
This is a reproduction of a library book that was digitized by Google as part of an ongoing effort to preserve the information in books and make it universally accessible.

Google™ books

<https://books.google.com>





Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

- + *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.
- + *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.
- + *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.
- + *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

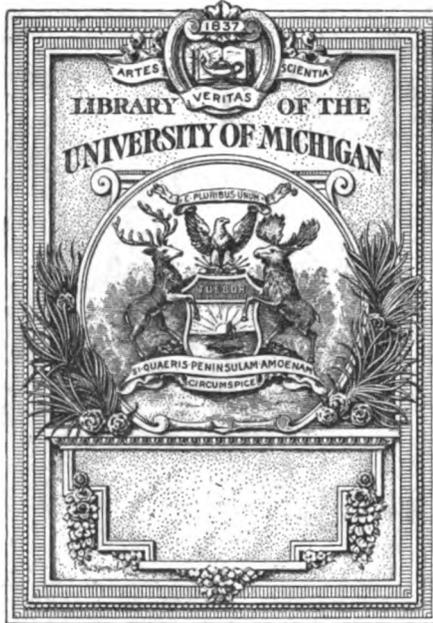
Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter <http://books.google.com> durchsuchen.

BUHR C



a39015 01502490 7b



SCIENCE LIBRARY

QK
55
.D64

Erläuternder Text

zum

33012

**Anatomisch-physiologischen
Atlas der Botanik**

für

Hoch- und Mittelschulen,

als: **Universitäten, Academien, land- und forstwirthschaftliche Hoch- und Mittelschulen, Lehrerseminarien,
Gymnasien, Real- und Secundarschulen etc. etc.**

enthaltend

42 colorirte Wandtafeln

herausgegeben

von

Dr. Arnold Dodel-Port, *ed.*

Professor der Botanik an der Universität Zürich, Ehrenmitglied der „Royal Microscopical Society“ in London,
Herausgeber des „Illustrierten Pflanzenlebens“ etc. etc.

und

Frau Carolina Dodel-Port

in Zürich.

Leipzig



Esslingen a. N.

Druck und Verlag von J. F. SCHREIBER.

1878—1883.

Alle Rechte vorbehalten.

W. & A. K. Johnston in Edinburgh und London. & N. Fenoult & Co. in St. Petersburg.
(Englische Ausgabe). (Russische Ausgabe).

Vorwort und Nachwort.

Als wir vor 5 Jahren dieses grosse Werk, das nun in den ersten 42 Tafeln gewissermassen zu einem vorläufigen Abschluss gekommen ist, in Angriff nahmen, da fanden wir es angezeigt, im „Prospect und Vorwort“ unseren Absichten folgendermassen Ausdruck zu geben:

„Der herzerfreuende Aufschwung, den die Naturwissenschaften in den letzten Jahrzehnten genommen haben, und die immensen Fortschritte, welche alle ihre Zweige von Tag zu Tag verzeichnen können, haben auch die Botanik zu Ehren gebracht und aus ihr eine Wissenschaft gemacht, die sich ebenbürtig an die Seite ihrer Schwester, der Zoologie, stellen darf.

Die Biologie beider Reiche, der Pflanzen- und der Thierwelt, ist zur Erkenntniss der Wahrheit gelangt, dass wir ein Wesen erst dann verstehen, wenn wir sein Werden erkannt haben. Zoologie und Botanik sind deshalb zu Wissenschaften der Entwicklungsgeschichte geworden. Damit ist für alle Zukunft der Kompass für die Weiterforschung gestellt: die Entwicklungsgeschichte dominirt heute in einer Weise, wie bisher noch nie, und sie wird sicher auch in Zukunft, sofern wir nämlich einen stetigen Fortschritt voraussetzen, die herrschende Richtung der Specialforschung bleiben; denn sie ist es, welche auch in den schwierigsten Fragen der Morphologie und der Systematik in letzter Instanz das entscheidende Votum abgibt.

Mit dem Fortschritt der biologischen Disciplinen wächst aber naturgemäss das Bedürfniss nach guten Lehrmitteln, nicht allein nach guten Lehrbüchern, die freilich für Schüler und Lehrer das erste Erforderniss darstellen, sondern auch nach tüchtigen Anschauungsmitteln für den mündlichen Unterricht und den lebendigen Vortrag. In erster Linie müssen dies gut gewählte und gut ausgeführte grosse Zeichnungen sein, welche als Wandtafeln während des Vortrages zur Demonstration gelangen.

Für die wissenschaftliche Botanik, wie sie dermalen auf Grund der Anatomie und Physiologie als Entwicklungsgeschichte der Pflanzenwelt nicht allein an allen Hochschulen, sondern auch bereits an den meisten guten Mittelschulen gelehrt wird, fehlt ein einschlägiges, den dringendsten Bedürfnissen entsprechendes Wandtafel-Werk. Das haben alle Lehrer an Hoch- und Mittelschulen seit jener Zeit täglich empfinden müssen, da die Entwicklungsgeschichte sich auch in den botanischen Lehrbüchern Geltung zu verschaffen anfang. Die Lehrer und Docenten der Botanik waren genöthigt, mit einem grossen Aufwand von Zeit und Geld sich selbst, jeder einzeln für sich, ein Tafelwerk herzustellen oder herstellen zu lassen. Das Bedürfniss nach einem gut gewählten und gut ausgeführten, billig zu beschaffenden Werke dieser Art wurde nachgerade zur Nothlage; denn die bis dahin gemachten, ganz anerkennungswerthen Versuche, für diesen oder jenen Zweig des botanischen Wissens ein gedrucktes Tafelwerk zu liefern, konnten für den gegenwärtigen Stand der Pflanzenkunde in keiner Weise Genüge leisten. — —

Nachdem nun von den Herausgebern im Verlauf

des Sommers 1877 drei Probeblätter (in der vorliegenden Ausgabe Tafel I. IV. und VI.) in Chromolithographie ausgeführt und an einige der hervorragendsten Botaniker Deutschlands zur Begutachtung versandt worden, fand das Projekt des Tafelwerkes auf der 50. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte zu München, in der botanischen Section so freudige Zustimmung, dass man frisch und fröhlich an die Verwirklichung des Ganzen denken durfte. Der detaillirte Programm-Entwurf, mit der Verzeichnung sämmtlicher 60 zur Ausführung proponirten Tafeln, wurde von den Herausgebern zur speciellen Begutachtung an nachstehende Herren Fachgelehrte versandt: Prof. Dr. **A. De Bary** an der Universität Strassburg, Prof. Dr. **Ferd. Cohn** in Breslau, Prof. Dr. **Carl von Nägeli** in München, Prof. Dr. **N. Pringsheim** in Berlin, Prof. Dr. **Julius Sachs** in Würzburg, Prof. Dr. **S. Schwendener** in Berlin und an Prof. Dr. **Eduard Strasburger**, damals an der Universität Jena.

Die genannten Vertreter der wissenschaftlichen Botanik, die gewiss eine überreiche Summe praktischer Erfahrungen repräsentiren, haben sämmtlich die Grundzüge des Projectes gutgeheissen, mit zuvorkommendster Freundlichkeit die Mühe einer einlässlichen Prüfung des Programmes auf sich genommen und ihre schriftlichen Gutachten den Herausgebern zur freien Benützung ausgefertigt; sie haben gleichfalls für die Zeit der Ausführung des Ganzen bereitwilligst allfällig nöthig werdenden Rath und Hilfe zugesagt.“ — —

Es wurde weiterhin im Prospect angegeben, dass der „Anatomisch-physiologische Atlas“ in 42 colorirten grossen Wandtafeln für alle Mittelschulstufen und für den academischen Unterricht vorerst in 7 Lieferungen à 6 Blätter zu erscheinen habe, während weitere 18 Blätter in drei Supplementslieferungen erscheinen sollten, welche vorwiegend für den academischen Unterricht bestimmt würden. Von dieser Ausscheidung in Lieferungen von zweierlei Charakter, wovon die Supplemente aus „pädagogischen“ Gründen für die Mittelschulen auszuschliessen wären, sind die Bearbeiter des Atlas auf die Zusprüche von massgebendster Seite, nämlich von bewährten Lehrern an Mittelschulen, abgegangen. Letztere, welche in Sachen des pädagogischen Tactes das erste Wort über das zu reden haben, was vom Mittelschul-Unterricht auszuschliessen sei und nicht, haben die Herausgeber während der Bearbeitung des Werkes wiederholt gebeten, alle Bedenken fallen zu lassen und in den Tafeln ohne irgend welche andere Rücksichten alles das darzustellen, was vom Standpunkt der Wissenschaft aus in erster Linie zu berücksichtigen sei. Und so ist es denn auch geschehen. So enthalten denn die vorliegenden 42 ersten Tafeln des „Atlas“ in der That diejenigen Nummern des auf 60 Blätter berechneten Werkes, welche nach unserem Dafürhalten den Grundstock für alles Weitere bilden sollen. Sie enthalten die interessantesten und wissenschaftlichsten, mit der Kreide an der Wandtafel kaum hinreichend klar darstellbaren Gegenstände aus allen Abtheilungen des Pflanzenreichs, vorwiegend entwicklungsgeschichtlicher und anatomisch-physiologischer Natur.

II.

