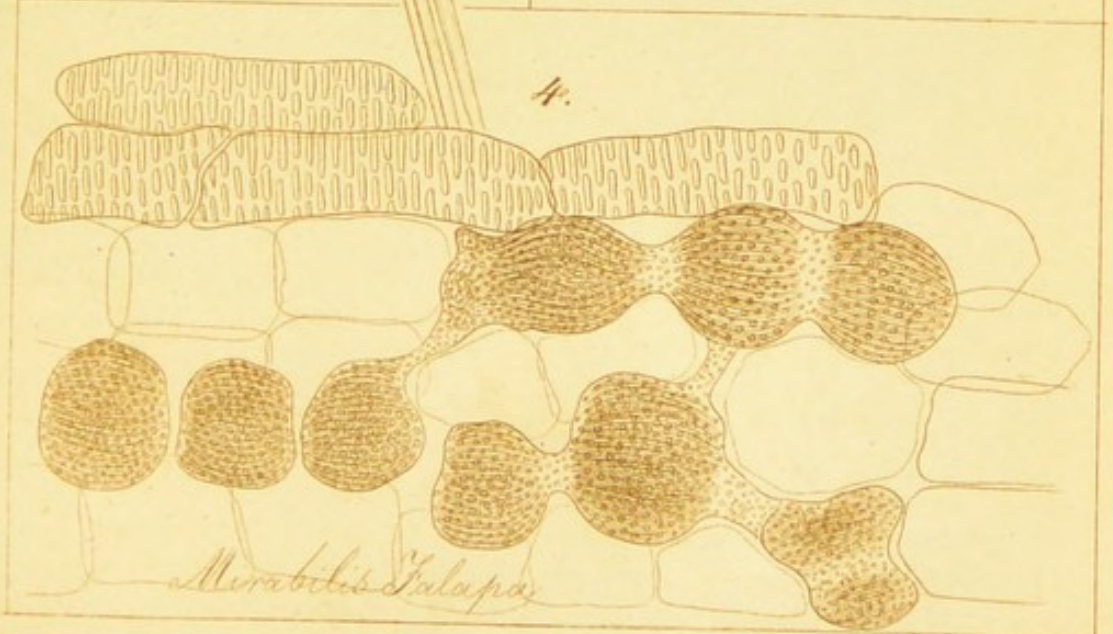
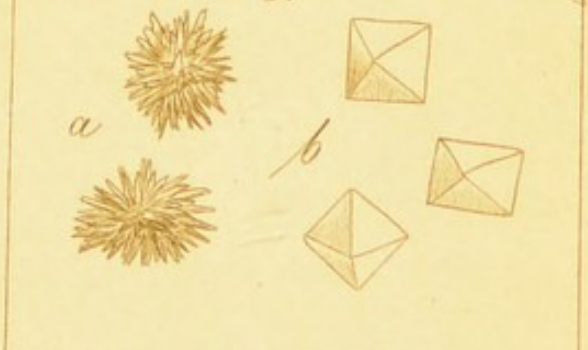
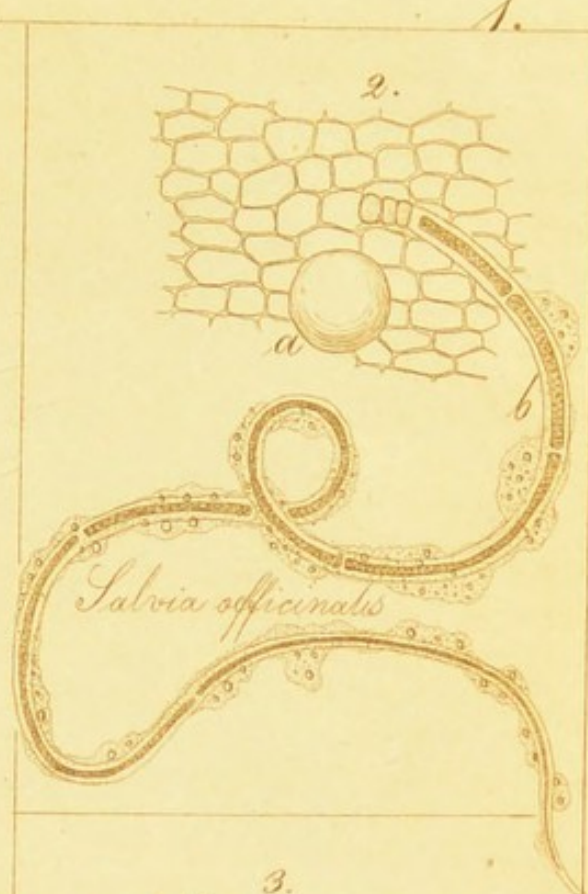
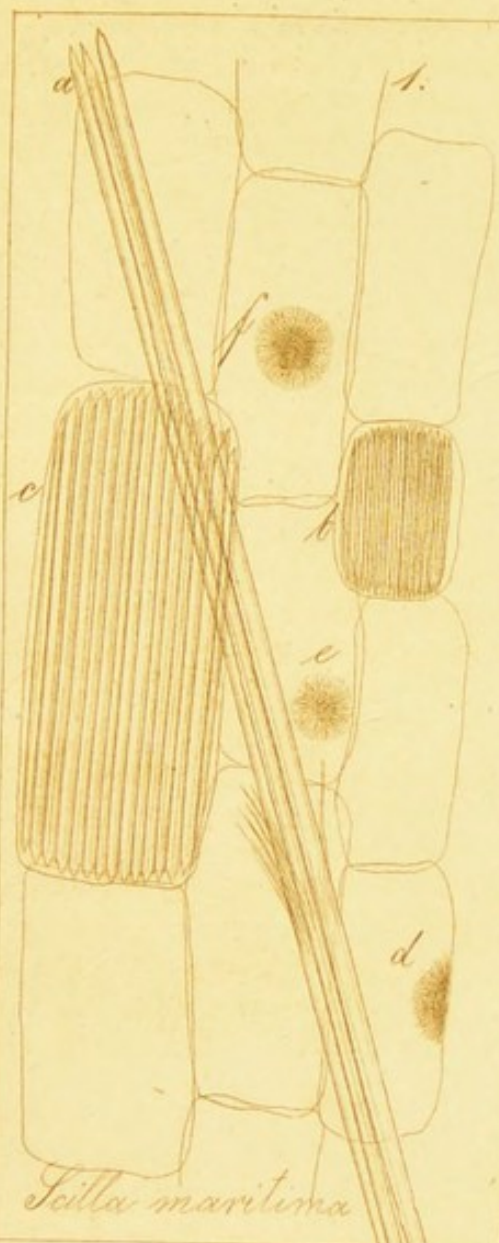
Seite 18 Zeile 30 muss es heissen: *Mougeot*

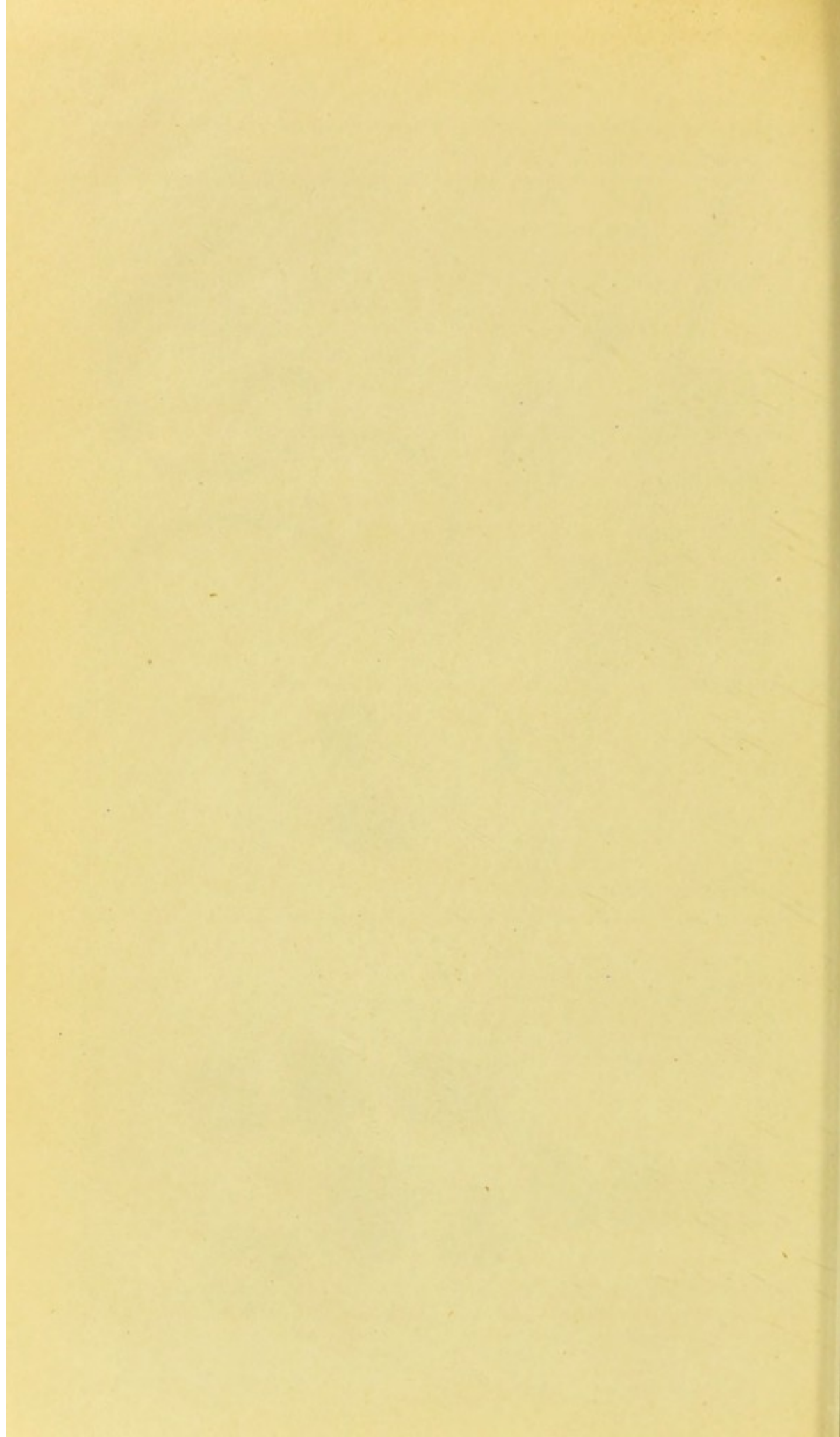
« 28	« 6	«	«	«	Wahrnehmungsreihen
« 30	« 10	«	«	«	seine Methode gegründet
« 94	« 27	«	«	«	Körpern
« 116	« 19	«	«	«	als sie im Wasser auflöslich sind.
« 125	« 34	«	«	«	beschäftigt
« 173	« 8	«	«	«	bessere
« 203	« 37	«	«	«	Fig. 3.

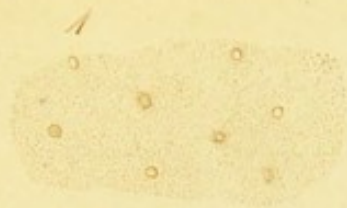
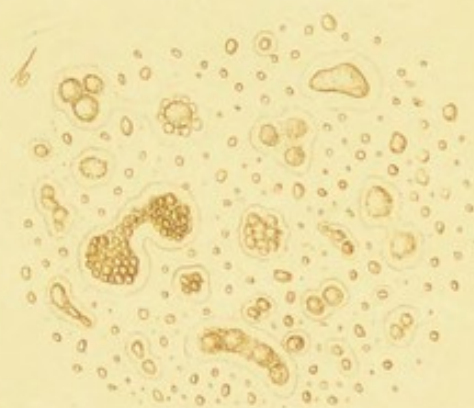
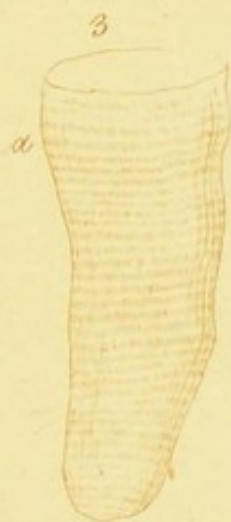
« 214 letzte Zeile und alle folgenden Male muss es heissen: Oxyprotein

« 254 Zeile 39 muss es heissen: Fig. 2.

« 256	« 5	«	«	«	Fig. 5.
« 257	« 39	«	«	«	Inhalt sich bräunt
« 258	« 35	«	«	«	wobei die Zellen
« 254	« 31	«	«	«	Fig. 4.
« 255	« 36	«	«	«	Fig. 3. b.
« 278	« 13	«	«	«	Cystoclonium
« 293	« 57	«	«	«	Coscinodiscus.
« 313	« 22	«	«	«	Taf. 18.

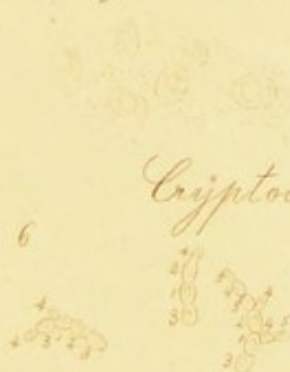
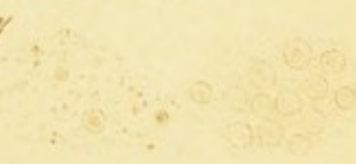