„Das ganze Werk — so sagten wir im Prospect von 1878 — wird also ein Anschauungsmittel für den Klassenunterricht in der „allgemeinen“ wie in der „speciellen“ (systematischen) Botanik abgeben und dem Lehrer der Pflanzenkunde ein unersetzliches Supplement zu jedem guten Lehrbuch der Botanik sein. Da die zur Darstellung gelangenden Objekte aus allen Klassen des natürlichen Systems, von den niedersten Algen und Pilzen bis hinauf zu den höchstentwickelten Dicotyledonen entnommen werden; da ferner nebst der Entwicklungsgeschichte auch die Anatomie und Physiologie in gut gewählten Objekten, ohne einseitige Bevorzugung irgend einer Disciplin — Berücksichtigung finden soll: so wird der „Anatomisch physiologische Atlas der Botanik“ auf allen Stufen des botanischen Unterrichtes und in allen Zweigen des botanischen Wissens verwendbar sein.

Und da die Herausgeber dem Grundsatz huldigen: „Das Beste ist für die Schule gerade gut genug“, so haben sie bei der Schaffung dieses Werkes nicht allein die Bedürfnisse der Hochschule, sondern auch diejenigen der Mittelschule in's Auge gefasst. Hier wie dort ist die lebendige Natur die beste Lehrerin und Erzieherin; ein künstliches Anschauungsmittel will aber die Natur ersetzen und das ist nur dann in zweckdienlicher Weise möglich, wenn die Bilder von Naturgegenständen wahr sind. Die Schüler aller Unterrichtsstufen werden häufig so sehr mit schematischen Darstellungen aller Art wahrhaft gemisshandelt, dass sie gerade deswegen das richtige Verständniss der lebenden Naturkörper nicht erlangen. Es gilt dies namentlich von den beim botanischen Unterricht zur Sprache kommenden mikroskopischen Objekten, wie sie die pflanzlichen Zellen und Zelltheile, die Gewebe der höheren Gewächse und die mikroskopischen Pflanzen als Ganzes darstellen. Gegen diesen Nothstand könnte die Demonstration mikroskopischer Präparate die besten Dienste leisten, allein das Vorweisen und Demonstrieren von zahlreichen Objekten am Microscop selbst ist für den Klassen-Unterricht eine Unmöglichkeit und wäre dies Alles auch möglich, so müssten selbst bei mikroskopischen Demonstrationen gute Tafeln erst recht treffliche Dienste leisten, wie jeder erfahrene Pflanzen-Anatom und Physiologe alsbald einsieht.

Naturgetreue, wissenschaftlich zuverlässige Wandtafeln können beim Klassen-Unterricht und bei Vorlesungen die Vorweisung der Naturkörper selbst am besten ersetzen; sie belehren mehr als das lebendige Wort; sie herzustellen ist Pflicht der Wissenschaft, welche ja in ihrem eigenen Interesse arbeitet, wenn sie der Schule die besten Mittel an die Hand gibt, um die jungen Generationen zum Naturerkennen zu erziehen. In diesem Sinne haben die Herausgeber mit der freudigen Zustimmung berühmter Fachgelehrter und gewiegener Pädagogen diese schwere Aufgabe in die Hand genommen.“

Soweit der „Prospect“ und das „Vorwort“ vom April 1878.

Haben die Herausgeber des „Atlas“ ihre Versprechungen gehalten? — Darüber lassen wir die Abonnenten ihr Urtheil abgeben. Fünf Jahre der schönsten und der besten Zeit sind bis jetzt in der Lösung dieser Aufgabe unter anstrengender Arbeit,

unter grossen vielseitigen Opfern dahingegangen. — Ob es sich überhaupt für einen Forscher lohnt, seine Kraft an solche Werke zu verwenden, die — abgesehen vom materiellen Erfolg, der gewöhnlich ausbleibt und auch hier nicht erwartet wurde — in den Annalen des wissenschaftlichen Fortschrittes so häufig über die Achsel angesehen werden? Wäre es nicht angezeigter, die vielen hundert Stunden mikroskopischer Vorarbeiten, die solche Tafelwerke nothwendig machen, an Specialforschungen auf dem Gebiete des strengfachmännischen Arbeitens zu verwenden? — Auch darüber mögen die zahlreichen Abonnenten deutscher, englischer, russischer und anderer Zungen Antwort geben.

Gold und Silber hat uns diese Arbeit nicht gebracht; aber es gibt, wie in vielen andern Fällen, eine höhere Genugthuung als der Anblick einer materiellen Ernte: es ist die Satisfaction derer, welche Rechtes schaffen, um das Gute und Schöne zu fördern. Und diese Satisfaction ist uns in überreichem Masse durch die freundliche Aufnahme, die geradezu begeisterte Begrüssung zu Theil geworden, welche das Werk während seines Erscheinens von Jahr zu Jahr erfahren hat. Kein abfälliges Wort wurde ihm in den Weg gelegt, im Gegentheil ist gerade von fachmännisch-competenter Seite das schwere Wort in die Schale gelegt worden: „diese Tafeln werden für das Studium der Botanik mehr begeistern, mehr anregen, fördernder wirken, als ein Jahrzehnt emsigen Schaffens irgend eines berufensten Specialforschers“ — Und dass dem manchenorts so ist, das constatiren die vielen Zuschriften, die den Herausgebern aus Deutschland, England, Russland, Oesterreich, Italien, Amerika und sogar vom Cap der guten Hoffnung zugesandt wurden.

Es haben denn auch die Engländer eine eigene Ausgabe dieses Werkes mit englischem Text haben wollen; ebenso besitzt Russland eine besondere Ausgabe unserer Tafeln. So ist denn zur Stunde unser „Atlas“ nicht nur in Deutschland und den österreichisch-deutschen Provinzen, sowie in der Schweiz, sondern auch an englischen, nord-amerikanischen und russischen Schulen, nebstdem in Belgien und Holland, in Portugal und Schweden, in Frankreich und Italien, in Ungarn, Mähren, Kroatien, Galizien, Polen, in Böhmen, Steiermark und in Istrien etc. verbreitet. Auch verdient dankend hervorgehoben zu werden, dass das kgl. preussische Landwirtschafts-Ministerium für die dortigen landwirthschaftlichen Mittelschulen im Abonnentenverzeichniss mit 21 Exemplaren figurirt. Dieser Erfolg war nicht nur für den Herrn Verleger zur Fortsetzung des Werkes nöthig, sondern ebenso nothwendig für die Herausgeber, wenn sie in ihrem mit grossen Opfern verbundenen Schaffen nicht die Arbeitsfreude einbüssen sollten. So gebührt denn auch den braven Abonnenten, die sich frühzeitig eingestellt haben, ein nicht zu unterschätzendes Verdienst am Gelingen des Werkes, was wir Herausgeber hiemit ausdrücklich dankend anerkennen. Mit besonderer Freude constatiren wir an dieser Stelle auch die Thatsache, dass die **zürcherischen Erziehungs-Directoren** vom Entwurfe des Projektes (1877) an bis zur Vollendung dieser vorliegenden Theile des Atlas am Gelingen des Ganzen ein reges Interesse bekundeten und diesem Interesse in einer

III.

höchst anerkennenswerthen jährlichen Subvention Ausdruck gaben, wofür wir hier speciell unsern Dank aussprechen.

Die 42 vorliegenden Tafeln, über deren Bedeutung und systematische Anordnung wir im folgenden Abschnitt (Einleitung) summarisch referiren, bilden den Grundstock des ganzen auf 60 Blätter projectirten Anschauungsmittels. Die 18 folgenden Blätter werden entweder als einzeln oder insgesamt auf einmal erscheinende Supplemente ausgegeben werden und es wird in ihrem pädagogischen und wissenschaftlichen Werth gegenüber den 42 ersten Blättern kein Wechsel eintreten. So glauben wir denn, dass die bisherigen Abonnenten, welche ohne Zweifel die Beobachtung gemacht haben, dass die Sorgfalt der wissenschaftlichen und künstlerischen Durchführung von Lieferung zu Lieferung sich gesteigert hat, auch den Supplementslieferungen treu bleiben werden, da sich letztere an die gleiche Adresse richten, wie jene ersteren, und am Fortschritt der Wissenschaft und Technik noch in höherem Masse participiren sollen, als die bis jetzt erschienenen 7 ersten Lieferungen.

Es erübrigt uns noch, an dieser Stelle jener verdankenswerthen Hülfe und Förderung zu gedenken, die uns von Seite der eingangs erwähnten Fachgenossen, welche das Programm feststellen halfen, also von den Herren Professoren **De Bary**, **Ferdinand Cohn**, **Carl von Nägeli**, **N. Pringsheim**, **Julius Sachs**, **S. Schwen-**

dener & E. Strasburger in Rath und That zu Theil wurden. Ebenso sind wir dem deutschen Darwin auf dem Felde der Blumen-Biologie: Herrn Dr. **Hermann Müller in Lippstadt** für Rath und Hülfe dankbar; ein Gleiches gilt gegenüber Herrn Professor **Stahl** in Jena, Herrn Prof. Dr. **O. Kirchner** in Hohenheim, von denen wir Originalzeichnungen für unsere Tafeln benützt haben. Nicht minder sind wir jenen Fachgenossen und Pädagogen dankend verbunden, welche uns durch sympathische Zusprüche und durch Empfehlungen des „Atlas“ in stärkender Weise aufgemuntert haben; wir nennen an dieser Stelle unter Anderen die Herren Professoren Dr. **Julius Wiesner**, und Dr. **Joseph Böhm** in Wien, ferner Herrn Dr. **Karl Müller** in Halle a. S., Herrn Prof. **Duchartre** (membre de l'Institut) in Paris, Herrn Prof. Dr. **M. Woronin** in St. Petersburg, Herrn **C. Armbruster** in London, Herrn Prof. **Mac Owan** in Cape-Town, Cap der guten Hoffnung, Herrn Prof. **D. M. Alpine** in Edinburgh und Herrn Dr. **W. J. Behrens** in Göttingen.