*Sambuci**Ulvina
Aceti**Mycocoeleum rivulare*

4

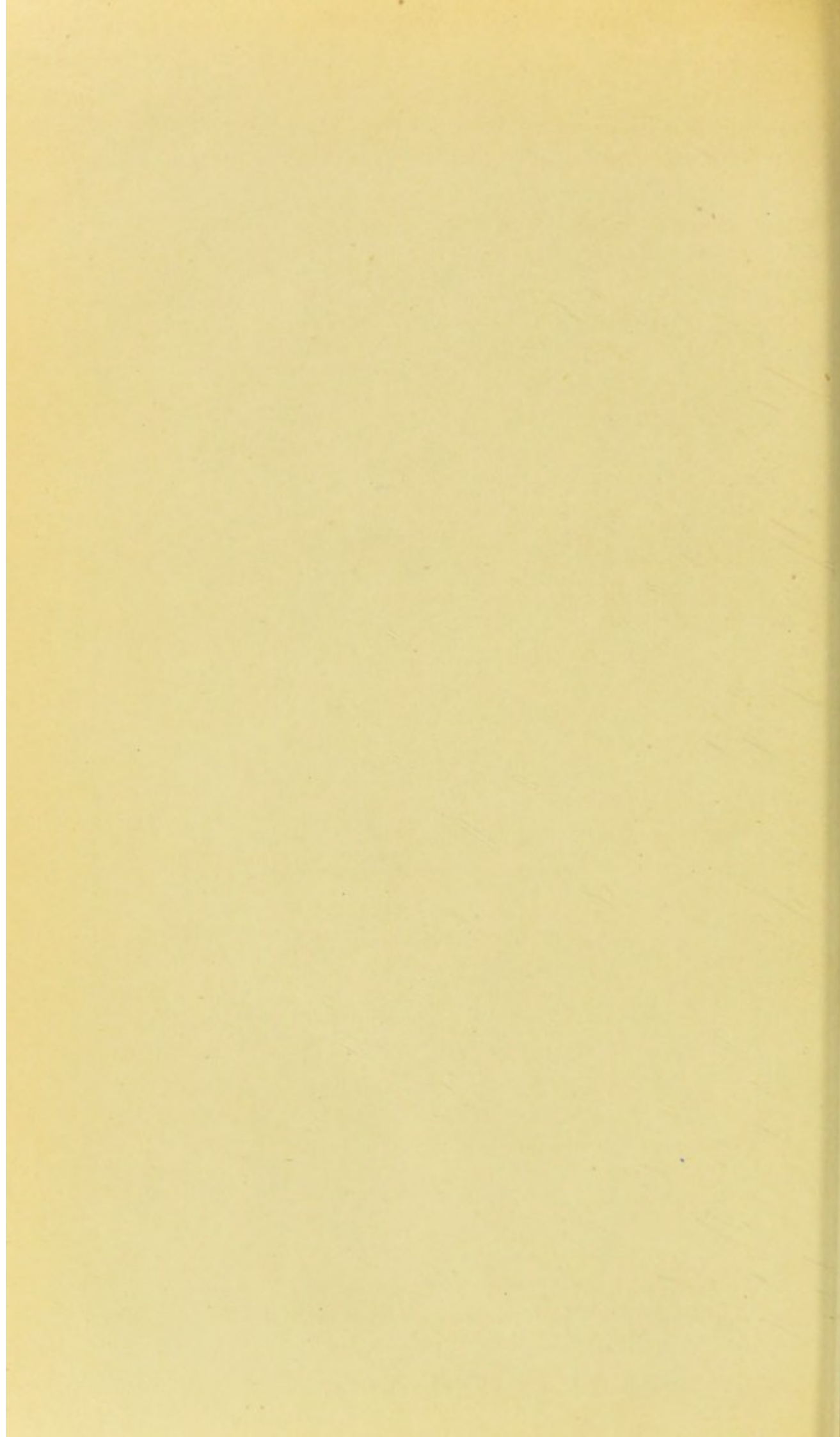
5

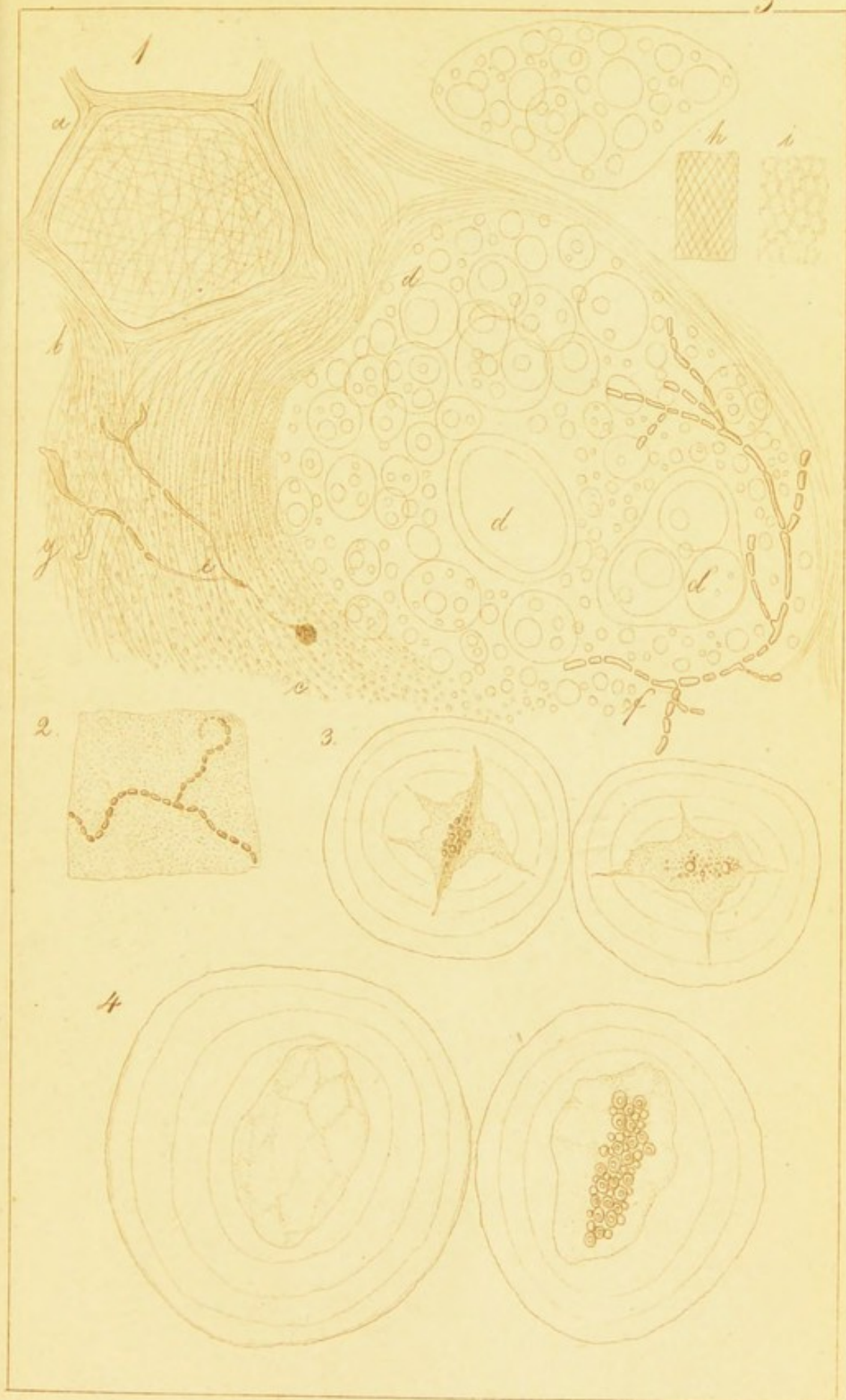
*Cryptococcus Fermentum**Cr. Fermentum β**Palmella cruenta*

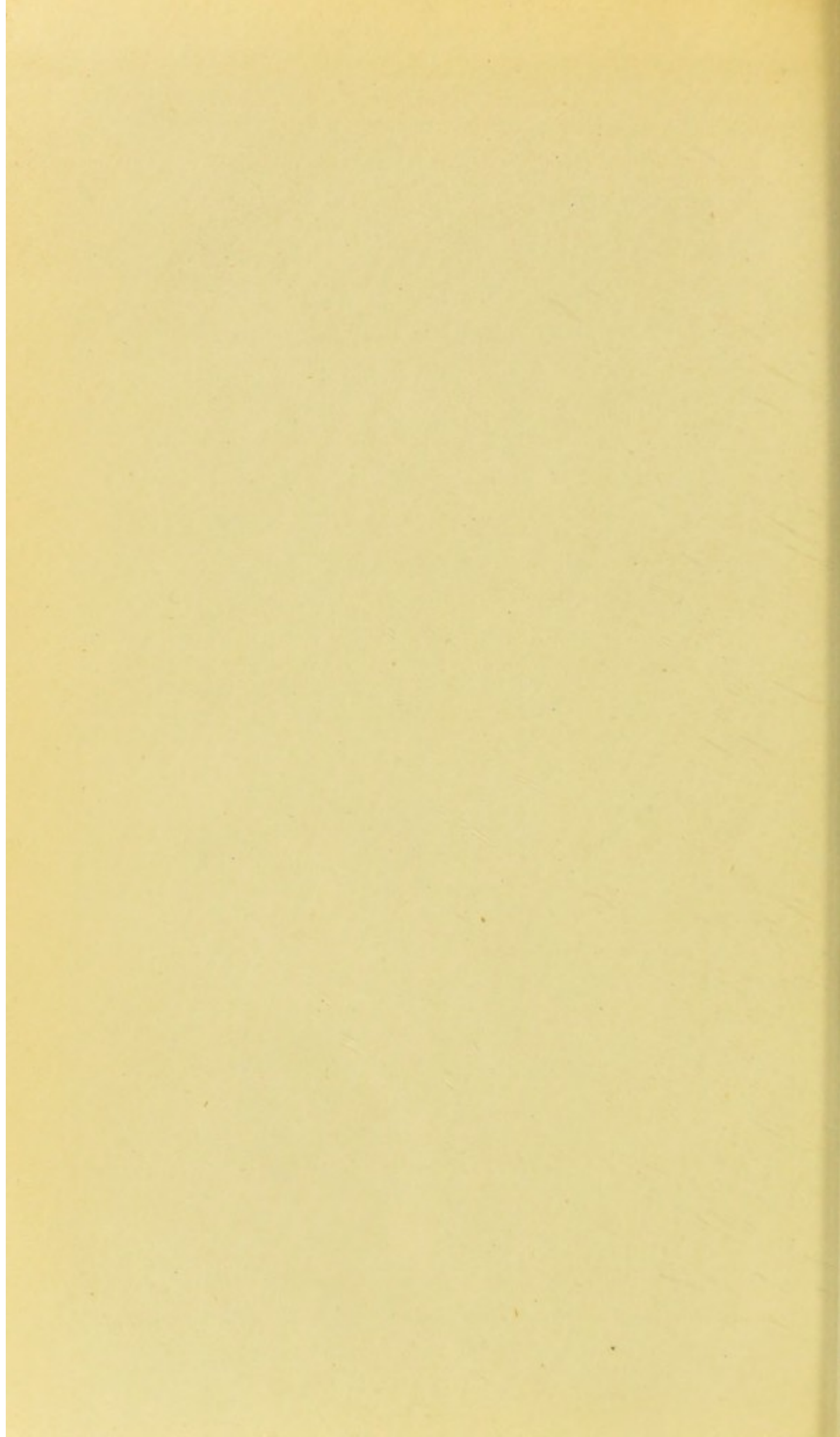
8

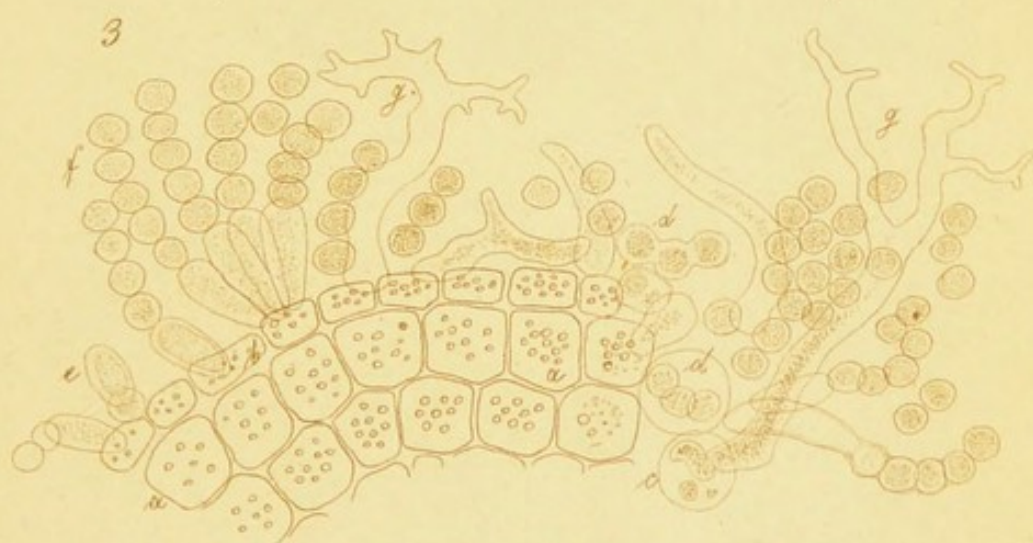
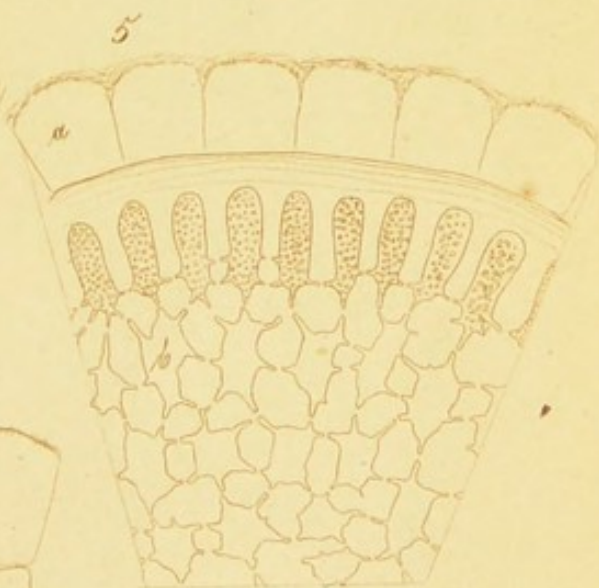
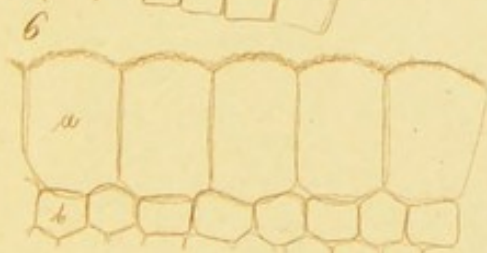
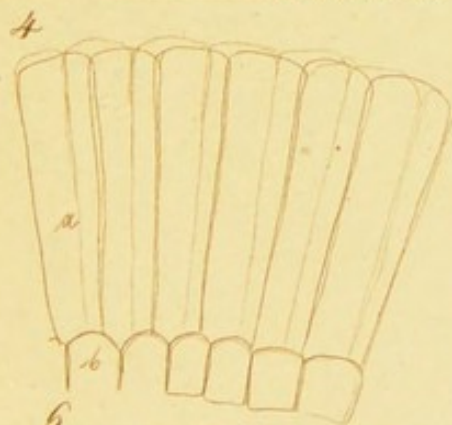
9

*Stereonema**asperum**ichthonoblastus*

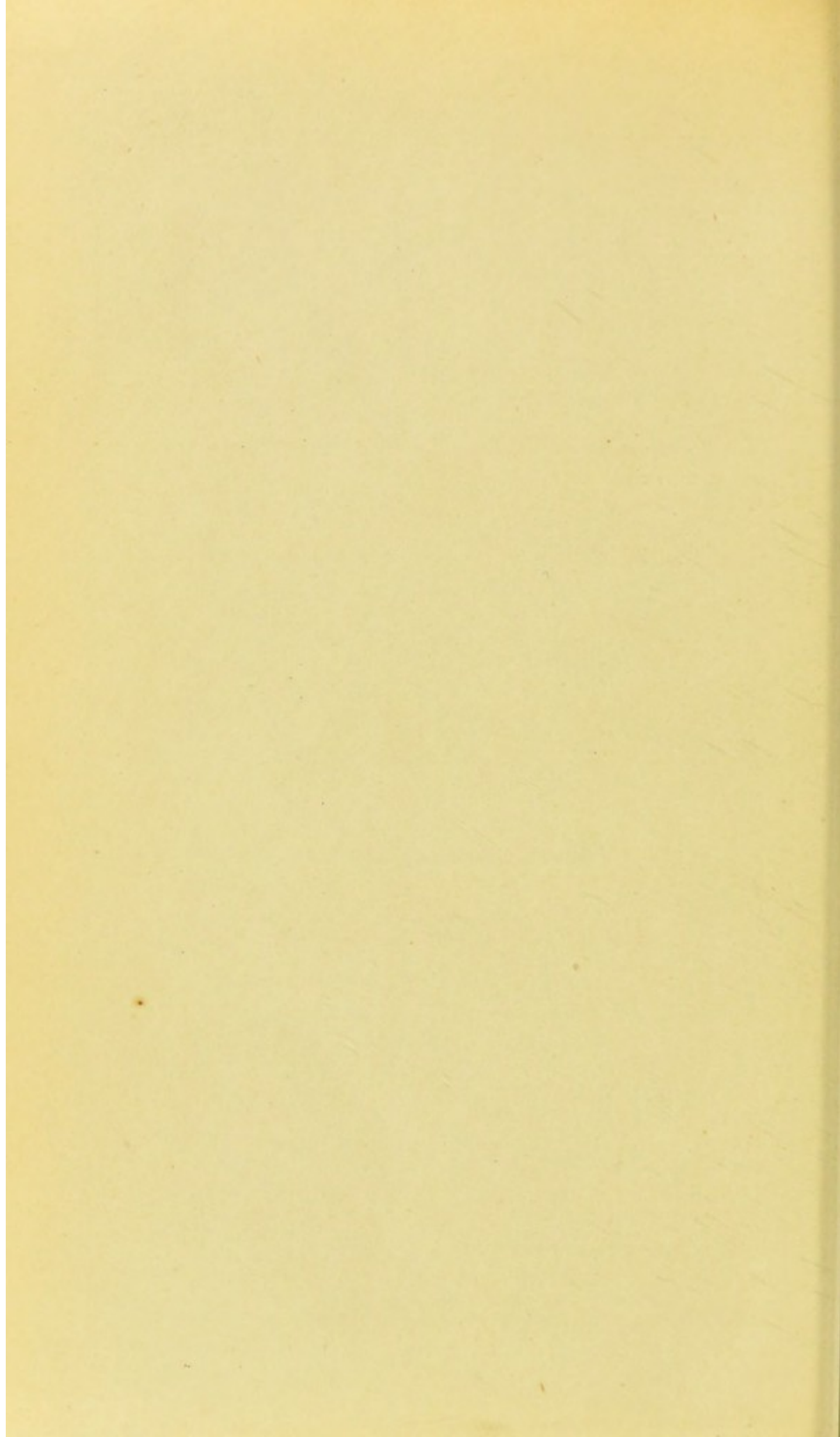


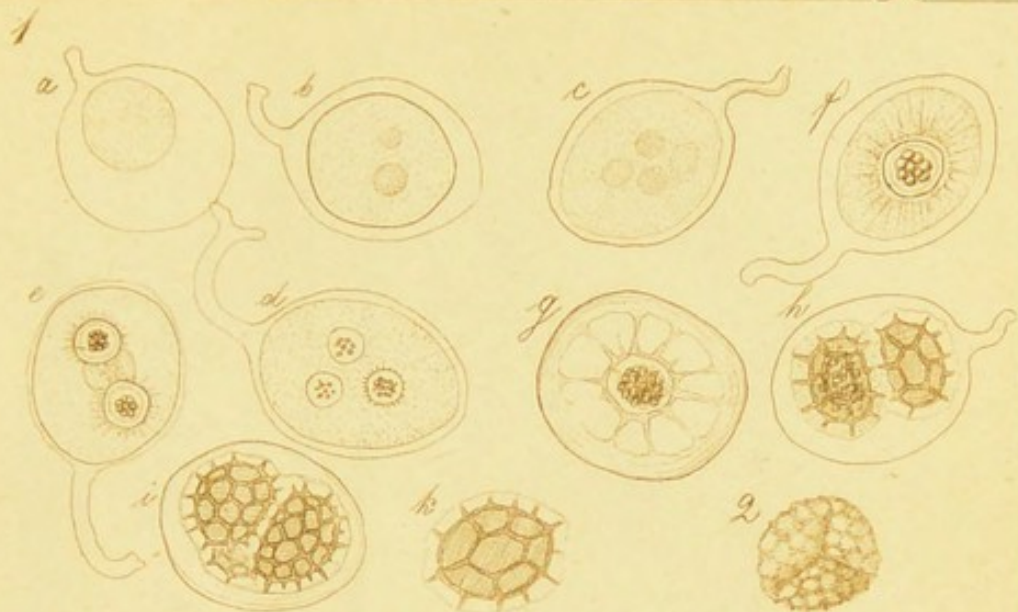
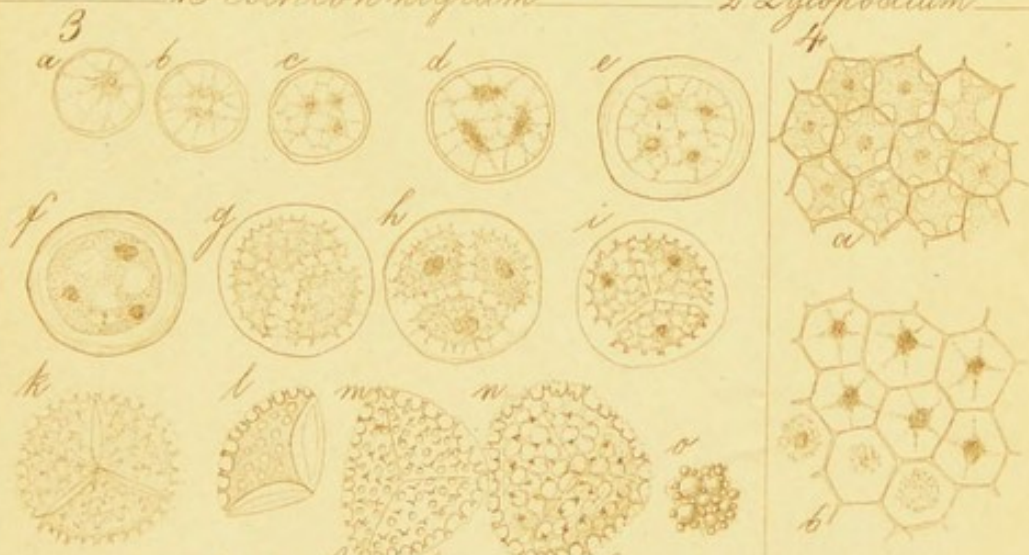


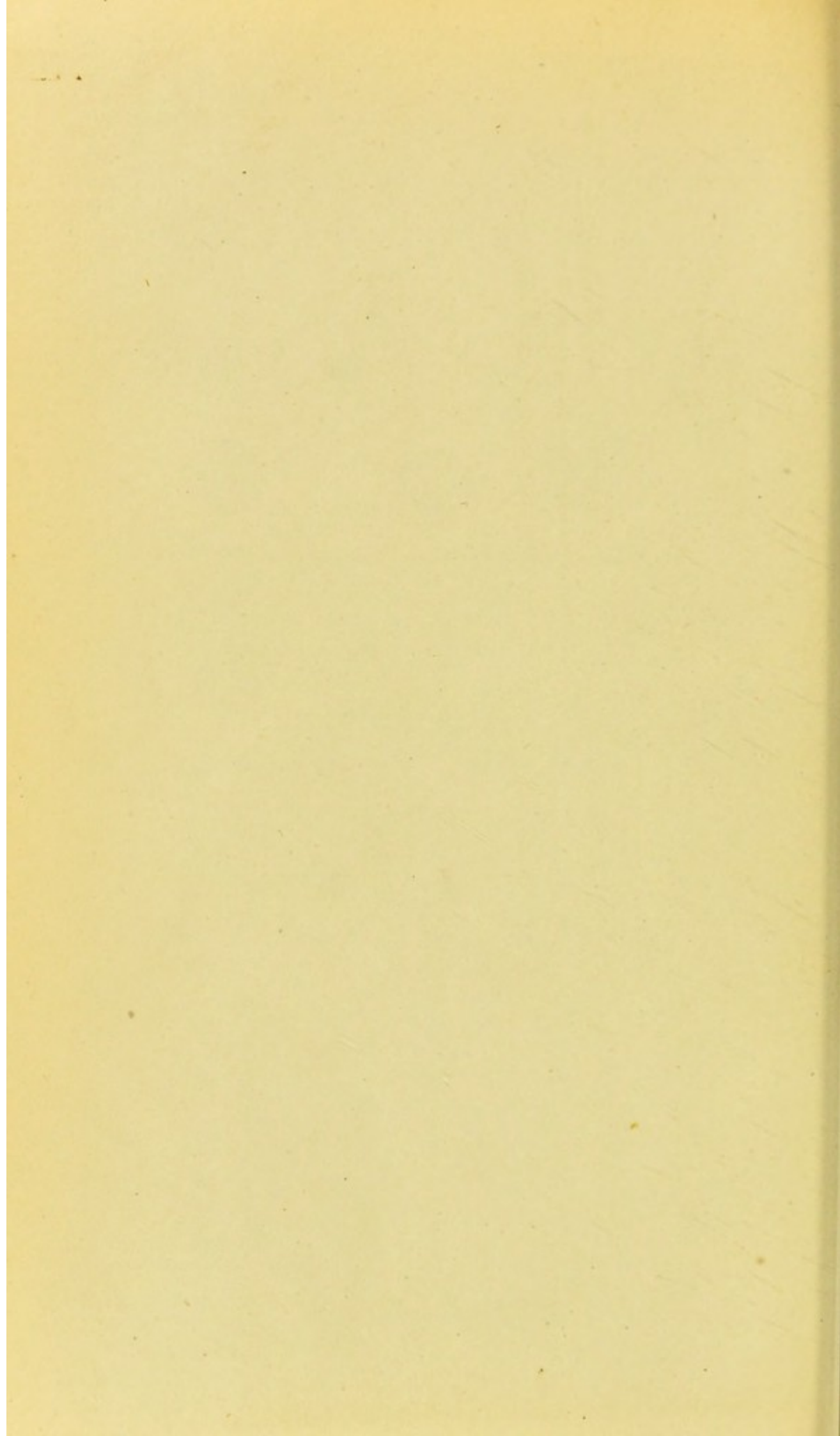


*Pantharellus**Ramalina**Uredo candida*

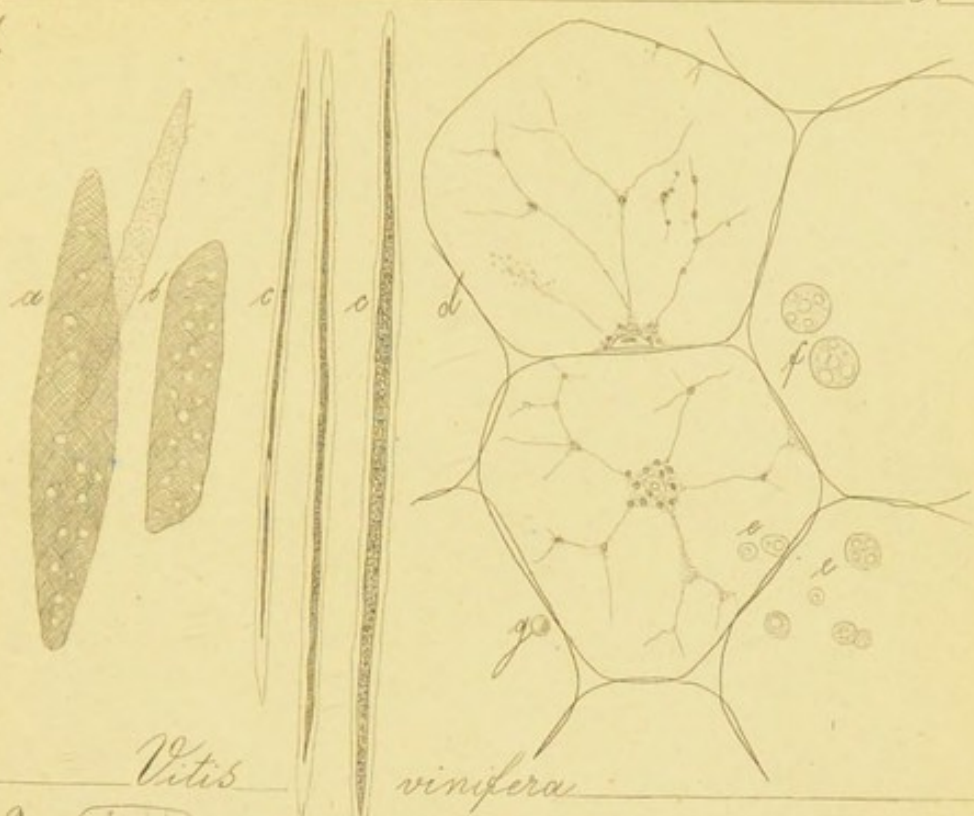
4. *Cyclonia*. — 5. *Psyllium*. — 6. *Linum*



*Aschion nigrum*2 *Lycopodium*3.4. *Anthoceros laevis**Lymphoricarpus*



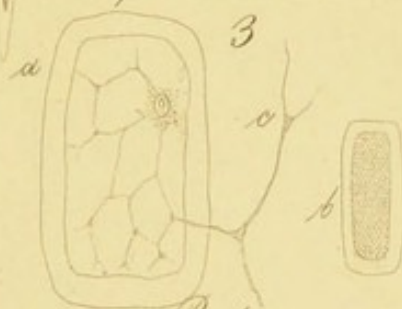
1.