Der verdientesten Einer, welche am Fortgang unseres Werkes regen Antheil genommen, ist leider nicht mehr unter den Lebenden: **Charles Darwin**, der auch dieser Sache gegenüber seine unsterbliche Grösse durch rege Theilnahme und Aufmunterung bekundete. Er hat an manchem dieser Blätter seine helle Freude gehabt — möge diese nun an seine kommenden Schüler übergehen!

Zürich, 16. Januar 1883.

Prof. Dr. Arnold Dodel-Port.
Carolina Dodel-Port.

Systematische Uebersicht und orientirende Einleitung.

Die vorliegenden 42 Tafeln enthalten zusammen **281** colorirte Figuren, zum Theil in natürlicher Grösse, nur einige wenige sind verkleinert, während die grosse Mehrzahl mikroskopische Objecte in verschiedenen Vergrösserungen darstellt. Die lineare Vergrösserung, auf den Tafeln jeweilen durch einen Bruch mit dem Nenner 1 angegeben, schwankt von 2—10, 20, 50, 100—500, 1000—2000, ja bis 12000.

Nur 5 Tafeln enthalten Figuren, die sämmtlich als Copien von Originalzeichnungen anderer Autoren zu betrachten sind. Die übrigen **37** Tafeln sind somit als Original-Arbeiten der Herausgeber zu betrachten, wofür letztere die ganze Verantwortung auf sich nehmen. Aus dem Umstand, dass manche dieser Tafeln wochen- und monatelange Vorstudien am Mikroskop und in freier Natur nothwendig machten, um die passenden, natürlich colorirten Originalzeichnungen zu gewinnen — zwei Tafeln (*Polysiphonia* und *Cystosira*) machten jeweilen einen mehrwöchigen Aufenthalt an der zoologischen Station in Triest nothwendig — mag bemessen werden, welchen Zeitaufwand dieses Tabellenwerk in Anspruch nahm. Freilich ist bei diesen Arbeiten, die als eigene Untersuchungen in die Rechnung kommen, auch manches Neue in Sachen wissenschaftlicher Forschung abgefallen, was wir an anderer Stelle mittheilten und noch mitzutheilen haben.

Von den 42 Tafeln enthalten 21, also genau die Hälfte, Objekte aus der Entwicklungsgeschichte und Physiologie der Kryptogamen, während die 21 anderen das Phanerogamen-Reich betreffen. Die starke Vertretung der blüthenlosen Gewächse motiviren wir durch den Umstand, dass gerade das Kryptogamen-Reich bis jetzt in verwandten Tafelwerken für verschiedene Schulstufen sehr wenig Berücksichtigung fand und meist durch schlechte Darstellungen in kaum nennenswerther Weise gewürdigt wurde, während doch die verschiedenen Kryptogamenklassen in neuerer Zeit nicht nur ein biologisches Interesse gewannen, wie kaum je eine Ordnung der Blütenpflanzen, sondern auch durch die modernen Pilzforschungen zu einer praktischen Bedeutung gelangten, welche bisher keiner andern Pflanzenklasse zukam. Letzterem Umstande haben wir in den drei Tafeln mit den Spaltpilzformen, dem Milzbrandpilz und dem Getreiderostpilz (Tab. II. III. und XV.) Rechnung getragen. Ein befriedigendes Verständniss von der Entwicklungsgeschichte des Pflanzenreiches ist nicht gedenkbar ohne die Kenntniss der hauptsächlichsten Entwicklungsreihen in den Kryptogamen-Classen. Wir glauben, in der Auswahl der dargestellten blüthenlosen Pflanzen das Richtige getroffen zu haben, um es dem Lehrer der Botanik zu ermöglichen, einen anschaulichen Unterricht in den unbedingt nothwendigen Kenntnissen der Kryptogamenkunde zu geben.

Die meisten Tafeln der 2ten Hälfte beziehen sich auf die Entwicklungsgeschichte der Blütenpflanzen, auf die Morphologie der Blüthe, auf die Anatomie der wesentlichsten Theile und auf die Biologie der Blüthe, wobei wir den epochemachenden Erforschungen der

Wechselbeziehung zwischen Insekten und Blumenwelt gerecht zu werden suchten. Gerade diese letzteren Beziehungen und deren richtige Erkenntniss, die wir den Forschungen eines **Konrad Sprengel**, eines **Charles Darwin**, eines **Hermann Müller**, **Fred. Delpino** u. A. verdanken, haben über die wissenschaftliche Botanik einen fast wunderbar zu nennenden Lichtzauber ausgebreitet, der in strengwissenschaftlicher Wahrheit zugleich die Poesie personificirt. Jetzt wird es eine Freude sein, in der Schule — auf allen Stufen des Unterrichtes — Botanik zu lehren; denn die Geheimnisse der Farbenpracht, des Wohlgeruches und der Honigabsonderung liegen nun unverhüllt am lichten Tage und unsere Blumenkenntnisse werden zum Schlüssel der schönsten Räthsel unserer lebendigen Pflanzenwelt.

Die beiden Tafeln XXVIII. (*Elodea canadensis*) und XXIX. (*Erythrotis*) behandeln speciell einige der wichtigsten physiologischen Vorgänge im Zellinnern: Circulation und Rotation des lebendigen Plasmas, woran bei Besprechung dieser Vorgänge passend auch die Tafel IX. (*Chara fragilis*) angereicht wird.

Im Uebrigen haben wir eingangs des Textes die Darstellung der Hauptobjekte noch eingehender motivirt und verweisen wir desshalb auf den Text selber. Unschwer wird man im ganzen Tafelwerk den leitenden Gedanken erkennen: es ist die entwicklungsgeschichtliche Idee in der Betrachtung unserer lebendigen Pflanzenwelt. Ihr gehört die Forschung der Gegenwart und ihr wird auch die Zukunft gehören.

Unsere Tafeln sind in ordnungsloser Folge im Verlauf der Jahre 1877—1882 bearbeitet und auch in ordnungsloser Folge herausgegeben worden. Es erübrigt uns noch, in Nachstehendem die systematische Anordnung der Tafeln sowohl als des zugehörenden Textes, letzterer ca 23 Druckbogen umfassend, zur definitiven Nummerirung zu bringen.

Die folgende Tabelle dient für den Buchbinder zur Wegleitung bei der Aufklebung der Etiquetten mit den Tafelnummern, sowie beim Einbinden des nunmehr systematisch zu ordnenden Textbandes, zugleich aber auch als Inhaltsregister zu letzterem.

Es dürfte am rathlichsten sein, die dem letzten (VII.) Textheft beigelegten Etiquetten je oben am Kopf der einzelnen Tafeln aufzukleben und zwar derart, dass man bei Taf. I. die Etiquette oben rechts in die Ecke der Bildfläche setzt, bei Taf. II. um einige Millimeter mehr nach links, bei III. wieder einige Millimeter mehr nach links u. s. f., so dass bei der letzten Tafel (XXXXII.) die Etiquette ganz links oben an die Bildfläche zu stehen kommt. Hiebei vermeidet man das Aufthürmen sämmtlicher 42 Etiquetten auf derselben Stelle der Tafeln, so dass in Folge des Aufklebens kein sichtbarer Wulst entsteht.

Beim Einbinden des Textes müssen die Hefte sorgfältig aufgelöst, und die Texte zu den geordneten Tafeln in angegebener Weise endgiltig zusammengestellt werden, was ja leicht zu bewerkstelligen, da der Text zu jedem Tafeltitel für sich ein isolirtes Ganzes bildet.

Index

zu den systematisch geordneten Tafeln und zum definitiv geordneten Textband.

Definitive Tafelnummer.	Benennung der Tafeln.	Deutsche Benennung	Definitive Nummer der Texttitel.	Systematisch geordnete Texttitel.	Auslieferung:
I.	<i>Drosera rotundifolia</i> , L.	Der rundblättrige Sonnenhaub	1.	<i>Drosera rotundifolia</i> , L.	I.
II.	Schizomyces	Spaltpilz, verschiedene Formen	2.	Schizomyces	III.
III.	Bacterium Anthracis	Der Milzbrand-Pilz	3.	Bacterium Anthracis	III.
IV.	<i>Volvox globator</i> , L.	Die gemeine Kugelpflanze	4.	<i>Volvox globator</i> , L.	III.
V.	<i>Volvox minor</i> , Stein	Die kleine Kugelpflanze (Keimung)	5.	<i>Volvox minor</i> , Stein	IV.
VI.	<i>Ullothrix zonata</i> , Kützting	Die Kraushaar-Alge	6.	<i>Ullothrix zonata</i> , Kützting	IV.
VII.	<i>Oedogonium dipylodrum</i> , Juranzi	Doppelmännige Knotenfäden-Alge	7.	<i>Oedogonium dipylodrum</i> Juranzi	III.
VIII.	<i>Cosmarium Botrytis</i>	Eine (einzelige) Desmidiaceen-Art	8.	<i>Cosmarium Botrytis</i>	V.
IX.	<i>Chara fragilis</i> , A. Braun	Der zerbrechliche Armlaucher	9.	<i>Chara fragilis</i> , A. Braun	I.
X.	<i>Cystosira barbata</i> , J. Ag.	Die härte Blasenketten	10.	<i>Cystosira barbata</i> , J. Ag.	VII.
XI.	<i>Polysiphonia subulata</i> , Ag.	Die pfriemliche Vielröhren-Alge	11.	<i>Polysiphonia subulata</i> , Ag.	III.
XII.	<i>Mucor Mucedo</i>	Der gemeine Kropfschimmel	12.	<i>Mucor Mucedo</i>	I.
XIII.	<i>Peziza</i>	Der orangefarbene Schüsselpilz	13.	<i>Peziza</i>	VI.
XIV.	<i>Endocarpon pusillum</i> , Hedw.	Der Getreiderost-Pilz	14.	<i>Endocarpon pusillum</i> , Hedw.	VI.
XV.	<i>Puccinia Graminis</i> , De Bary	Die winzige Deckfruchtachse	15.	<i>Puccinia Graminis</i> , De Bary	II.
XVI.	<i>Marchantia polymorpha</i> , L.	Das gemeine Lebermoos	16.	<i>Marchantia polymorpha</i> , L.	V.
XVII.	<i>Marchantia (Archeogonium und Antheridium)</i>	Das zierliche Wiederthun-Moos	17.	<i>Marchantia (Archeogonium und Antheridium)</i>	VII.
XVIII.	<i>Aspidium Filix mas</i> , Sw.	Der Schildfarn (mit Sporangien)	18.	<i>Aspidium Filix mas</i> , Sw.	IV.
XIX.	<i>Aspidium-Prothallium</i>	Das Schildfarn-Prothallium	19.	<i>Aspidium-Prothallium</i>	II.
XX.	<i>Equisetum Telmateja</i> , Ehrh.	Der grossscheitlige Schachtelhalm	20.	<i>Equisetum Telmateja</i> , Ehrh.	III.
XXI.	<i>Selaginella helvetica</i> , Spr.	Der Schweizer-Moosfarn	21.	<i>Selaginella helvetica</i> , Spr.	IV.
XXII.	<i>Cycas circinalis</i> & <i>C. revoluta</i>	Farnpalmen (Gycadenen)	22.	<i>Cycas circinalis</i> & <i>C. revoluta</i>	IV.
XXIII.	<i>Taxus baccata</i> , L.	Die gemeine Eibe	23.	<i>Taxus baccata</i> , L.	III.
XXIV.	<i>Pinus Laricio</i> , var. <i>austriaca</i> (Fol. A)	Die österreichische Schwarzföhre	24.	<i>Pinus Laricio</i> , var. <i>austriaca</i> (Fol. A & B)	V.
XXV.	<i>Pinus Laricio</i> , var. <i>austriaca</i> (Fol. B)	Die Schwarzföhre (Samenknospe)	25.	<i>Pinus Laricio</i> (Fol. C)	II.
XXVI.	<i>Pinus Laricio</i> (Fol. C)	Die canadische Wasserpast	26.	<i>Pinus Laricio</i> (Fol. C)	II.
XXVII.	<i>Elodea canadensis</i> , Caspary	Die knäuelblühige Wasserseide	27.	<i>Elodea canadensis</i> , Caspary	VII.
XXVIII.	<i>Erythroxis Beddomei</i> , Hooker f. *	(Staubfädenhaare in d. Blüthe von <i>Cyanotis</i>)	28.	<i>Erythroxis Beddomei</i> , Hooker f.	VI.
XXIX.	<i>Cuscuta glomerata</i> , Choisy	Die dreimonatige Lavatera	29.	<i>Cuscuta glomerata</i> , Choisy	VI.
XXX.	<i>Lavatera trimestris</i> , (Fol. A)	(Entwicklung des Pollens)	30.	<i>Lavatera trimestris</i> , Fol. A und Fol. B.	VI.
XXXI.	<i>Lavatera trimestris</i> , (Fol. B)		31.		VII.
XXXII.	<i>Lilium Martagon</i> , L. (Fol. A)	Die Türkenbundblüthe	32.	<i>Lilium Martagon</i> , L. (Fol. A und Fol. B.	VII.
XXXIII.	<i>Lilium Martagon</i> , L. (Fol. B)		33.		VII.
XXXIV.	<i>Narcissus poeticus</i> , L.	Die weisse Narzisse	34.	<i>Narcissus poeticus</i> , L.	II.
XXXV.	<i>Ophrys Arachnites</i> , Reich. **	Die spinnenartige Frauenthräne	35.	<i>Ophrys Arachnites</i> , Reich.	II.
XXXVI.	<i>Passiflora</i>	Die gemeine Quitte	36.	<i>Passiflora</i>	IV.
XXXVII.	<i>Gydonia vulgaris</i> , Pers.	Die Feuerbohne	37.	<i>Gydonia vulgaris</i> , Pers.	IV.
XXXVIII.	<i>Phaseolus coccoineus</i> , L.	Die Maskellern- und die Wiesensalbei	38.	<i>Phaseolus coccoineus</i> , L.	V.
XXXIX.	<i>Salvia</i>	Die blaue Kornblume	39.	<i>Salvia</i>	VI.
XL.	<i>Centaurea Cyanus</i> , L.	Der gemeine Stechapfel	40.	<i>Centaurea Cyanus</i> , L.	I.
XLI.			41.		V.
XLII.			42.		VII.

*) Anmerkung: Nach Vollendung dieser Tafel wurde der Herausgeber nachträglich von Herrn Jäggel, Conservator am botanischen Museum in Zürich, darauf aufmerksam gemacht, dass von dem Bearbeiter der Commune-Flora von Zürich, Herrn C. B. Clarke in Kew, das Genus *Erythroxis* bedomei, Clarke, umgetauft worden ist. Wenn auch Namen in dieser "Atlas"-Seite wenig zu bedeuten haben, so glaube ich mich nicht zu versehen, auf diesen Umstand in der Synonymik aufmerksam zu machen und Herrn Jäggel seine Mittheilung bestens zu danken.

**) Anmerkung: Der Autor-Namen "Reich." ist zu corrigiren in "Murr." — Reichenbach nannte diese *Ophrys*-Form *O. fudoria*, die mit *O. Arachnites*, Murr., identisch ist.

22512

Anatomisch-physiologischer Atlas der Botanik

für

Hoch- und Mittelschulen,

als: Universitäten, Academien, land- und forstwirthschaftliche Hochschulen, Lehrer-Seminarien, Gymnasien,
Real- und Secundarschulen etc. etc.

in 42 colorirten Wandtafeln nebst Text,

sowie

18 Supplement-Blättern für den academischen Unterricht

herausgegeben

von

Dr. Arnold Dodel-Port,

Docent der Botanik an der Universität und am Eidgenössischen Polytechnikum in Zürich,

und

Carolina Dodel-Port

in Zürich.



Esslingen a. N.

Druck und Verlag von J. F. Schreiber.

1878.



Prospekt und Vorwort.

Der herzerfreuende Aufschwung, den die Naturwissenschaften in den letzten Jahrzehnten genommen haben und die immensen Fortschritte, welche alle ihre Zweige von Tag zu Tag verzeichnen können, haben auch die Botanik zu Ehren gebracht und aus ihr eine Wissenschaft gemacht, die sich ebenbürtig an die Seite ihrer Schwester, der Zoologie, stellen darf.

Die Biologie beider Reiche, der Pflanzen- wie der Thierwelt, ist zur Erkenntniß der Wahrheit gelangt, daß wir ein Wesen erst dann verstehen, wenn wir sein Werden erkannt haben. Zoologie und Botanik sind deshalb zu Wissenschaften der Entwicklungsgeschichte geworden. Damit ist für alle Zukunft der Kompaß für die Weiterforschung gestellt: die Entwicklungsgeschichte dominirt heute in einer Weise, wie bisher noch nie, und sie wird sicher auch in alle Zukunft, sofern wir nämlich einen stetigen Fortschritt voraussetzen, die herrschende Richtung der Specialforschung bleiben; denn sie ist es, welche auch in den schwierigsten Fragen der Morphologie und der Systematik in letzter Instanz das entscheidende Votum abgibt.

Mit dem Fortschritt der biologischen Disciplinen wächst aber naturgemäß das Bedürfniß nach guten Lehrmitteln, nicht allein nach guten Lehrbüchern, die freilich für Schüler wie Lehrer immer das erste Erforderniß darstellen, sondern auch nach tüchtigen Anschauungsmitteln für den mündlichen Unterricht und den lebendigen Vortrag. In erster Linie müssen dies gut gewählte und gut ausgeführte große Zeichnungen sein, welche als Wandtafeln während des Vortrags zur Demonstration gelangen.

Für die wissenschaftliche Botanik, wie sie dermalen auf Grund der Anatomie und Physiologie als Entwicklungsgeschichte der Pflanzenwelt nicht allein an allen Hochschulen, sondern auch bereits an den meisten guten Mittelschulen gelehrt wird, fehlt ein einschlägiges, den dringendsten Bedürfnissen entsprechendes Wandtafelwerk. Das haben alle Lehrer an Hoch- und Mittelschulen seit jener Zeit täglich empfinden müssen, da die Entwicklungsgeschichte sich auch in den botanischen Lehrbüchern Geltung zu verschaffen anfang. Die Lehrer und Docenten der Botanik waren genöthigt, mit einem großen Aufwand von Zeit oder Geld sich selbst, jeder einzeln für sich, ein Tafelwerk herzustellen oder herstellen zu lassen. Das Bedürfniß nach einem gut gewählten und gut ausgeführten billig zu beschaffenden Werke dieser Art wurde nachgerade zur Nothlage; denn die bis dahin gemachten ganz anerkanntwerthen Versuche, für diesen oder jenen Zweig des botanischen Wissens ein gedrucktes Tafelwerk zu liefern, konnten für den gegenwärtigen Stand der Pflanzenkunde in keiner Weise Genüge leisten.