*Vitis**vinifera*

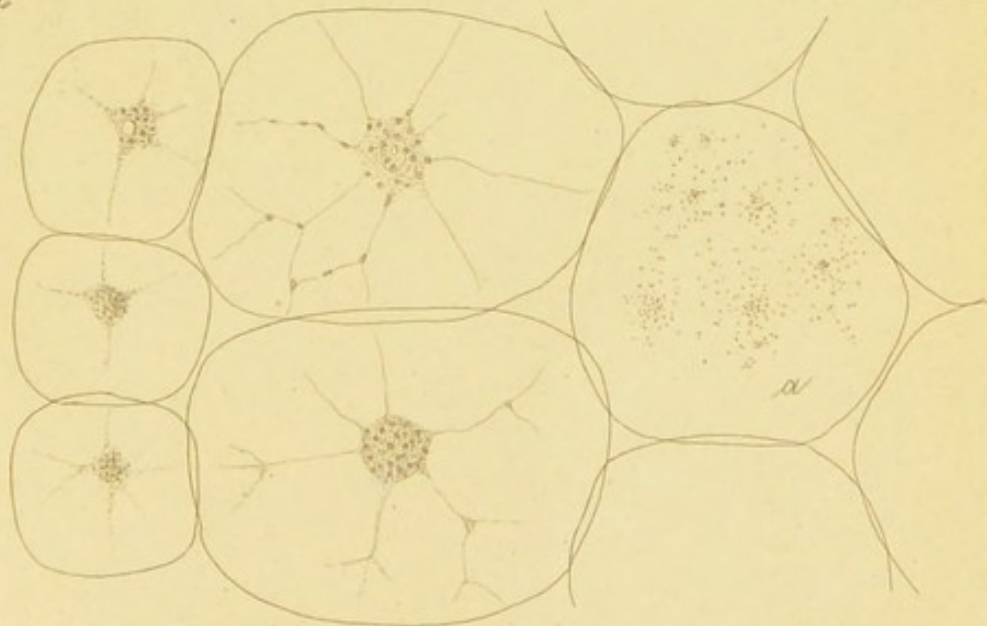
2

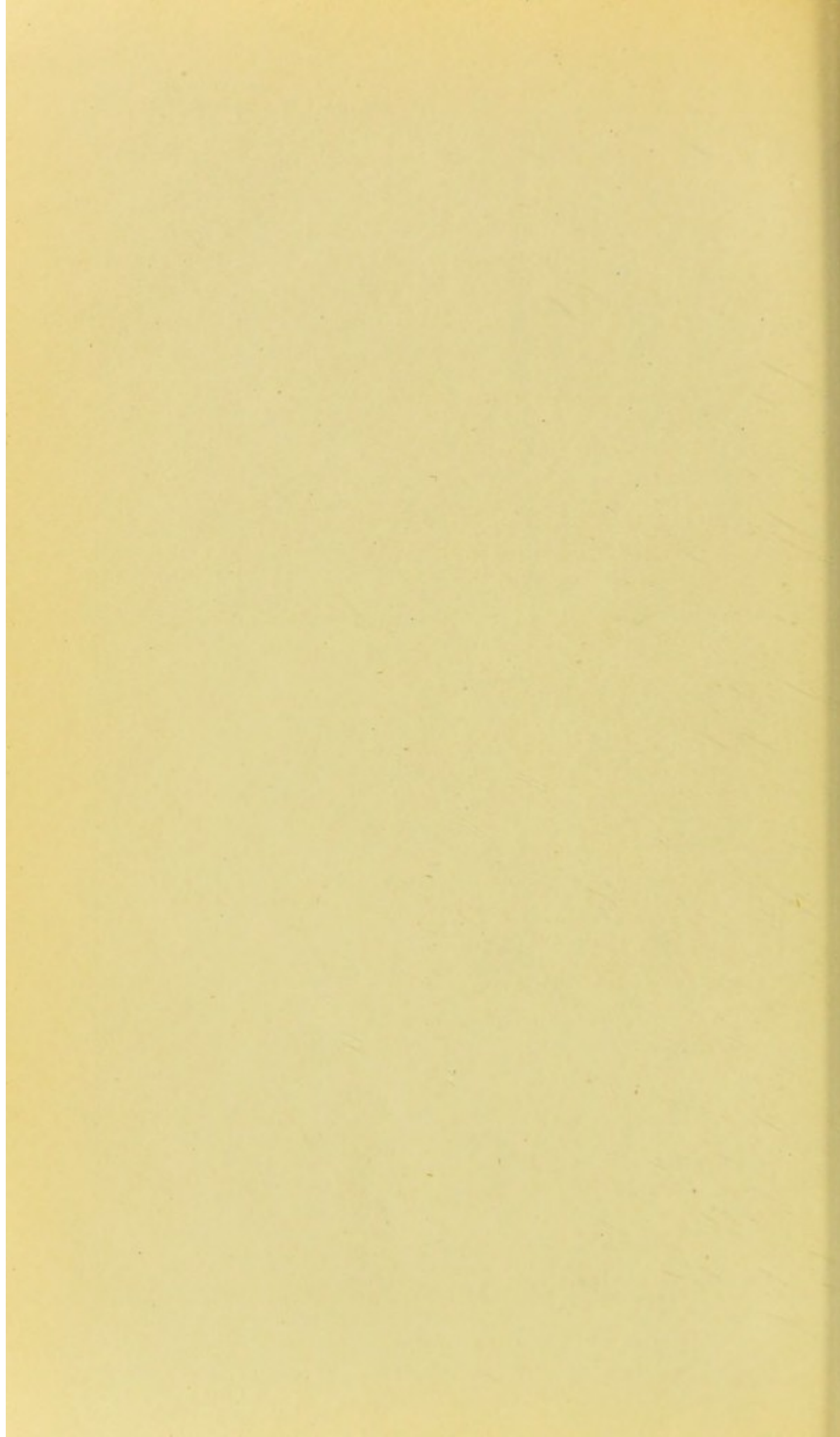
*Musa*

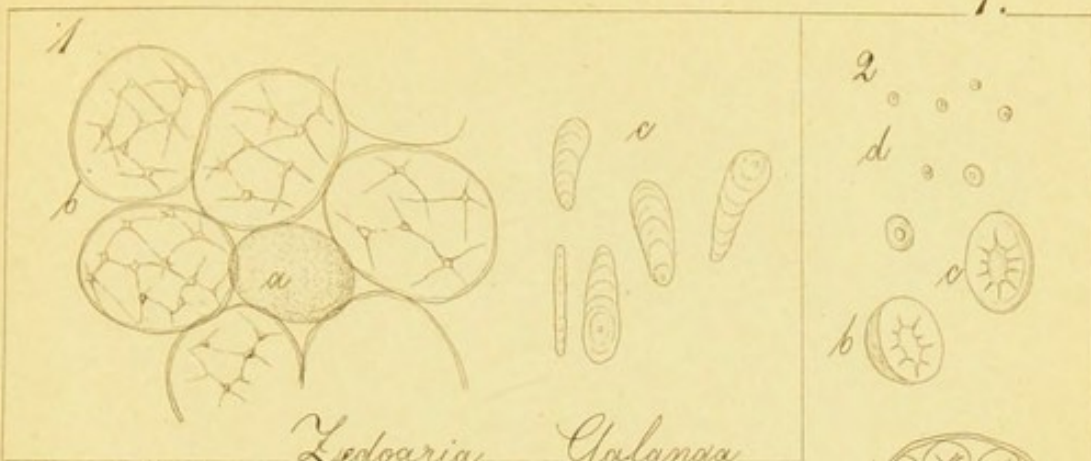
3

*Beta*

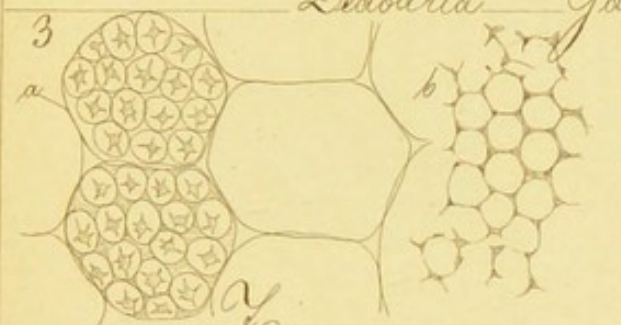
4

*Atropa Belladonna*

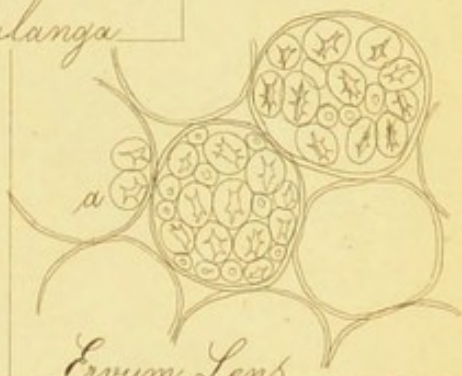




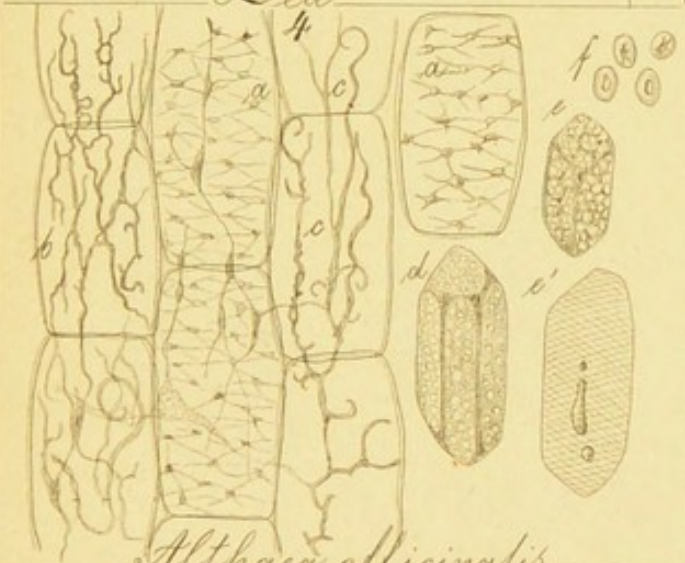
Zedoaria Galanga



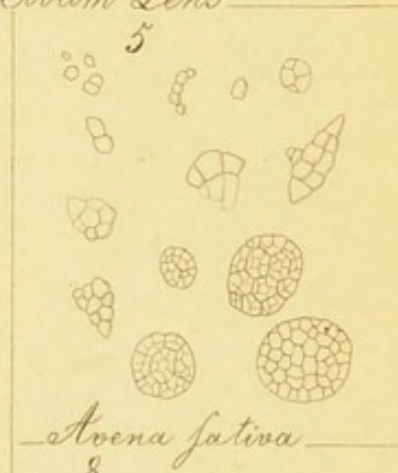
Ziza



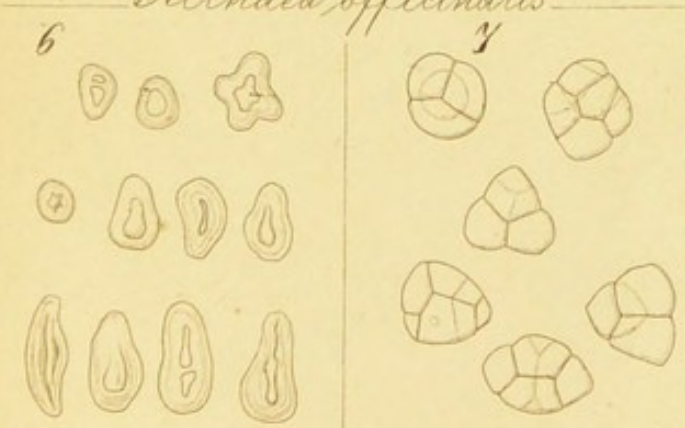
Ervum Lens



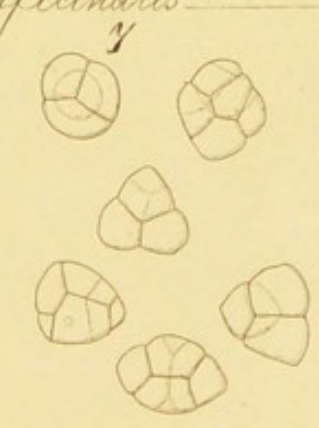
Althaea officinalis



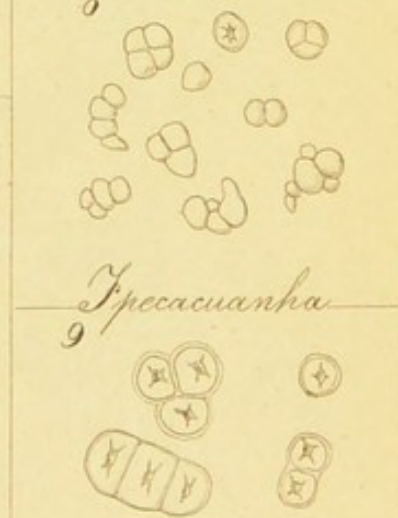
Avena sativa



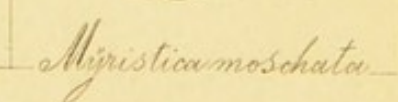
Iris florent.



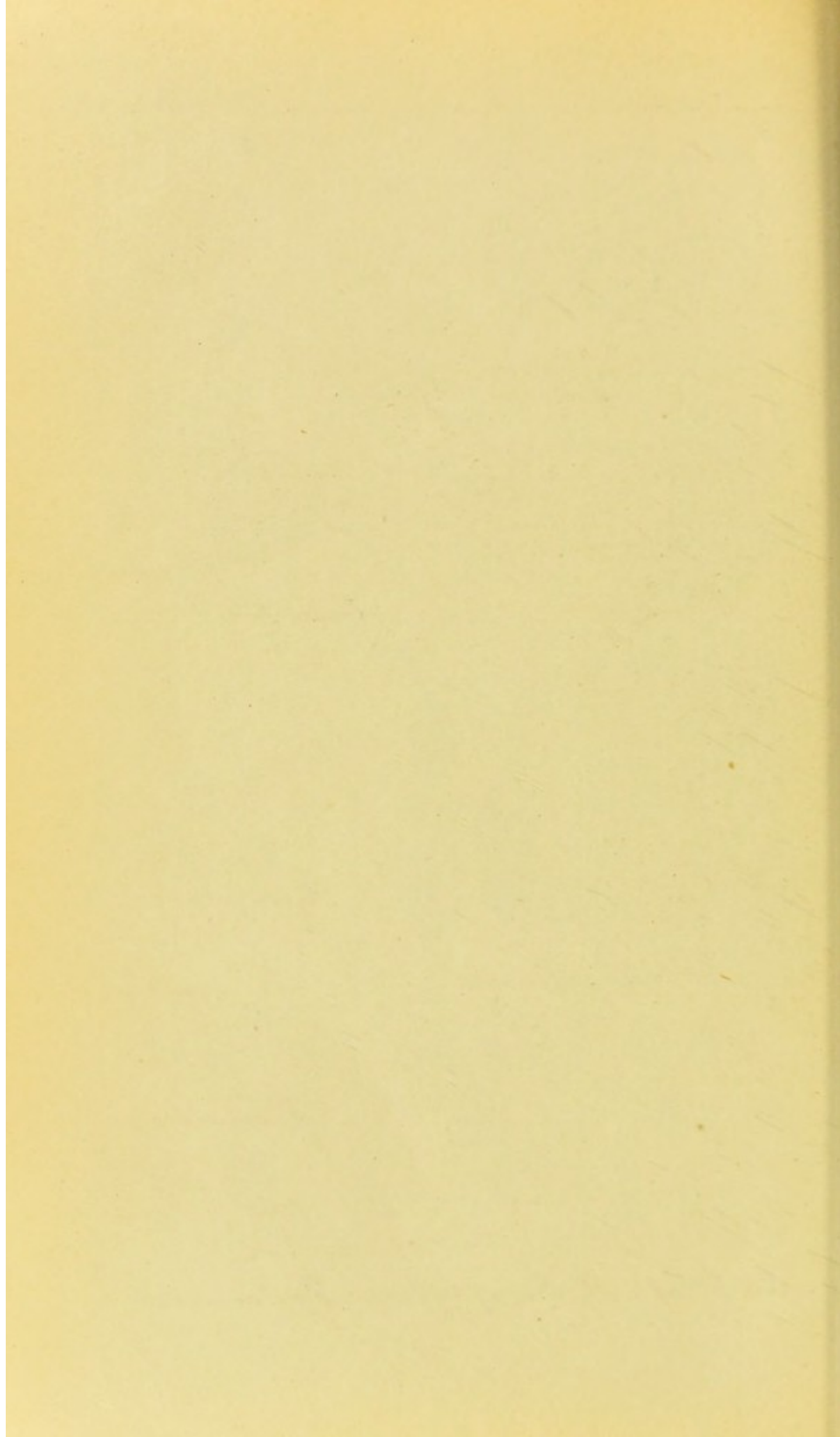
Sassaaparilla



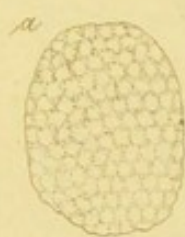
Specacuanha



Myristica moschata



1



Cardamomum

2



Macis

3



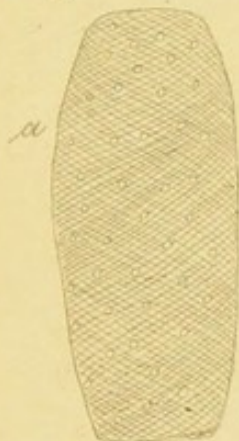
Marchantia polymorpha

4



Epidendrum

5



Dahlia

a

b



Halidrys

6

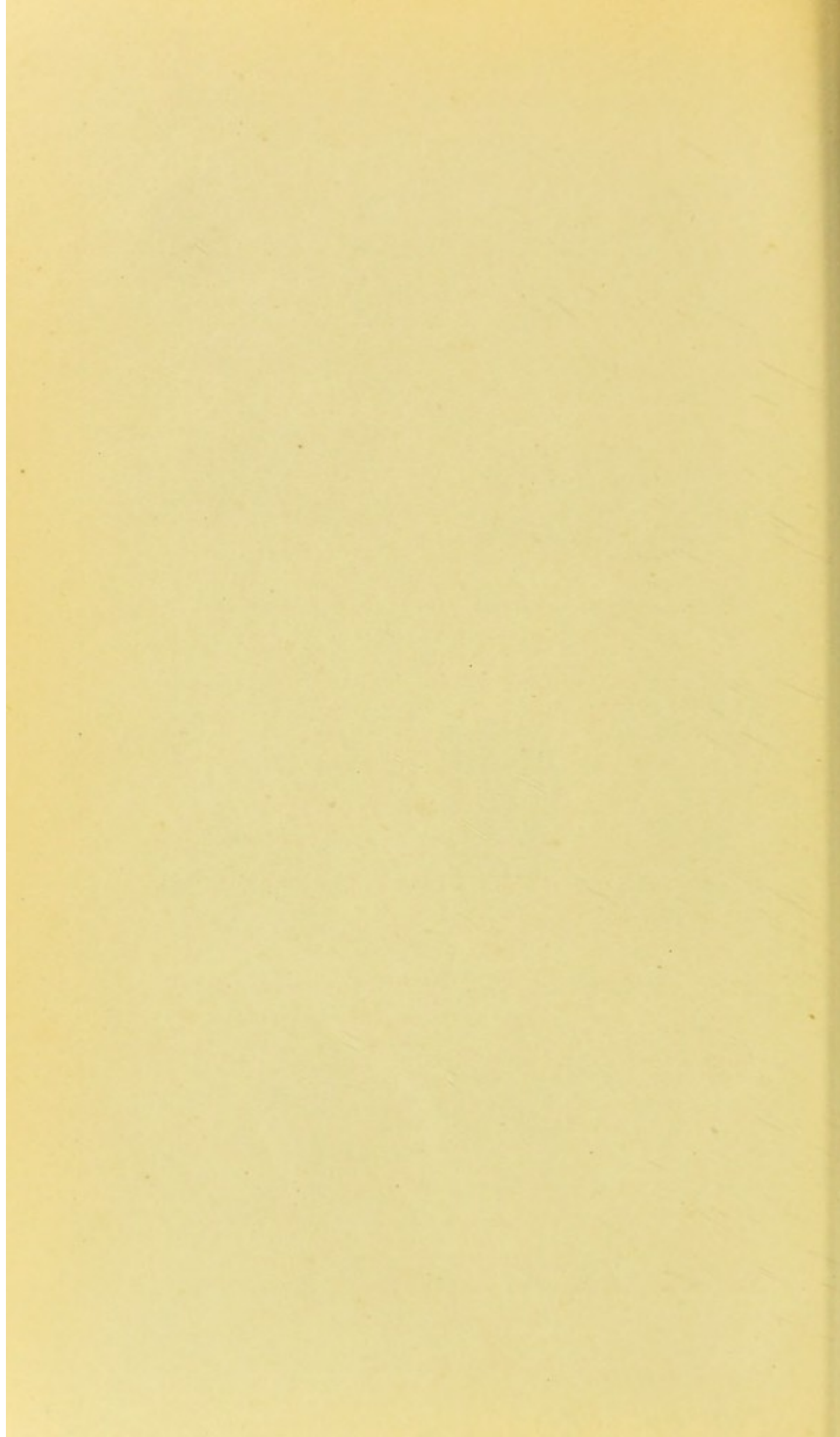


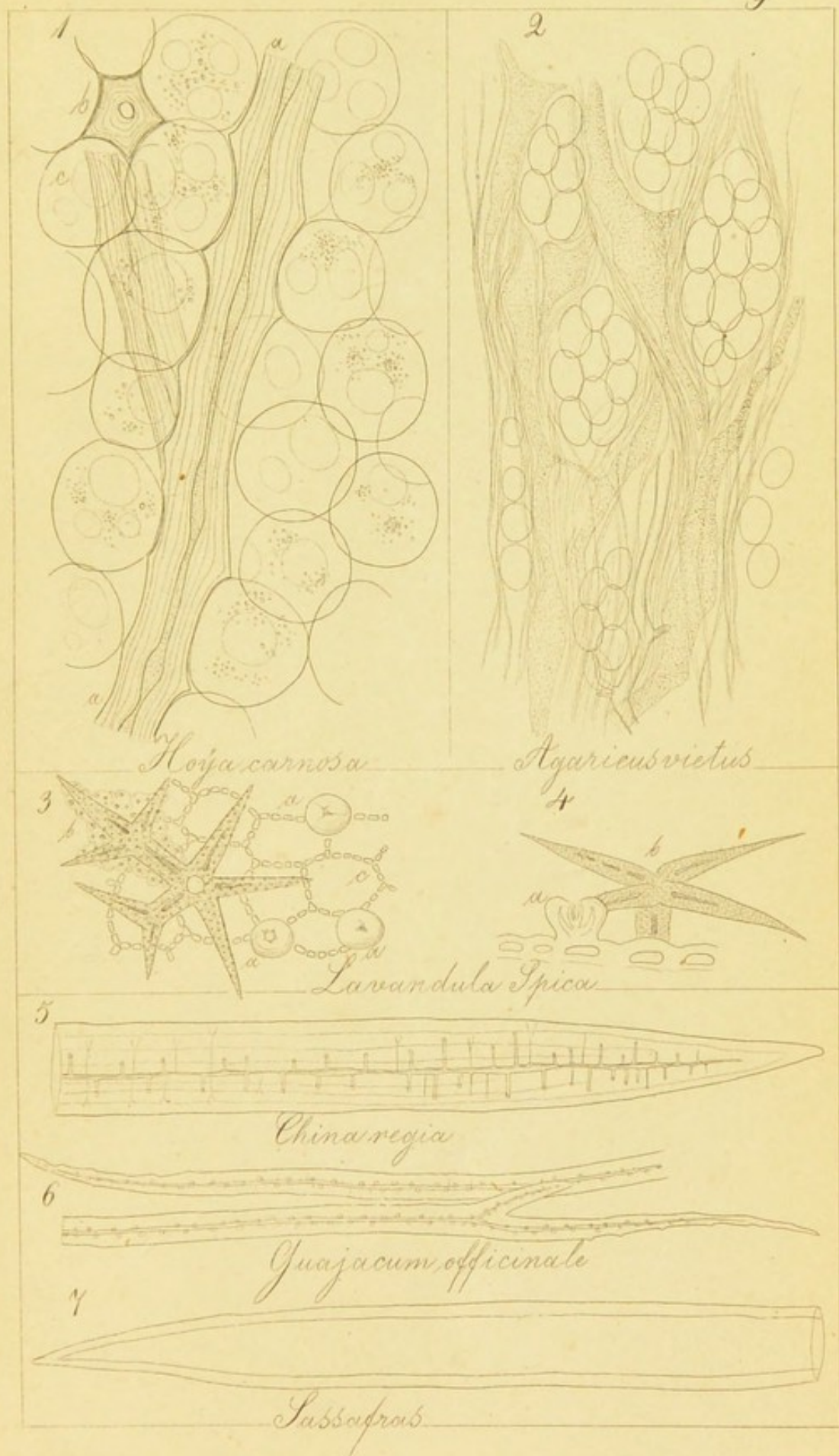
Beta (radix)