Der eine Herausgeber des vorliegenden Werkes, Docent an der Universität und am Polytechnikum in Bürich, hatte schon vor etlichen Jahren den Plan, ein colorirtes Tafelwerk zu schaffen, welches der angedeuteten Nothlage ein Ende machen sollte; damals mußte jedoch das Project fallen gelassen werden, weil die Herstellungskosten sich beim damaligen Stand der Chromolithographie noch zu hoch beliefen, als daß der Risiko hätte gewagt werden dürfen. Mittlerweile machte aber die lithographische Technik derartige Fortschritte, daß die Idee neuerdings aufgenommen werden konnte.

Nachdem im Verlauf des Sommers 1877 drei Probeblätter in Chromolithographie ausgeführt und an einige der hervorragendsten Botaniker Deutschlands zur Begutachtung versandt worden, fand das Project des Tafelwerkes auf der 50. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte zu München, in der botanischen Section so freudige Zustimmung, daß man frisch und fröhlich an die Verwirklichung des Ganzen denken durfte. Der detaillirte Programm-Entwurf mit der Verzeichnung sämtlicher 60 zur Ausführung proponirten Tafeln, wurde von den Herausgebern zur speciellen Begutachtung nachstehenden Fachgelehrten vorgelegt:

- 1) Herrn Dr. Anton De Bary, Professor der Botanik an der Universität Straßburg.
- 2) „ Dr. Ferdinand Cohn, „ „ „ „ „ „ „ „ Breslau.
- 3) „ Dr. Carl v. Nägeli, „ „ „ „ „ „ „ „ München.
- 4) „ Dr. N. Pringsheim, „ „ „ „ „ „ „ „ Berlin
- 5) „ Dr. Julius Sachs, „ „ „ „ „ „ „ „ Würzburg.
- 6) „ Dr. S. Schwendener, „ „ „ „ „ „ „ „ Tübingen, jetzt in Berlin.
- 7) „ Dr. Eduard Strassburger „ „ „ „ „ „ „ „ Jena.

Die genannten Vertreter der wissenschaftlichen Botanik, die gewiß eine überreiche Summe praktischer Erfahrungen repräsentieren, haben sämtlich die Grundzüge des Projektes gutgeheißen, mit zuvorkommendster Freundlichkeit die Mühe einer einläßlichen Prüfung des Programmes auf sich genommen und ihre schriftlichen Gutachten den Herausgebern zur freien Benützung ausgefertigt; sie haben gleichfalls für die Zeit der Ausführung des Ganzen bereitwilligst allfällig nöthig werdenden Rath und Hülfe zugesagt. Daß bei jenen Gutachten eine Fülle vortrefflicher Gedanken neu in Anregung gebracht worden ist, braucht wohl kaum besonders hervorgehoben zu werden. Es ist den Herausgebern eine angenehme Pflicht, den genannten Herren an dieser Stelle ihren tiefempfundenen Dank auszusprechen.

Es lag zuerst im Plane, das endgültig festgesetzte Programm nach Berücksichtigung der abgegebenen Gutachten in dem Prospect detaillirt mitzutheilen. Hievon mußte aber leider aus Klugheitsrücksichten (im Hinblick auf mögliche Concurrency-Unternehmen) Umgang genommen werden. Jedenfalls wird die volle Veröffentlichung des detaillirten Programmes erfolgen, sobald die Hälfte des ganzen Werkes erschienen sein wird. Der Grundgedanke des Ganzen soll jedoch in Folgendem hinreichend umschrieben und das Projekt möglichst scharf vorgezeichnet werden.

Der „Anatomisch-physiologische Atlas“ wird in 42 colorirten Wandtafeln von 69 : 90 Centimtr. nebst erläuterndem Text für alle Mittelschulstufen und für den academischen Unterricht in Lieferungen à 6 Blätter erscheinen. Als Supplements-Lieferungen für den ausschließlichen Gebrauch an Hochschulen und Academieen erscheinen weitere 18 Blätter, welche aus pädagogischen Gründen nicht wohl in der Mittelschule zur Verwendung kommen könnten. Die Tafeln werden nicht nummerirt, da jede für sich ein selbständiges Ganzes, ein Einzel-Brauchbares darstellen soll. Dagegen erhält jedes Blatt (wegen seines internationalen Charakters) eine lateinische Benennung, die zugleich den Titel zum erläuternden Text darstellen wird.

Die 42, respective 60 Tafeln sollen die interessantesten und wissenschaftlichsten, mit der Kreide an der Wandtafel kaum hinreichend klar darstellbaren Gegenstände aus allen Abtheilungen des Pflanzenreiches, vorwiegend entwicklungsgeschichtlicher und anatomisch-physiologischer Natur, durchaus naturgetreu zur Anschauung bringen. Das ganze Werk wird also ein Anschauungsmittel für den Klassen-Unterricht in der „allgemeinen“ wie in der „speciellen“ (oder systematischen) Botanik abgeben und dem Lehrer der Pflanzenkunde ein unerseßliches Supplement zu jedem guten Lehrbuch der Botanik sein. Da die zur Darstellung gelangenden Objekte aus allen Klassen des natürlichen Systems, von den niedersten Algen und Pilzen bis hinauf zu den höchstentwickelten *Dicotyledonen* entnommen werden, da ferner nebst der Entwicklungsgeschichte auch die Anatomie und Physiologie in gut gewählten Objekten — ohne einseitige Bevorzugung irgend einer Disciplin — Berücksichtigung finden soll: so wird der „Anatomisch-physiologische Atlas“ auf allen Stufen des botanischen Unterrichts und in allen Zweigen des botanischen Wissens verwendbar sein.

Und da die Herausgeber dem Grundsatz huldigen: „Das Beste ist für die Schule gerade gut genug,“ so haben sie bei der Schaffung dieses Werkes nicht allein die Bedürfnisse der Hochschule, sondern auch diejenigen der Mittelschule ins Auge gefaßt. Hier wie dort ist die lebendige Natur die beste Erzieherin und Lehrerin; ein künstliches Anschauungsmittel will aber die Natur ersetzen, und das ist nur dann in zweckdienlichster Weise möglich, wenn die Bilder von Naturgegenständen wahr sind. Die Schüler aller Unterrichtsstufen werden häufig so sehr mit schematischen Darstellungen aller Art wahrhaft gemißhandelt, daß sie gerade deswegen das richtige Verständniß der lebenden Naturkörper nicht erlangen. Es gilt dies namentlich von den beim botanischen Unterrichte zur Sprache kommenden mikroskopischen Objekten, wie sie die pflanzlichen Zellen und Zelltheile, die Gewebe der höhern Gewächse und die mikroskopischen Pflanzen als Ganzes darstellen. Gegen diesen Nothstand könnte die Demonstration mikroskopischer Präparate die besten Dienste leisten; allein das Vorweisen und Demonstriren von zahlreichen Objekten am Mikroskop

selbst ist für den Klassenunterricht eine Unmöglichkeit, und wäre dies Alles auch möglich, so müßten selbst bei mikroskopischen Demonstrationen gute Tafeln erst recht treffliche Dienste leisten, wie jeder erfahrene Pflanzen-Anatom und Physiologe alsbald einseht.

Naturgetreue, wissenschaftlich zuverlässige Wandtafeln können beim Klassenunterricht die Vorweisung der Naturkörper selbst am besten ersetzen; sie belehren mehr als das lebendige Wort; sie herzustellen ist Pflicht der Wissenschaft, welche ja in ihrem eigenen Interesse arbeitet, wenn sie der Schule die besten Mittel in die Hand gibt, um die junge Generation zum Naturerkennen zu erziehen. In diesem Sinne haben die Herausgeber mit der freundigen Zustimmung berühmter Fachgelehrter und gewiegter Pädagogen diese schwere Aufgabe in die Hand genommen.

Die sämtlichen Tafeln des „Anatomisch-physiologischen Atlas der Botanik“ werden nur entweder nach zuverlässigen Original-Arbeiten der besten Forscher, oder nach eigenen sorgfältigen Studien durch wiederholte Beobachtungen der Naturkörper von Seite der Herausgeber selbst angefertigt.

Sie sollen in Zeichnung und Farbe durchaus wahr sein und jederzeit nur ganz sicher ermittelten Thatsachen entsprechen. Alles Problematische bleibt selbstverständlich ausgeschlossen, schematische Darstellungen werden möglichst vermieden, oder wo sie nicht zu umgehen sind, in Nebenfiguren verwiesen.

Ebenso werden keine Gegenstände dargestellt, die leicht jedem Schüler in die Hand gegeben oder ebenso leicht mit der Kreide an der Tafel erläutert werden können.

Die sämtlichen Tafeln werden im Original von den Herausgebern selbst gezeichnet und gemalt: die eine Hälfte vom Urheber des Projekts, der innerhalb mehrerer Jahre für seine Vorlesungen an den Hochschulen Zürichs ca. 100 Blätter anfertigte und dieselben mit Erfolg beim Unterrichte verwendete, die andere Hälfte von dessen Gattin, welche sich durch ihre academischen Studien und mikroskopischen Untersuchungen zur Mitarbeiterschaft am Ganzen vorbereitet und legitimirt hat.

Der Text — zu jeder Tafel ca. 1—2 Quartseiten Druck — wird in verständlicher Form die wissenschaftliche Erklärung der dargestellten Gegenstände, in den meisten Fällen die Quintessenz von anerkannten Special-Arbeiten liefern. Er wird, dem Charakter und der Tendenz der Tafeln entsprechend, von Erörterungen problematischer Natur sich frei halten.

Die für unser Unternehmen gewonnene Verlagsbehandlung von J. J. Schreiber in Klingen (Württemberg) wird keinen Aufwand scheuen, die chromolithographische Herstellung der Tafeln mustergültig durchzuführen zu lassen, ohne hiebei den Ladenpreis der Lieferungen auf die Höhe ähnlicher Tafelwerke zu setzen, so daß es jeder Unterrichtsanstalt möglich sein wird, den „Atlas“ als Lehrmittel anzuschaffen.

Die vorliegende erste Lieferung enthält 6 Blätter aus verschiedenen Abtheilungen des im Voraus bestimmten Programmes, um — als Probeflieferung — zu zeigen, wie das ganze Werk durchgeführt werden soll. Die Herausgeber hoffen, dadurch den Nachweis zu leisten, daß sie keine Mühe gescheut haben, noch scheuen werden, die hohe Aufgabe nach besten Kräften zu lösen und das Ganze durchzuführen zum Gedeihen der Schule und zur Förderung des botanischen Wissens.

Trief
Zürich, im April 1878.

Die Herausgeber:

Dr. Arnold Dodel=Port,
Frau Carolina Dodel=Port.

Drosera rotundifolia.

(Rundblättriger Sonnentau).

Keine Frage pflanzenphysiologischer Natur hat die Neuzeit so sehr in Staunen gesetzt, wie der thatsächliche Nachweis, dass es fleischfressende Pflanzen gibt. Wohl kennt man seit mehr als einem Jahrhundert die wunderbare Venus-Fliegenfalle (*Dionaea muscipula*), eine Pflanze, deren Blätter augenscheinlich dazu eingerichtet sind, Insekten, die auf dieselben auffliegen, hinterlistigerweise zu fangen und so lange gefesselt zu halten, bis sie todt sind. Aber diese Fähigkeit des Fliegenfangens blieb bis in die neueste Zeit ein Räthsel, und die Ansicht, dass die Fliege von der Pflanze nicht nur gefangen, sondern auch „gefressen“ werde, ward bis vor Kurzem nur wie ein toller, abenteuerlicher Gedanke verlacht, bis Darwin in seinem Werk über die „Insectivorous plants“ den Beweis erbrachte, dass der „tolle“ Gedanke nicht nur eine Wahrheit enthalte, sondern ganz und gar den wissenschaftlich erforschten Thatsachen entspricht. Und die bedeutendsten Pflanzen-Physiologen und Botaniker der Neuzeit haben es bestätigt, dass es eine Anzahl Pflanzen gibt, die dem Insektenfang in wunderbarer Weise angepasst sind und dass diese Pflanzen das Vermögen besitzen, aus den Insektenleichen nährende Stoffe aufzunehmen. In dieser Hinsicht ist der rundblättrige Sonnentau, *Drosera rotundifolia*, von Darwin und seither auch von andern Forschern am besten untersucht worden.

Da dieses über einen grossen Theil von Europa verbreitete und in andern Erdtheilen durch ähnliche Schwesterarten vertretene Gewächs nicht allein wegen seines Insektenfanges, sondern auch wegen der morphologischen Ausbildung des Blattes von grösstem Interesse ist, so haben wir ihm die vorliegende Tafel gewidmet.

Der rundblättrige Sonnentau, *Drosera rotundifolia*, wächst in Torfsümpfen Europa's in verschiedenen Höhen und Breitegraden, selbst innerhalb der Polarzone, in den Alpen sogar an der Grenze der Baumzone (Sentis). Als Standort wählt *Drosera* hauptsächlich gern die schwammigen, feuchten Rasen des Torfmooses (*Sphagnum*). Die Pflanze trägt 2 oder 3 bis zu 5 oder 6 entwickelte Blätter, die gewöhnlich mehr oder weniger horizontal ausgestreckt sind, aber zuweilen gerade aufrecht stehen. Die Form und allgemeine Erscheinung eines Blattes ist von oben gesehen in Fig. 1. bei 45-facher Vergrösserung dargestellt. Die Blätter, im Allgemeinen von rundlichem Umriss, sind gewöhnlich etwas breiter als lang. Die ganze Oberseite ist mit drüsentragenden Filamenten oder Tentakeln, wie Darwin wegen ihrer Thätigkeit sie genannt hat, bedeckt. Die Zahl der Tentakeln, welche in ihrer Form auf den ersten Blick an die ausgestreckten „Fühlhörner“ oder Augentiele der Weinbergsschnecke erinnern, variirt mit der Grösse des Blattes von 120—260. (An dem in Fig. 1. dargestellten Blatt sind nur 116 Tentakeln ausgeführt worden). Eine jede Tentakeldrüse wird von einem kugeligen, diamantglänzenden Tropfen einer äusserst zähen, wässerigen und farblosen Flüssigkeit umgeben, welche, in der Sonne glänzend, Veranlassung gewesen ist, der Pflanze den poetischen Namen „Sonnentau“ zu geben.

Die Tentakeln auf dem mittleren Theil des Blattes sind kurz und stehen aufrecht. Nach dem Rande zu werden sie länger und länger und biegen sich mehr nach aussen. Die Tentakelstiele sind am untern Theile grün, nach oben gegen die absondernden Drüsen hin geht das blasser Grün nach und nach in ein intensives Purpurroth über. Die am Blattrand stehenden Tentakeln liegen in derselben Ebene ausgebreitet, wie die grüne Blattfläche; häufig sind sie sogar etwas nach rückwärts umgebogen.

Ein Tentakel besteht aus einem dünnen, geraden, haarähnlichen Stiel, der an seiner Spitze die Drüse trägt; der Stiel ist etwas abgeplattet und wird von mehreren Reihen verlängerter Zellen gebildet, die mit einer purpurnen Flüssigkeit oder mit einer körnigen Substanz erfüllt sind. Durch die ganze Länge des Stieles zieht sich ein feiner Strang von spiraligen Gefässzellen, welcher oben in die Drüse einmündet und unten mit den Gefässsträngen des Blattes in Verbindung steht. Die Drüse selbst ist bei den meisten Tentakeln ein ovaler Zellkörper, der in seinem Innern aus spiralig verdickten Zellen besteht, während die peripherischen Zellen keine Spiralfasern besitzen, aber eine purpurne körnige Substanz oder eine ebenso gefärbte homogene Flüssigkeit enthalten.

Diese Drüsen übernehmen verschiedene Funktionen: sie sondern ab, saugen auf und werden von verschiedenen Reizmitteln beeinflusst. Wenn ein kleiner organischer oder unorganischer Gegenstand auf die Drüsen in der Mitte des Blattes gelegt wird, so übertragen diese einen motorischen Reiz auf die randständigen Tentakeln. Die nächststehenden werden zuerst afficirt und neigen sich langsam nach der Mitte hin, dann die entfernteren, bis sie zuletzt alle über dem Gegenstand dicht zusammengebogen sind (Fig. 2. und 3). Dies findet in einer Stunde bis zu 4 oder 5 oder noch mehr Stunden statt. Die in Fig. 2. und 3. dargestellte gefangene Fliege wurde von uns an einem heissen Sommer-Nachmittag (Juli 1875) um 2 Uhr auf ein vollständig ausgebreitetes Blatt gestellt, sie zappelte nach Freiheit, wurde aber durch die zähe klare Drüsenflüssigkeit der vielen berührten Tentakeln auf dem Blatte festgehalten und da sie immer mehr Tentakeln berührte und reizte, so wuchs die Gefahr des Todes in demselben Masse, je mehr die Gefangene Anstrengung machte zu entkommen. Während wir das Versuchsobject abzeichneten, bogen sich im Verlauf von 2 1/2 Stunden so viele Tentakeln über dem Fliegenkörper zusammen, dass die Drüsenflüssigkeit der gereizten und berührten Tentakeln hinreichte, das Thier am Erstickungstode zu Grunde gehen zu lassen (Fig. 2.) Am folgenden Morgen um 8 Uhr, also nach 18 Stunden, waren auch alle äussern Tentakeln mit Ausnahme von 5 über dem Fliegen-Cadaver einwärts gebogen, wie Fig. 3. zeigt.

Diese Bewegung der Tentakeln wird in Folge eines Reizes von dem untern Theile des Stieles vermittelt, indem sich nur dieser letztere biegt, während die obere Hälfte des Tentakelstieles in allen Fällen gerade bleibt. Eine Drüse kann auch dadurch gereizt werden, dass

man sie 3 oder 4 mal berührt, oder auch durch länger andauernde Berührung mit organischen oder unorganischen Gegenständen und verschiedenen Flüssigkeiten. Darwin hat durch die Lupe ganz deutlich gesehen, wie ein Tentakel anfang, in 10 Sekunden sich zu biegen, nachdem ein Gegenstand auf die Drüse gebracht worden war. Als Reizmittel können mikroskopisch kleine Theilchen wirken. Je nach der Natur des Gegenstandes, welcher eine Drüse reizt, wird die Bewegung der Tentakel eine schnellere oder langsamere sein: Stückchen von Fleisch, todte Fliegen, Stückchen Papier, Holz, getrocknetes Moos, Schwamm, Kohle, Glas etc. wurden wiederholt auf Blätter gelegt und alle waren in verschieden langer Zeit, von 1 Stunde bis zu 24 Stunden ordentlich umfasst. Am empfindlichsten wirken stickstoffhaltige organische Substanzen, wie Fleisch und Eiweiss. Ein Stückchen Frauenhaar von der Länge eines Fünftelmillimeter (0,203 Mm.) und einem Gewicht von nicht völlig $\frac{1}{1000}$ Milligramm (0,000822 Mgr.) vermochte noch einen Tentakel zur Bewegung zu veranlassen.