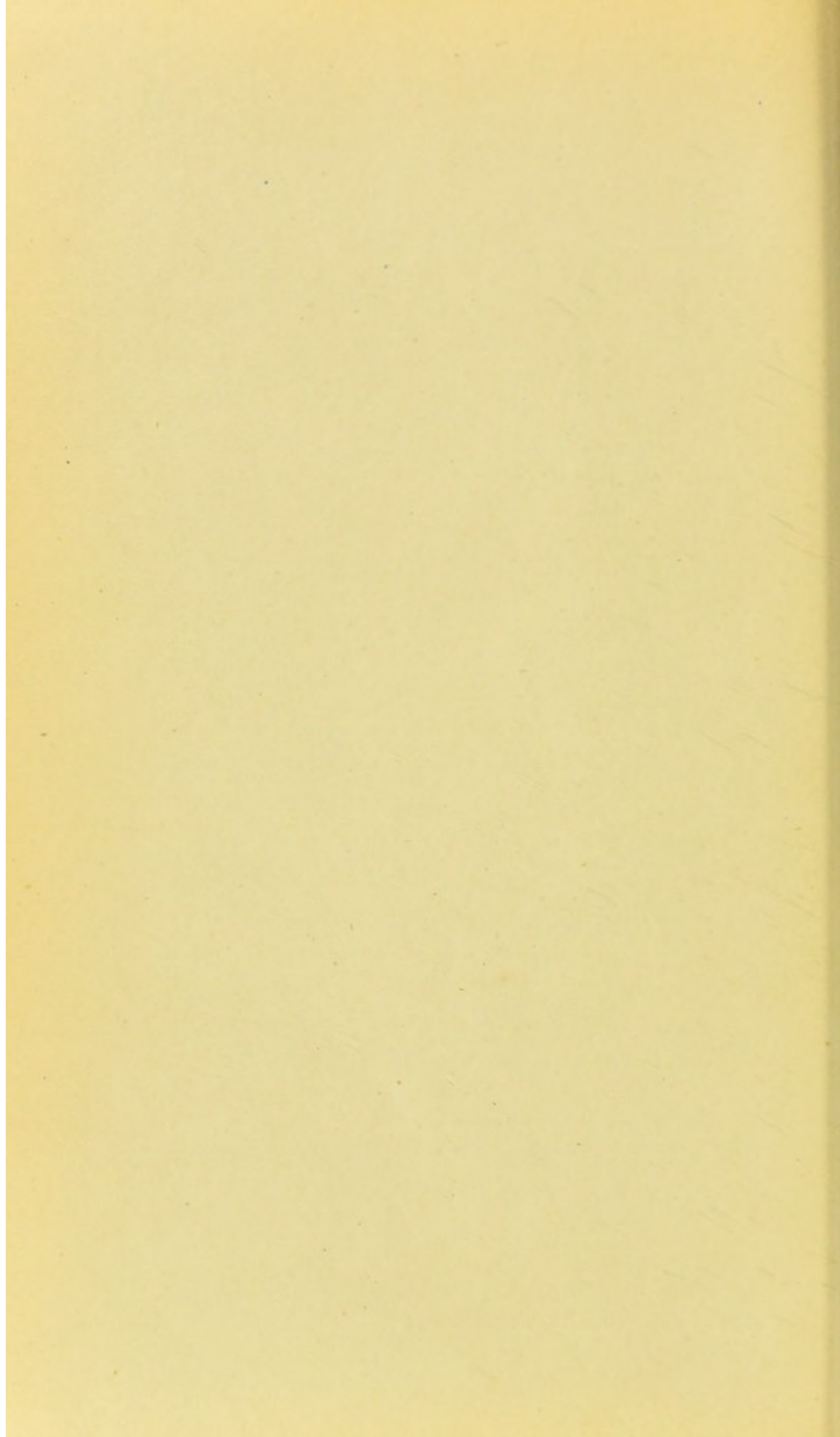
8

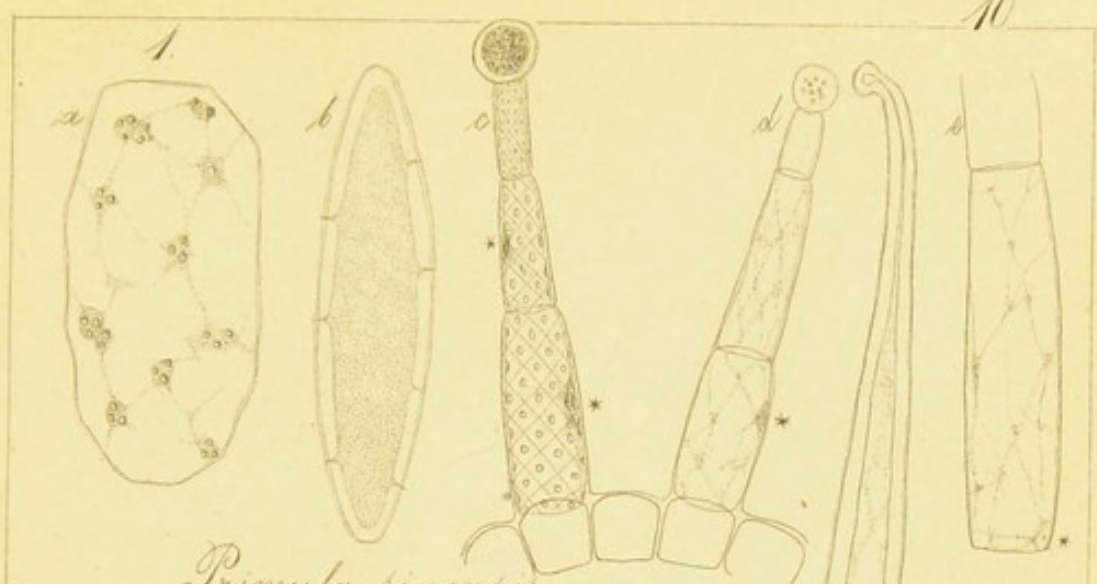


Berberis vulgaris

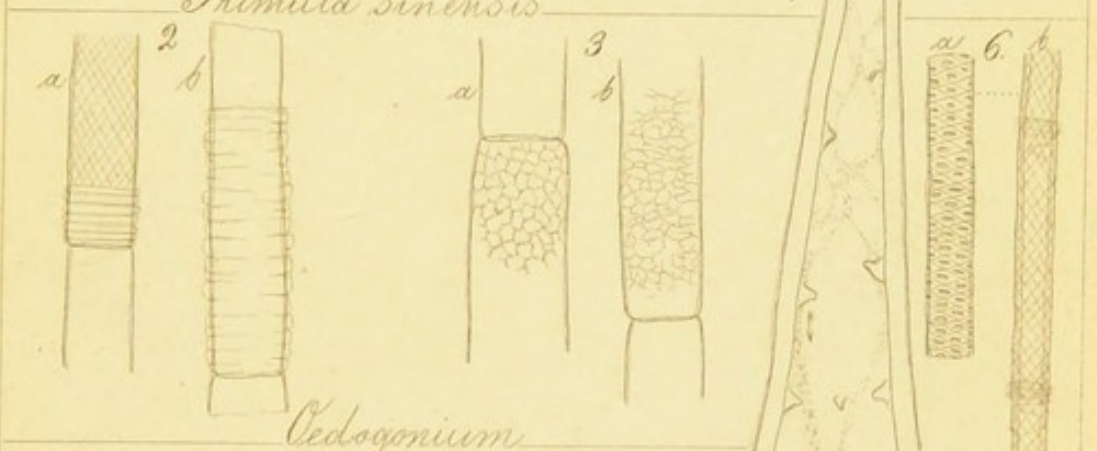




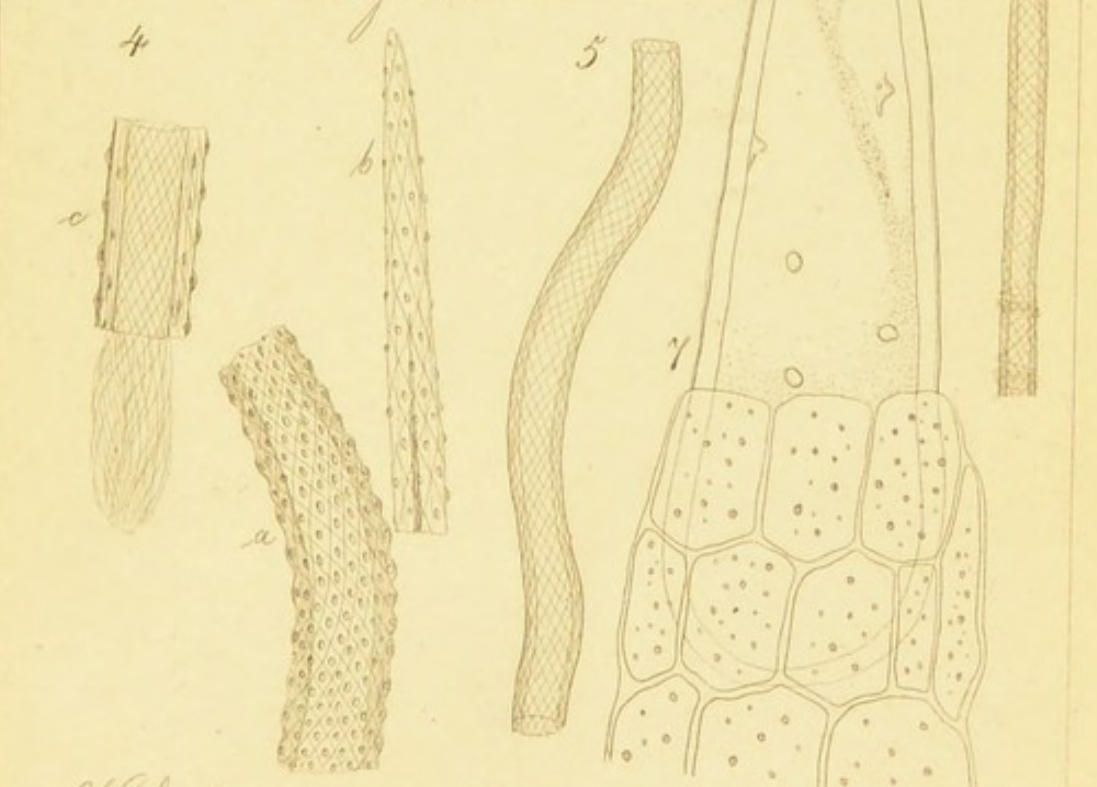




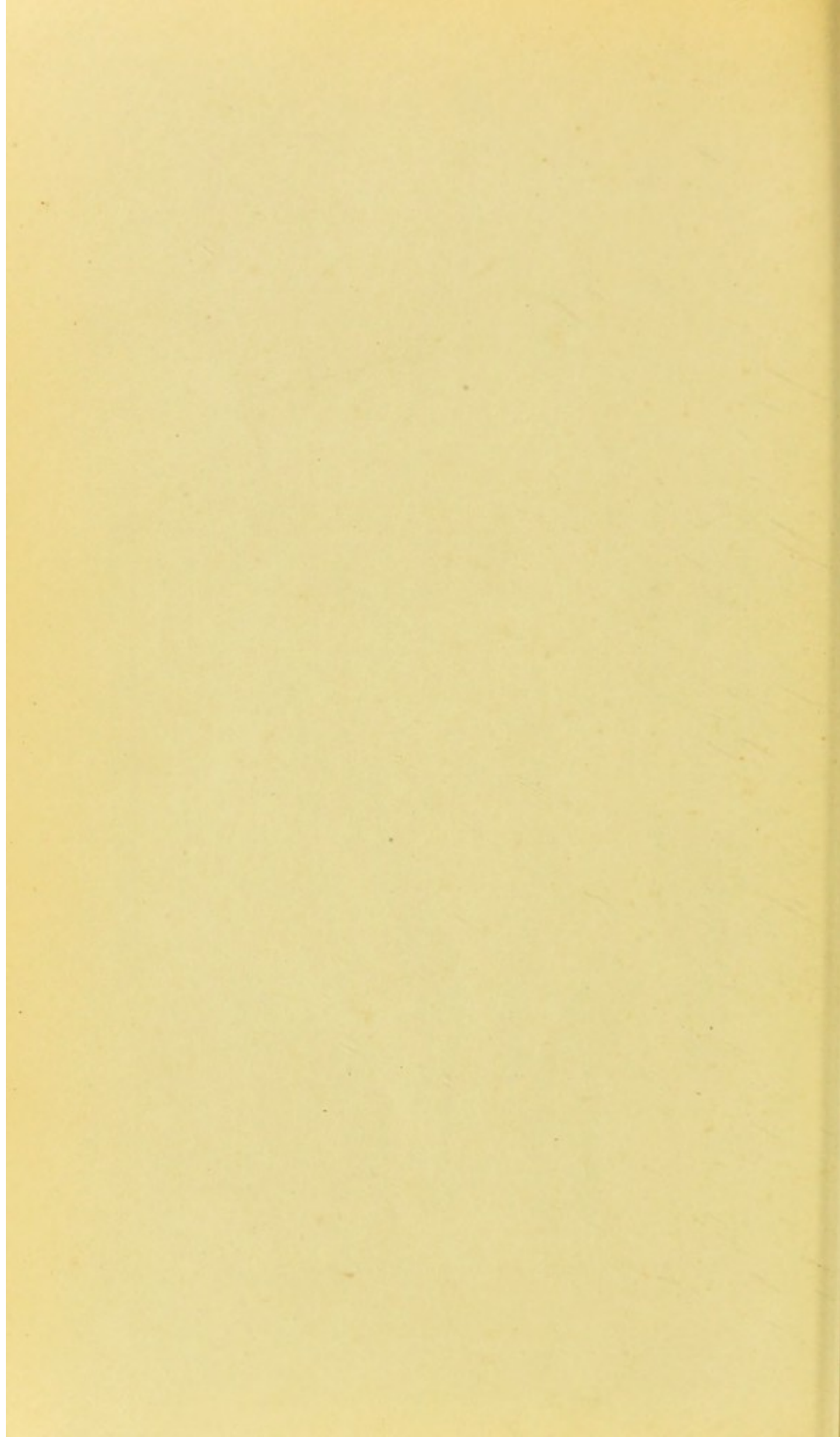
Primula sinensis

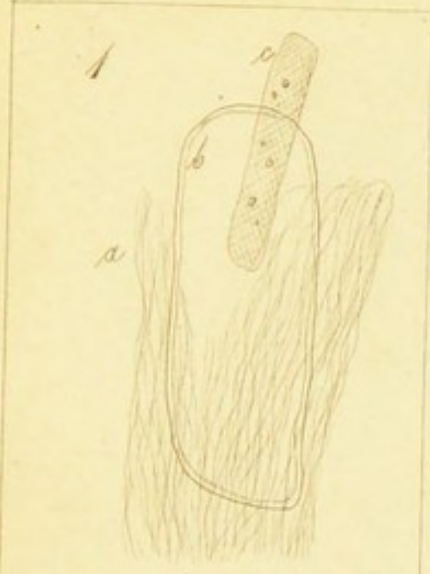


Cedogonium

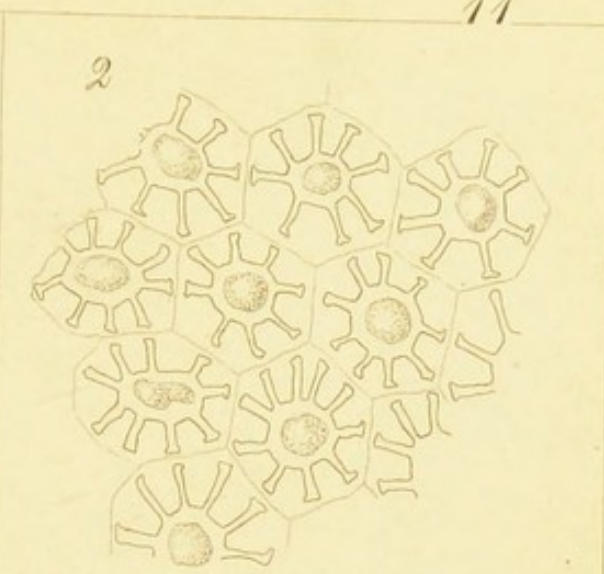


Heliotropium — *Sydonia* 6 *Stipa* 7 *Urtica*

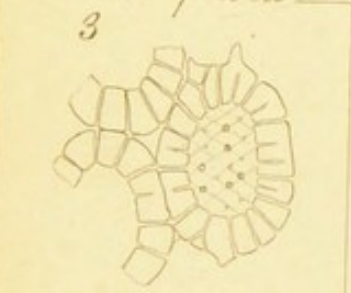




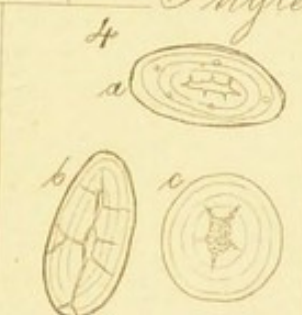
Cladophora



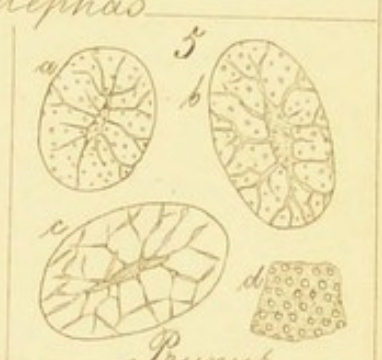
Phytalephas



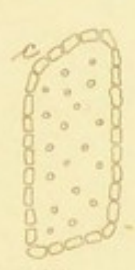
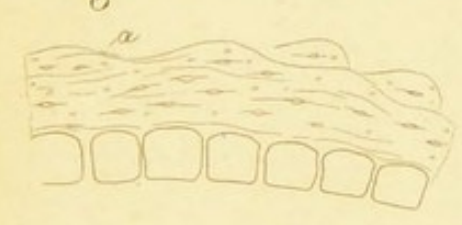
Hoya carnosa