Wenn ein grösserer Körper auf das Drosera-Blatt gebracht wird, so bewegen sich nicht nur die Tentakeln gegen den betreffenden Körper hin, sondern es wölbt sich der Blattrand auch derart nach oben und einwärts, dass z. B. eine auf der Blattmitte liegende Fliege wie in einer hohlen Hand mit eingebogenen Fingern festgehalten wird (Fig. 3). Auch sondern die rothen Drüsen nun viel reichlicher Flüssigkeit ab, als vorher; der gefangene Gegenstand wird dadurch ganz benetzt und wenn er stickstoffhaltige lösliche organische Substanzen enthält, so werden sie von der Drüsenflüssigkeit aufgelöst und für das Blatt assimilirt, wobei sich die Zellinhaltspartieen der gereizten Tentakeln wesentlich verändern und in dieser Modification so lange verharren, bis alle gelösten stickstoffhaltigen Theile des festgehaltenen Gegenstandes absorbirt sind. Das durch ein gefangenes Insect gereizte Blatt wirkt wie ein thierischer Magen während der Verdauung. Darwin hat nachgewiesen, dass hierbei ähnliche chemische Prozesse stattfinden, wie bei der Ernährung höherer Thiere. Ist die Thierleiche an löslichen stickstoffhaltigen Substanzen erschöpft, so hören die Tentakeln auf, weiterhin abzusondern. Die Drüsen und die unverdaulichen Insekten-Reste (Beine, Flügel, chitinisches Hautskelett) werden trocken und allmähig breiten sich die Tentakeln wieder aus, während der Wind die trockenen Thierreste hinwegführt. Nach einiger Zeit beginnen die normal ausgebreiteten Drüsen wiederum abzusondern und der Insektenfang kann von Neuem beginnen.

Die mitgetheilten Thatsachen sind durch zahllose Experimente von Darwin und andern Forschern, worunter die bewährtesten Pflanzen-Physiologen unserer

Zeit, hundertfach erhärtet. Von dem Insektenfang der Droserablätter kann sich jedermann leicht überzeugen, der Gelegenheit hat, die Pflanze lebend in Torfsümpfen oder in Gewächshäusern zu beobachten; selbst getrocknete Exemplare des rundblättrigen Sonnenthau und der nächstverwandten Arten des mittleren und des langblättrigen Sonnenthau (*D. intermedia* und *D. longifolia*) lassen keinen Zweifel übrig, dass die Blätter dieser Gewächse für Insektenfang eingerichtet sind, da man häufig auf Herbarium-Exemplaren Dutzende von kleinen Resten verschiedener Thiere beobachten und selbst noch die ursprüngliche Stellung der gereizten Tentakeln wiedererkennen kann. *)

Die Familie der Droseraceen ist morphologisch auch deshalb von grossem Interesse, da sie uns zeigt, wie Pflanzenhaare, die als sogenannte Trichome in der Regel nur Auswüchse der äussersten Zellschichte, der Epidermis, darstellen, bei der Uebernahme einer wichtigen physiologischen Funktion selbst so modificirt werden, dass sie den Charakter von Blattauswüchsen mit Gefässsträngen und parenchymatischen Geweben annehmen. Ob die Anpassung an thierische Nahrung bei den fleischfressenden Pflanzen eine so exclusive ist, dass die letztern ohne jene für Pflanzen so aussergewöhnliche Nahrung sich nicht zu erhalten vermöchten, ist erst noch durch Experimente zu ermitteln. Wir haben uns hier darauf beschränkt, nur das Interessanteste des thatsächlich Erforschten mitzuthemen und verweisen im Uebrigen auf die einschlägige Literatur.

Fig. 1. Ein ausgebreitetes, nicht gereiztes Blatt von *Drosera rotundifolia* von oben gesehen, 45 mal vergrössert. Jeder der 116 gestielten Tentakeln trägt am obern Ende eine ovale pupurrothe Drüse, welche mitten im kugeligem Tropfen der von ihr abgesonderten Flüssigkeit steckt.

Fig. 2. Ein gleiches Blatt mit gefangenem Insect 2 $\frac{1}{2}$ Stunden nachdem das letztere auf die Blattmitte gebracht wurde; viele dem Insect zunächst stehende Tentakeln sind gegen die gefangene Fliege vorgebogen, ebenso mehrere der randständigen Tentakeln, die in kurzer Zeit bei ihrer Bewegung einen Winkel von 180° beschrieben. Vergrösserung $\frac{1}{5}$.

Fig. 3. Das gleiche Blatt wie in Fig. 2., 18 Stunden, nachdem das Insect gefangen wurde. Mit Ausnahme von 5 randständigen sind alle Tentakeln einwärts gebogen; ebenso hat sich der Blattrand so nach oben gewölbt, dass die Fliege nun in einer Höhle liegt. Alle Tentakeln sondern lebhaft Flüssigkeit ab, wobei das Insect vollständig durchtränkt wird. Die Verdauung ist im vollsten Gange. Vergrösserung $\frac{1}{5}$.

Literatur: Charles Darwin, *Insectivorous plants*. London 1875.

Charles Darwin, dasselbe: *Insektenfressende Pflanzen*, deutsche Uebersetzung, Stuttgart 1876, wo auch die Abhandlungen anderer Forscher, wie Dr. Roth, Dr. Milde, Grønland u. Trécul, Nitschke, Scott, Bennett, Warming, Fräul. Treat, Dr. Burdon Sanderson, Asa Gray, Dr. Hooker etc. citirt sind.

Seit 1875 sind in wissenschaftlichen und belletristischen Journalen zahllose Abhandlungen über fleischfressende Pflanzen erschienen, die wir hier wegen Raumangel nicht aufzählen können.

*) Die Herausgeber, Dodel-Port in Zürich, vermitteln die Zusendung gut getrockneter instruktiver Exemplare von *Drosera rotundifolia* oder *D. longifolia* an jede beliebige Adresse.

Schizomycetes.

Die ungeheure Wichtigkeit der **Spaltpilze (Schizomycetes** Nägeli oder **Schizophytae** Cohn, **Bakterien** verschiedener Autoren) im Haushalte der Natur, ihre Allgegenwart an der ganzen Erdoberfläche und im ewig bewegten Ocean unserer Atmosphäre, ihre stete und gesetzmässige Action bei jedem Fäulnissprocess irgend einer organischen Substanz, ihre beispiellose Kleinheit und alle Begriffe übersteigende Vermehrungskraft, mit der sie fortwährend auch die lebenden Thierkörper in ihrer Existenz bedrohen; ihre ganz notorisch erwiesene Schuld am Vorhandensein ansteckender Krankheiten, die fortwährend unser eigenes Geschlecht heimsuchen: alle diese Momente zusammen genommen verleihen den Spaltpilzen jenes allgemeine Interesse, das ihnen in neuerer Zeit wie kaum einer andern Abtheilung der mikroskopischen Pflanzenwelt nicht allein von den Biologen, sondern auch von den Medicinern und den Sanitätsbehörden entgegengetragen wird. Ich habe daher nicht gezögert, diesen niedrigsten und kleinsten aller pflanzlichen Organismen in dem „Anatomisch-physiologischen Atlas“ den entsprechenden Raum anzuweisen und gestützt auf die glaubwürdigen Beobachtungen der vorragendsten Mikroskopiker und Physiologen stark vergrösserte Zeichnungen nach der Natur anzufertigen, von denen ich zuversichtlich hoffe, dass sie den Anforderungen des gegenwärtigen Wissensstandes entsprechen. Ich muss an dieser Stelle auch gleich bemerken, dass von all dem mir vorliegenden Hilfsmaterial die von Dr. Koch in Cohn's Beiträgen zur Biologie der Pflanzen Bd II. publicirten Photogramme verschiedener Spaltpilze die besten Dienste leisteten. Mit Hilfe eines Zeichnungsprismas wurden jene photographischen Bilder von mir am Mikroskop auf das 12000-fache der natürlichen Dimensionen vergrössert, bei der Anfertigung der vorliegenden Tafel aber nebstdem noch lebendes Material zu Rathe gezogen, so dass die hier gegebenen Figuren im vollsten Sinne des Wortes als durchaus nach der Natur gezeichnet zu betrachten sind, ein Umstand, auf den ich deshalb aufmerksam mache, weil alle bis jetzt publicirten Zeichnungen von Spaltpilzen mit Ausnahme der Koch'schen Photogramme zu sehr den Charakter schematischer Artefakten tragen, als dass man sich bei Anfertigung naturgetreuer Bilder von Spaltpilzen sehr stark darauf stützen dürfte.

Die vorliegende **Schizomyceten**-Tafel hat den Zweck, die wichtigsten Typen von Spaltpilzformen zu veranschaulichen. Bekanntlich sind die Zellen der Spaltpilze entweder stets frei, isolirt, jede ein Individuum darstellend, oder es sind dieselben in mehr oder minder zahlreiche Zellfamilien vereinigt. „Diese Zellfamilien sind entweder in eine Ebene oder in eine Kugelfläche oder in Zellkörper angeordnet, welche entweder formlose Haufen, oder einen von einer gemeinschaftlichen Hülle umgebenen, bestimmt geformten Körper darstellen.“ Die Zellen der Schizomyceten sind endlich auch in einfachen Zellreihen zu Fäden an einander gereiht, welche meist einfach oder durch falsche Astbildung verzweigt sind; „diese Fäden leben entweder frei oder verfilzt oder zu Schleimfamilien oder Bündeln vereinigt.“ — Die gewöhnliche Vermehrung der Spaltpilze beruht auf binärer Zelltheilung, Zwei-

theilung. Bei den einen Schizomyceten liegen die Theilungsebenen parallel, bei andern liegen sie über's Kreuz, bei den übrigen sind sie nach allen drei Dimensionen gerichtet. „Auch die Zellfamilien und Fäden theilen sich durch Querschnitt“ (Cohn). Geschlechtliche Fortpflanzung ist bis jetzt bei den Spaltpilzen nirgends beobachtet worden; dagegen wurde vielfach die Bildung von Dauersporen constatirt, die aus vegetativen Zellen durch Umbildung ihres Inhaltes hervorgehen. Sehr viele Spaltpilze besitzen das Vermögen activer Bewegung; bei manchen beweglichen Formen sind Flimmergeisseln als Bewegungsorgane entdeckt worden.