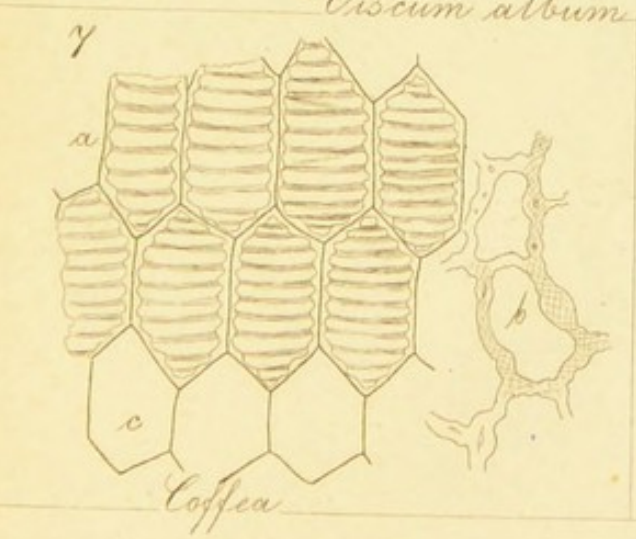
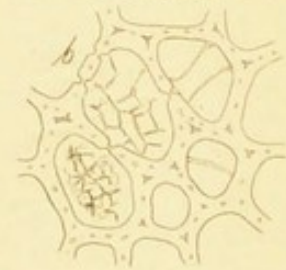
Phoenix



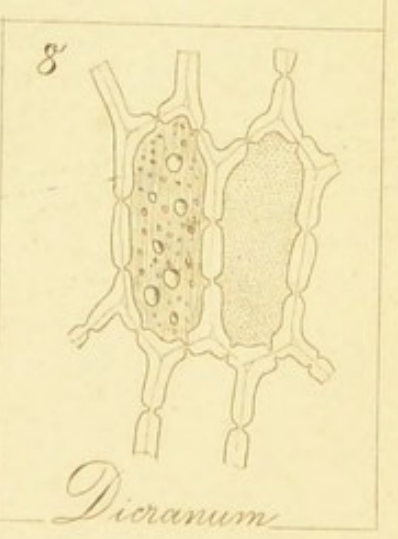
Prunus



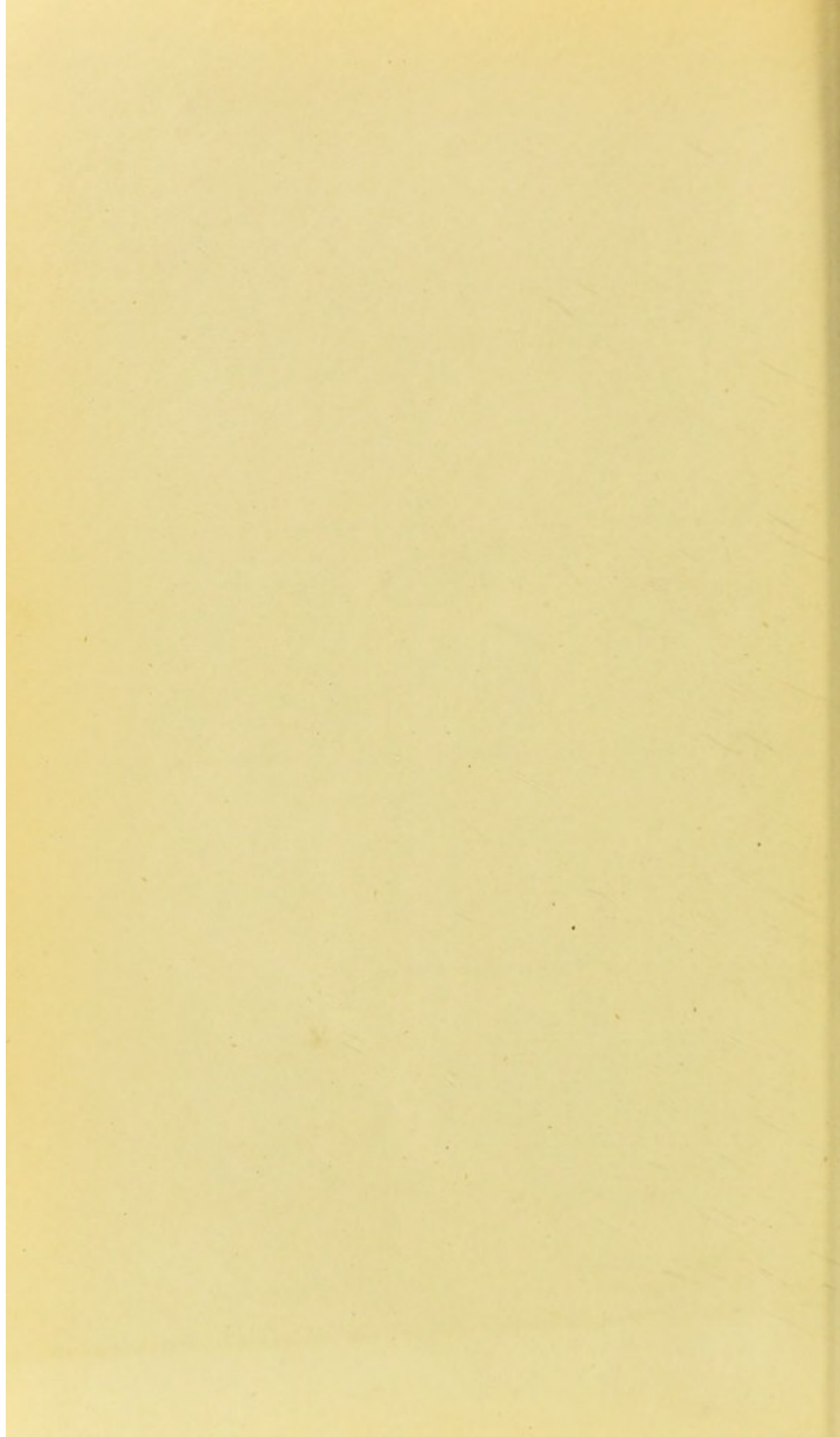
Viscum album

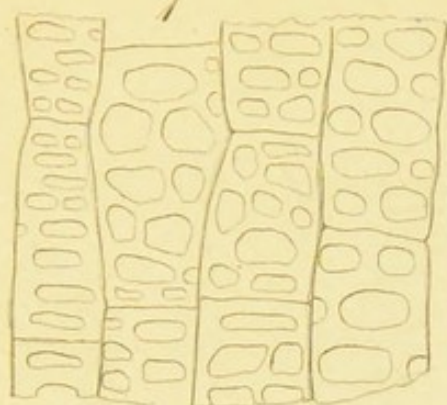
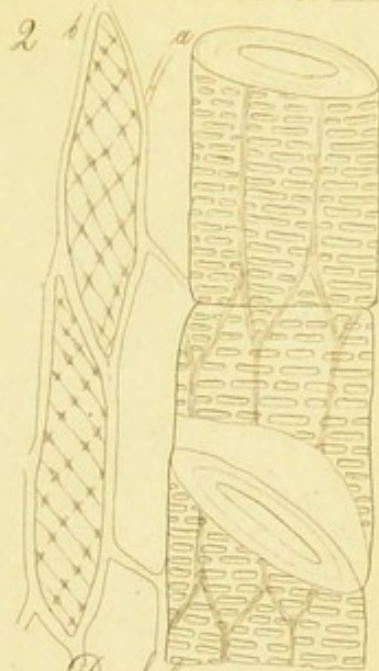
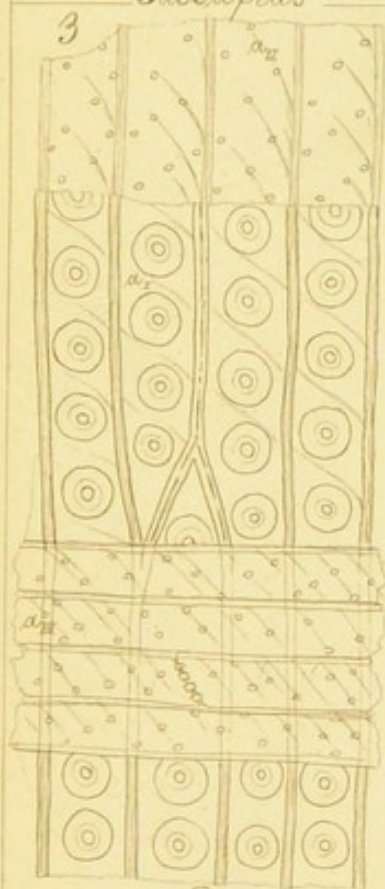
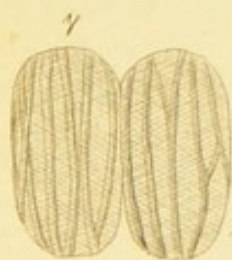
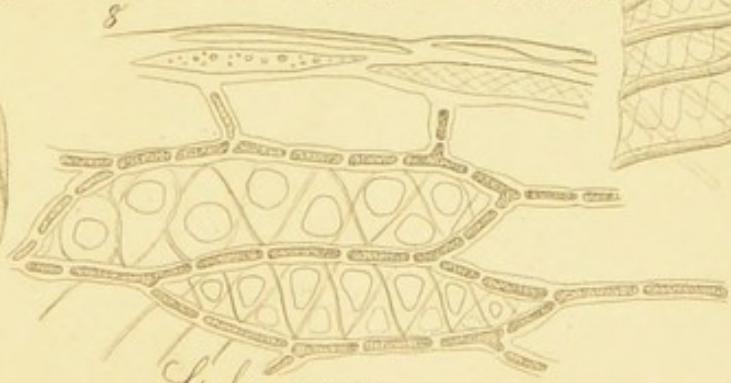


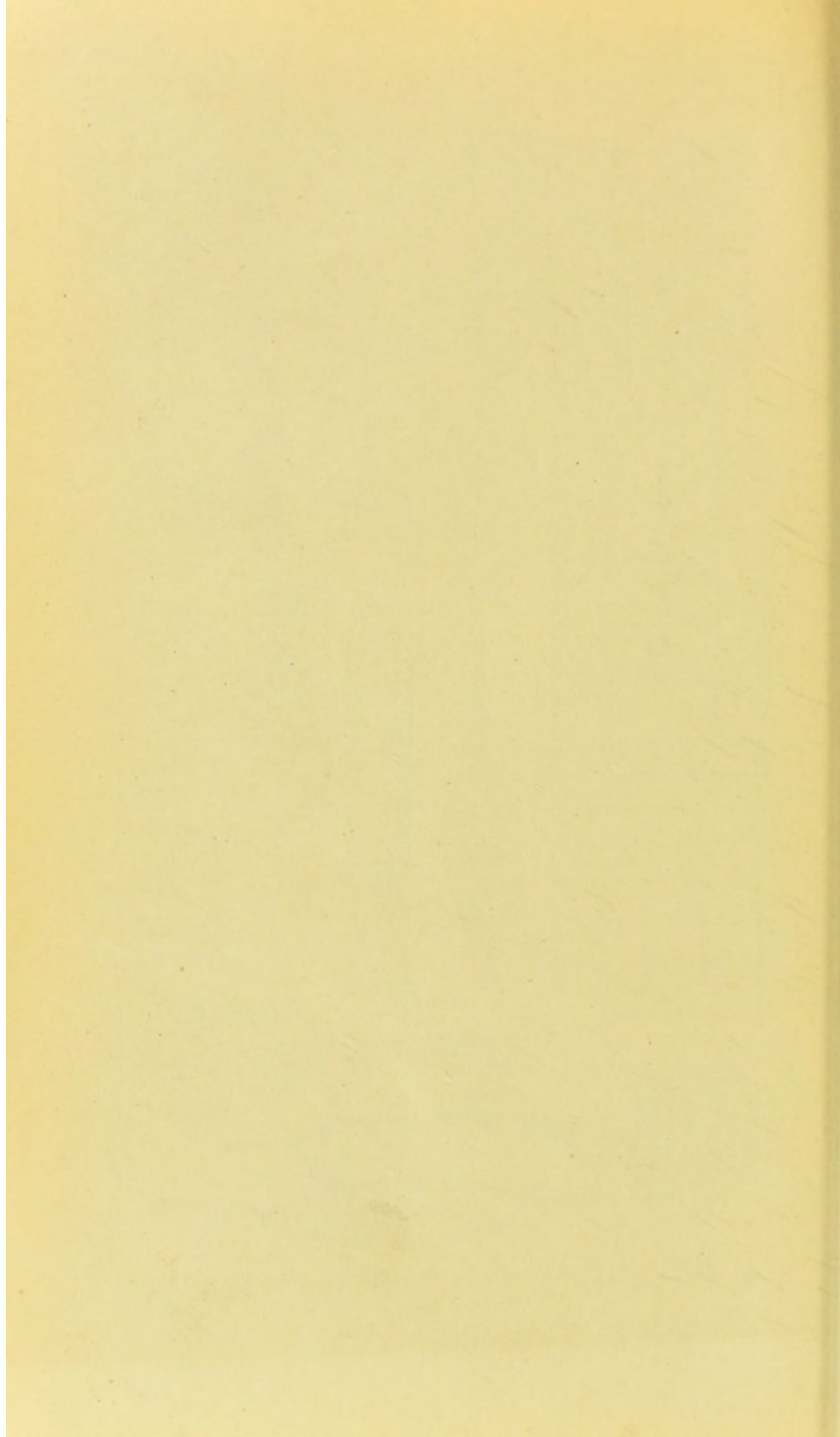
Coffea



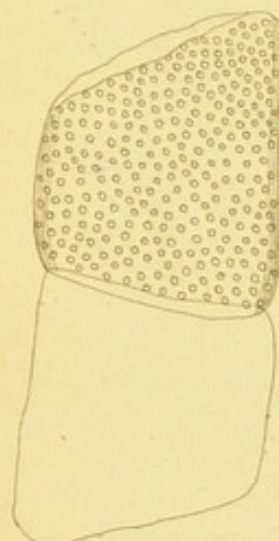
Dicranum



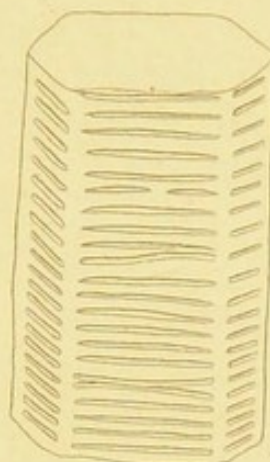
*Sassafras**Dahlia**Pinus**Folia**Calamus**Lilium**Sphagnum*



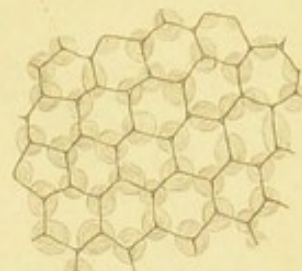
1



2



3

*Beta*

4

Guajacum

4

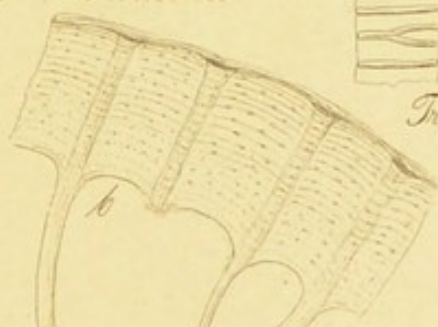
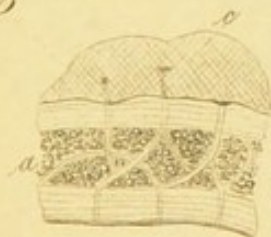
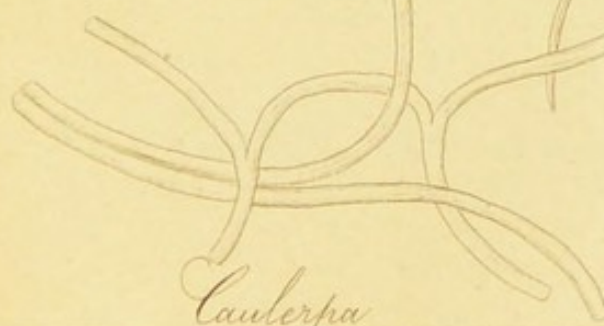
5

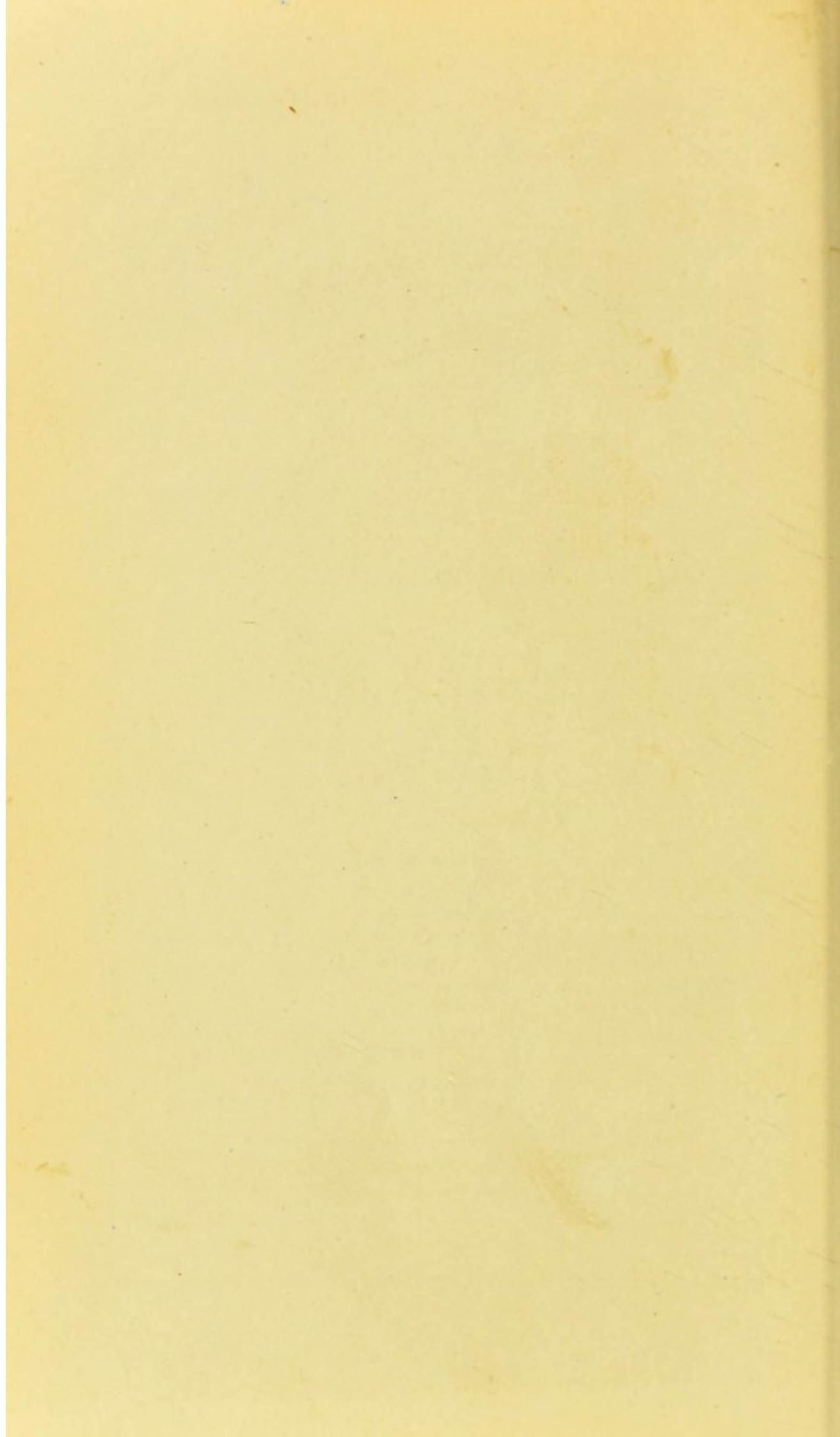
Sassaparilla

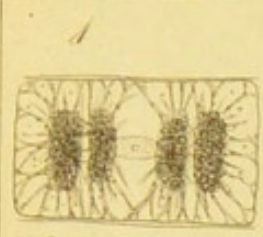
6

*Porrum*

8

*Brassica**Bromelia**Tropaeolum**Caulerpa*





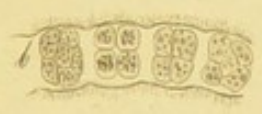
Lignema



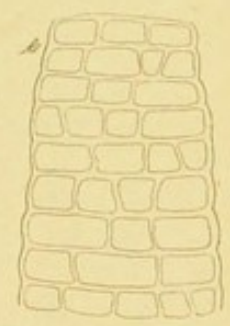
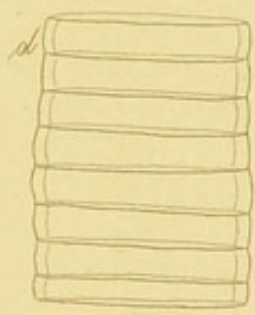
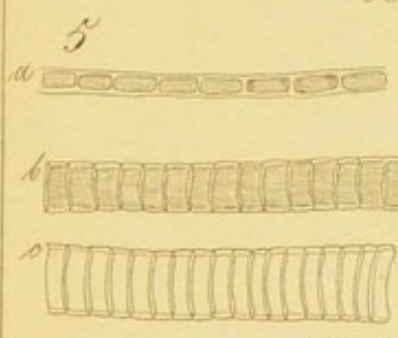
Spirogyra



Cladophora



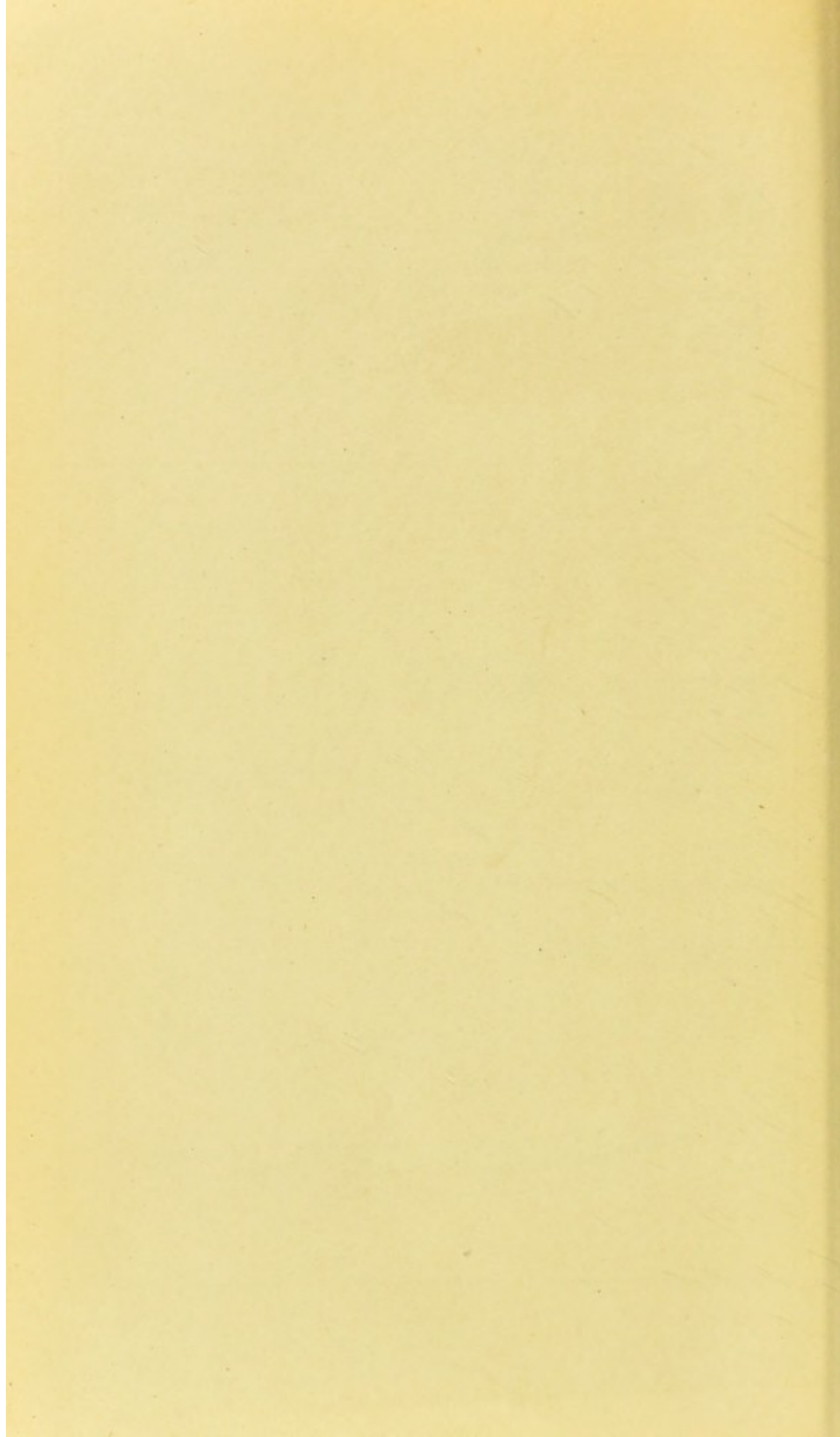
Ulothrix

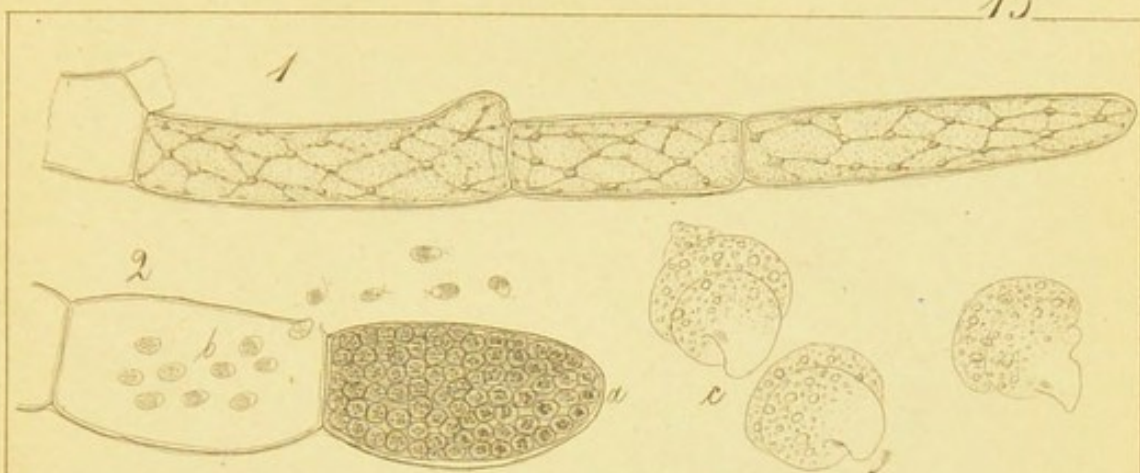
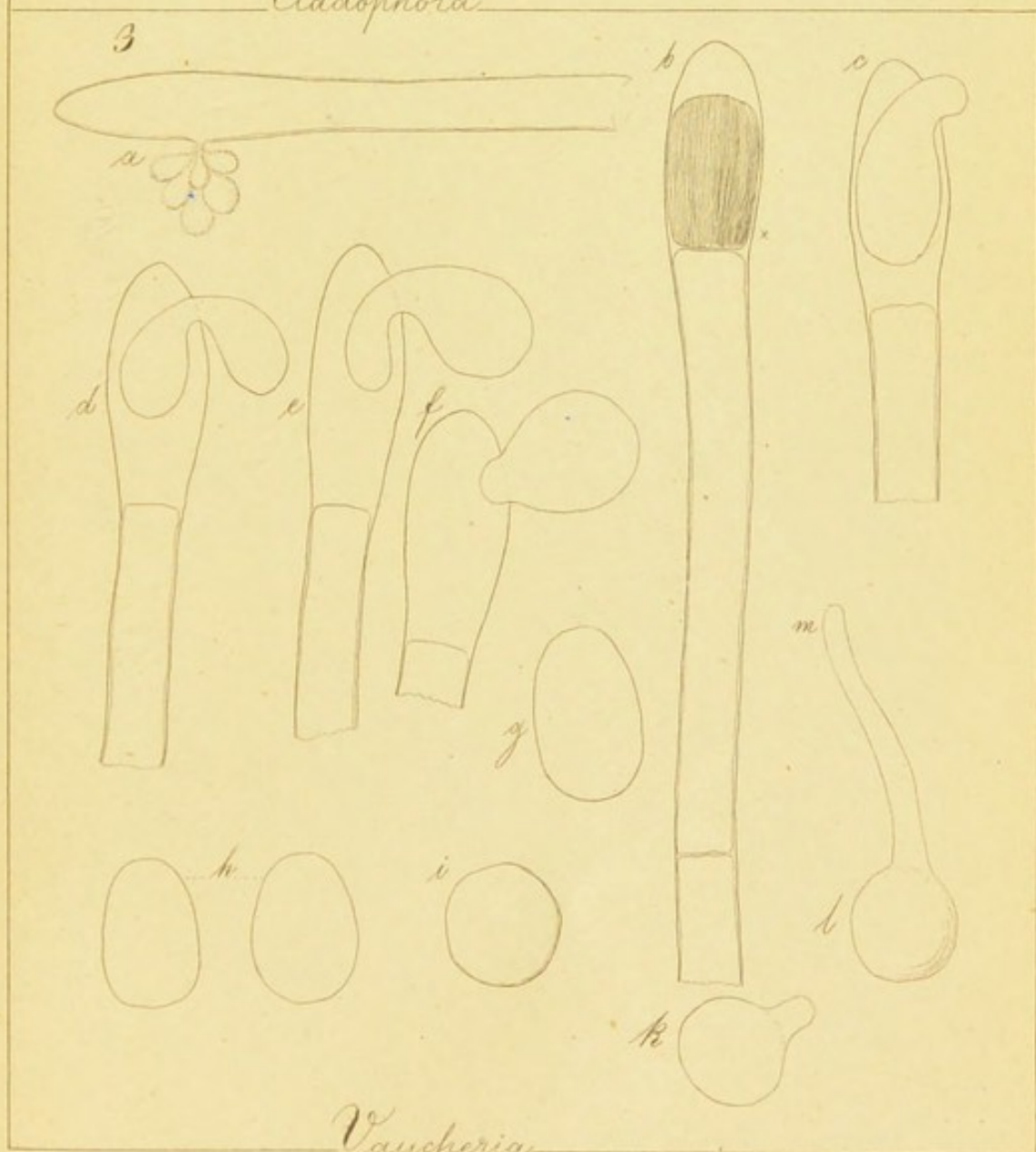


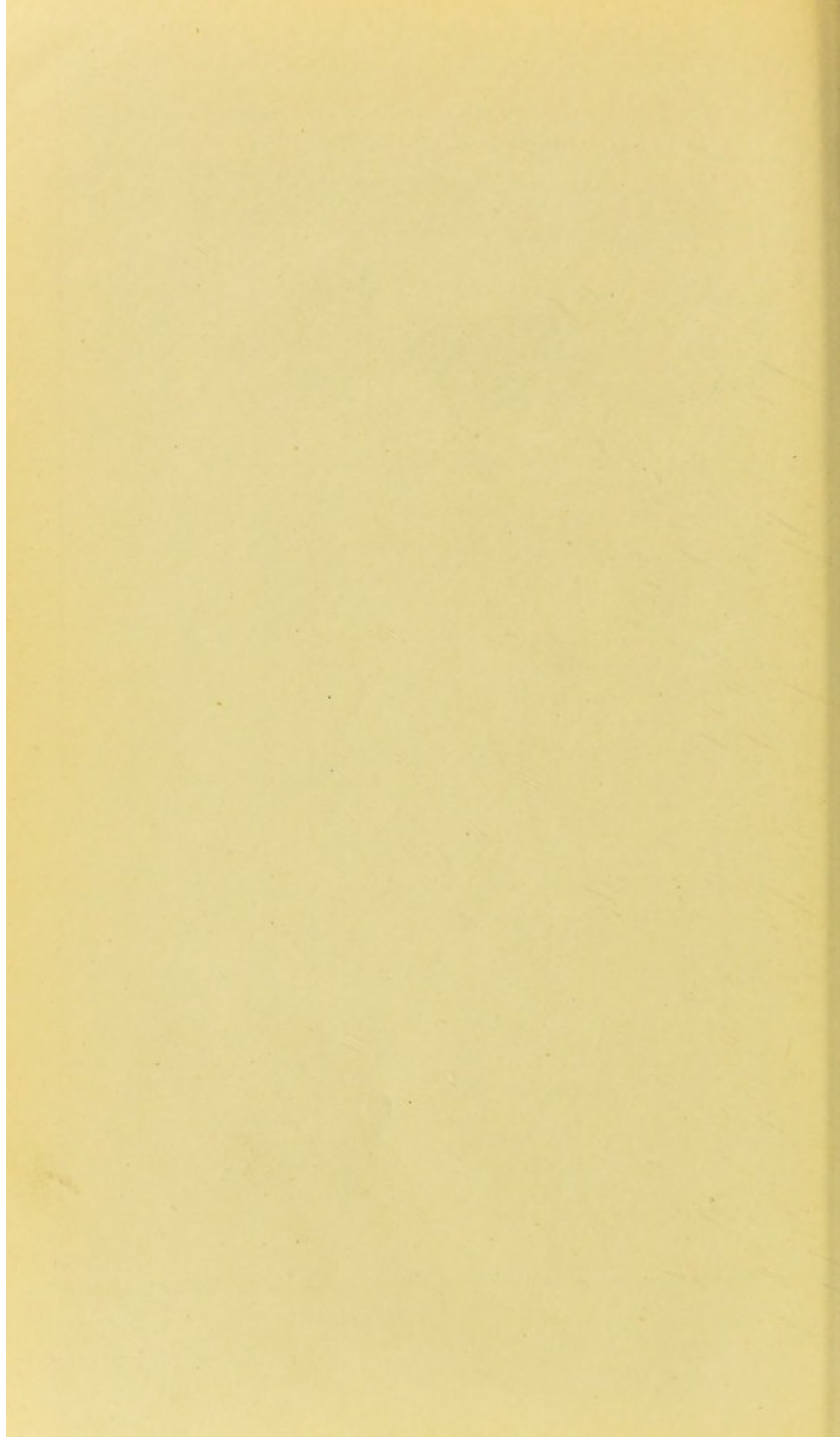
Schizomeris

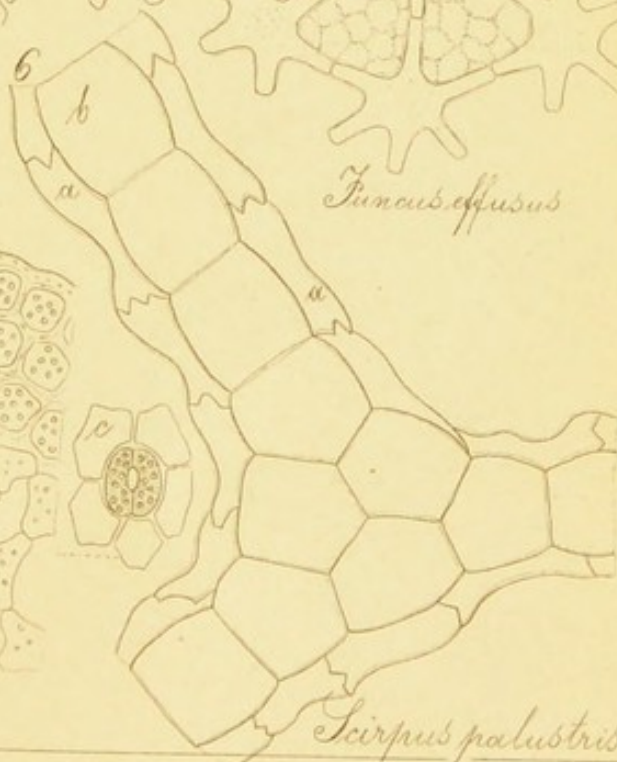
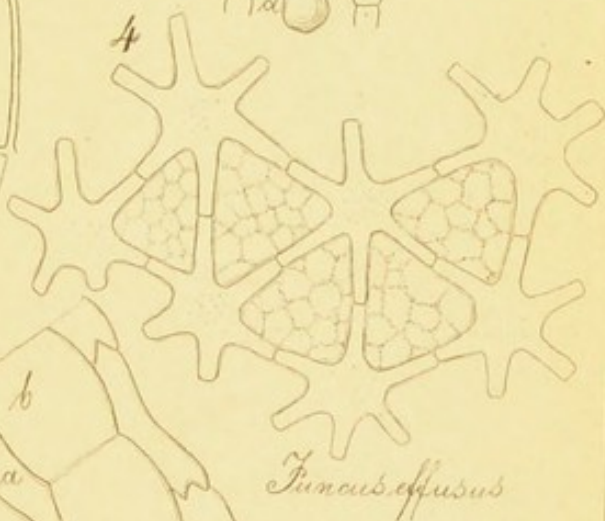
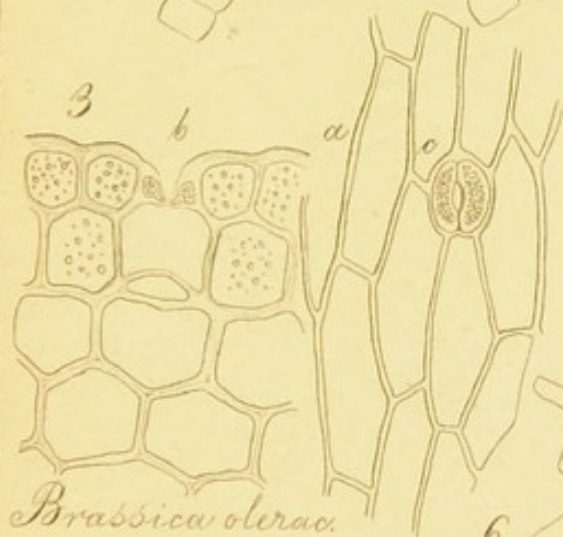
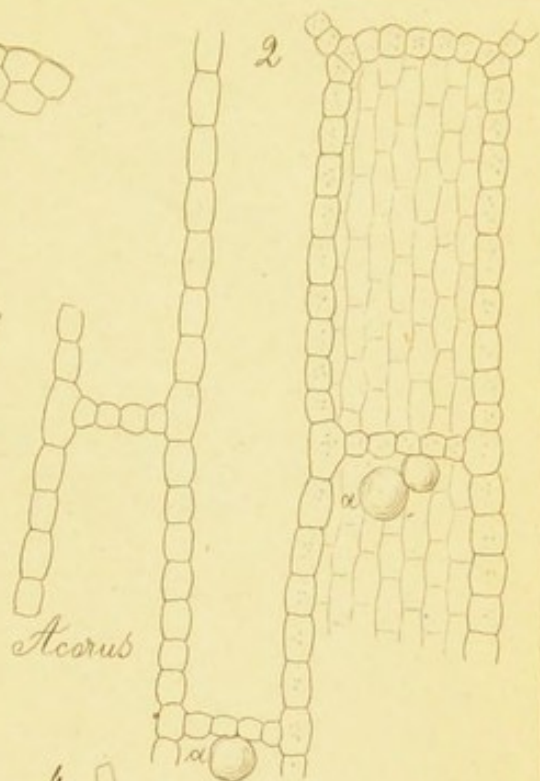
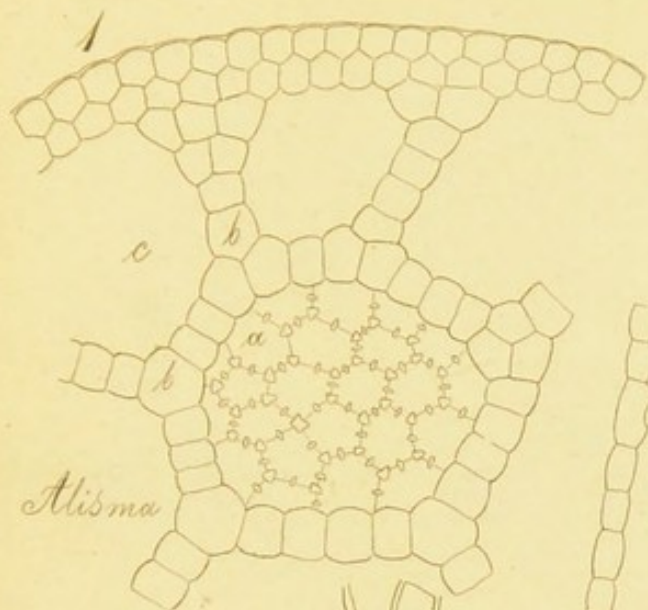


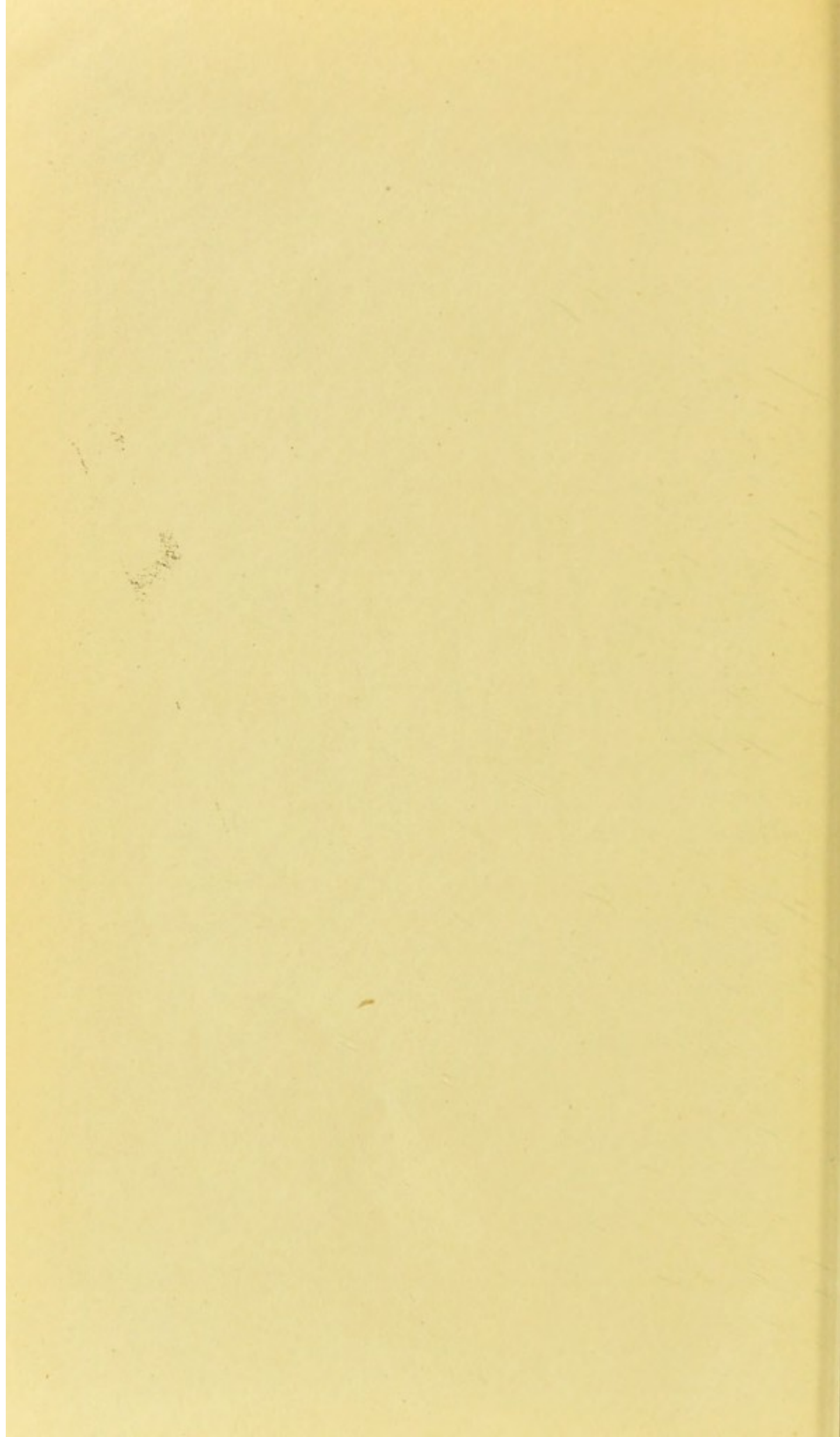
Mougeotia

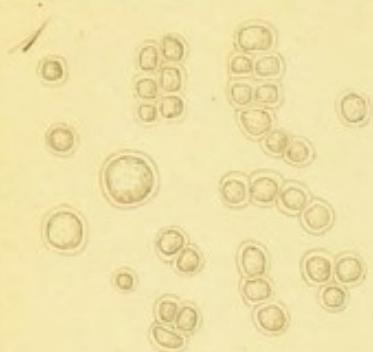
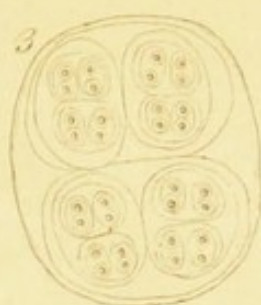
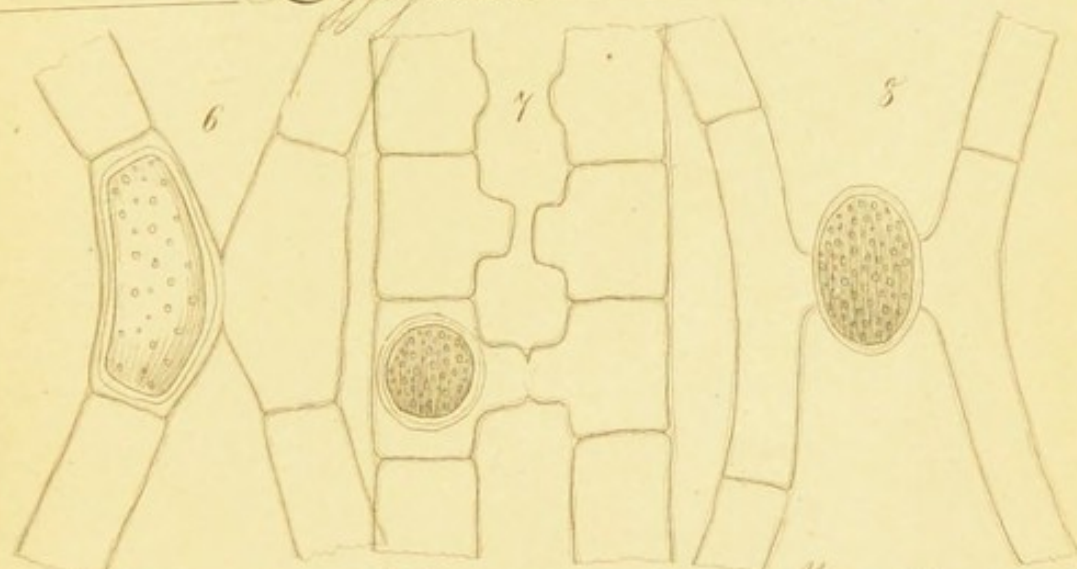
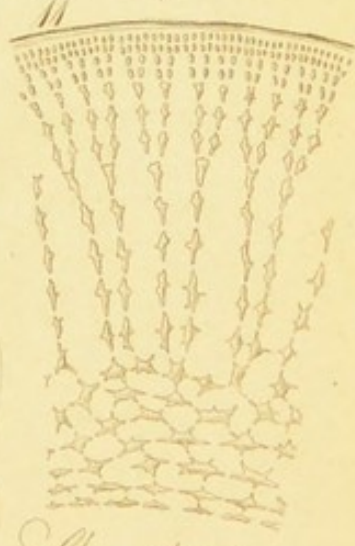


*Cladophora**Vaucheria*







*Protococcus**Gloeocapsa**Zygozoonium**Sirogonium**Zygnema**Mesocarpus**Dickcia**Cystoclonium**Gigartina*