Die Gestalt der Schizomyceten ist eine sehr veränderliche und mannigfaltige. Nägeli bringt die Spaltpilze mit Rücksicht auf ihre Formen in zwei Gruppen:

1. **Kugel-Pilze, Micrococcus**-Formen, kugelige oder eirunde Zellen, scharf gegen einander abgegrenzt, jede ein selbständiges Individuum darstellend, häufig in gallertigen Colonien, Flocken oder Haufen beisammen liegend. Sie finden sich häufig in zahlloser Menge an der Oberfläche feuchter, abgestorbener organischer Körper, wo sie Gallerthhäutchen (Fig. VI.) oder schleimige Ueberzüge (Fig. VII.) bilden. Häufig entstehen durch succedane Zweitheilungen der Kugelpilze ganze Reihen von Zellen, die in einer fadenartigen Gallerthülle eingebettet erscheinen. Vergleiche Fig. V. & VI.
2. **Stäbchen-Pilze oder Bacterien**. Die einzelnen Individuen sind langgestreckt, stäbchenförmig, in der Regel mit Ortsbewegung begabt (vergl. Fig. I. & II.) Sie schwimmen in faulenden Flüssigkeiten lebhaft hin und her. Wir treffen sie in zahlloser Menge, in nach Millionen zählenden Schwärmen, wenn organische Substanzen bei Zimmer-Temperatur in Wasser mehrere Tage unbedeckt stehen gelassen werden. Die erste milchige Trübung in solchen Infusionen rührt zum grössten Theil von Stäbchen-Pilzen her. Die gemeinste und weitverbreitetste Form erhielt den Namen *Bacterium Termo* Ehrbg. Diese stäbchenförmigen Spaltpilze sind cylindrisch, 2 bis 3 Mikromillimeter (0,002 bis 0,003 Mm.) lang, ihre Dicke beträgt $\frac{1}{5}$ bis $\frac{1}{5}$ dieser Länge und die Bewegung, welche die Stäbchen im freien Zustande zeigen, ist für die ganze Gruppe dieser Spaltpilzformen typisch. „Die Stäbchen drehen sich um ihre Längsaxe und schwimmen vorwärts, dann wieder, ohne umzukehren, ein Stück zurück, oder sie fahren auch in Bogenlinien durch die Nährflüssigkeit, in der Regel nicht sehr schnell, gleichsam zitternd oder wackelnd, doch auch in plötzlichem Sprunge raketentartig dahinschiessend, bald um die Queraxe gedreht, wie der Griff eines Bohrers, oft blitzschnell wie ein Kreisel, dann wieder längere Zeit ruhend, um plötzlich auf und davon zu fahren.“ (Lürssen).

Nach den mehrjährigen, durchaus zuverlässigen Beobachtungen Nägeli's sind alle

längeren Stäbchenpilze mehrzellig. Die einzelnen Zellen, welche das Stäbchen zusammensetzen, sind etwas länger als dick, kurz cylindrisch, an ihren Enden mehr oder weniger flach, wobei das ganze Stäbchen entweder glatt oder aber mehr oder weniger gegliedert erscheint. Es können auch viele einzelne Zellen nach der Theilung in fadenförmigen Reihen vereinigt bleiben. Diese Fäden sind entweder gerade (*Bacillus Cohn*), oder sie sind wellenförmig gebogen (*Vibrio*). Auf einer andern Tafel unseres Werkes (*Bacterium Anthracis*) wird der Uebergang von den Stäbchen-Pilzen zu fadenförmigen *Bacterien* zur Anschauung gebracht.

Manchmal stellen solche fadenförmige *Bacterien* schraubig gewundene, korkzieherartige Fäden dar, die sich um ihre Längsaxe drehen und lebhaft vor- und rückwärts bewegen. Bei manchen Formen sind an beiden Enden Flimmer-Cilien als Bewegungsorgane entdeckt worden Fig. IV. Hieher gehören die ansehnlichsten Formen der Schizomyceten. Sehr gemein ist *Spirillum*, die wir in Masse an der Oberfläche von faulendem Bach- und Flusswasser antreffen, in welchem todte Algen dem Zerfall unterliegen. Die *Spirillum*-Formen sind starr, nicht beugsam und zeigen meist nur sehr wenige Spiralbiegungen, während die unter dem Namen *Spirochaete* (Fig. III.) zusammengefassten Schraubenbakterien sehr lange, undeutlich gegliederte, spiralförmige, äusserst flexile und mit rascher Ortsbewegung begabte Fäden darstellen.

Die beispiellose Kleinheit dieser Organismen ist die Ursache, dass wir bis heute über den Zellinhalt und die Differenzirung der Membran bei den Spaltpilzen noch sehr mangelhaft unterrichtet sind. Ja, die Frage: ob die langgestreckten Stäbchen-, Faden- und Schrauben-Bakterien insgesamt Reihen von mehreren kurzen, oder doch zum Theil bloss aus einer oder nur sehr wenigen langgestreckten Zellen bestehen, ist heute noch Gegenstand lebhafter Erörterungen, da die Querwände in manchen langgestreckten lebenden Spaltpilzformen oft kaum zu unterscheiden sind. (Doch behauptet Nägeli, dass alle Schizomyceten „ohne Ausnahme kurze, rundliche Zellen, deren Durchmesser $\frac{1}{500}$ Millimeter kaum erreicht und welche entweder vereinzelt leben, oder zu Stäbchen und Fäden, selten zu kleinen Tafeln und Würfeln an einander gereiht sind“, darstellen. — „Alle dickern Stäbchen und Fäden — oft selbst die dünneren — erscheinen bei Behandlung mit verschiedenen chemischen Reagentien — namentlich mit Jodtinctur und beim Austrocknen — bald torulos, wodurch die Gliederung angedeutet wird, bald deutlich kurzgliederig“.)

Der Zellinhalt ist bei den meisten Spaltpilzen farbloses Plasma; *Micrococcus prodigosus Cohn*, der Spaltpilz des Blutwunders (blutendes Brod, blutende Hostien etc.) Fig. VII. bildet einen blutrothen Farbstoff, der in Wasser unlöslich, dagegen in Alkohol und Aether, sowie in den Butterkügelchen der Milch löslich ist. Cohn beschrieb auch andere Farbstoffbildner unter den Schizomyceten.

Die Membran der Spaltpilze ist nicht messbar, sie ist farblos, erscheint aber bei Anwendung unserer jetzigen optischen Hilfsmittel gegen den Zellinhalt nicht scharf abgegrenzt, dagegen mehr oder weniger scharf als Gallerthülle nach aussen conturirt. Die Gallertmassen, in denen die Reihen der Kugel-Pilze von Fig. VI. so regelmässig angeordnet erscheinen, sind wohl nichts anderes, als die durch Aufnahme grosser Wassermengen stark gequollenen Membranen oder äussersten Membranschichten der einzelnen Zellen, während dagegen, die grauen Hüllen der übrigen in unserer Tafel dargestellten Spaltpilze nach Nägeli keineswegs als Membranen, sondern als Interferenz-Erscheinungen aufzufassen sind.

Die Allgegenwart der Spaltpilze an allen Stellen der Erdoberfläche erklärt sich aus ihrer Kleinheit und ihrem geringen Gewicht. Nach Nägeli haben die grösseren Spaltpilzzellen einen Durchmesser von $\frac{1}{500}$ Millimeter, einen Körperinhalt von $\frac{1}{250,000,000}$ Kubikmillimeter und ein Gewicht von $\frac{1}{250,000,000}$ Milligramm. Ihr Wassergehalt ist durch Versuche nicht ermittelt, er muss in Uebereinstimmung mit den Hefezellen und andern Pflanzenzellen ebenfalls auf etwa 80, mindestens auf 75% angenommen werden. Somit beträgt das Gewicht im lufttrockenen Zustande nicht über $\frac{1}{500,000,000}$ Milligramm, das Volumen etwas weniger als eben so viele Kubikmillimeter. Bei den kleineren Spaltpilzen sinkt der Durchmesser unter $\frac{1}{5000}$ Millimeter, lässt sich aber aus optischen Gründen nicht mehr genau schätzen. Körperinhalt und Gewicht im feuchten Zustande betragen hier weniger als $\frac{1}{10,000,000,000}$ Kubikmillimeter und ebenso viele Milligramm, im lufttrockenen Zustande weniger als $\frac{1}{50,000,000,000}$ Kubikmillimeter und Milligramm, so dass also von den kleinsten trockenen Spaltpilzen mehr als 30 Billionen erforderlich sind, um das Gewicht von 1 Gramm voll zu machen. (Von der Kleinheit dieser Organismen wird man sich leichter einen Begriff machen, wenn wir bedenken, dass auf dem Raum, den in unserer vorliegenden Schizomyceten-Tafel die Figur eines Spaltpilzchens einnimmt, nicht weniger als 12000×12000 oder 144 Millionen lebender Pilzchen der dargestellten Art neben einander Platz hätten).

Die Spaltpilze bewirken nicht allein die sämtlichen Fäulniss-Processen in der ganzen organischen Natur, sondern sie vermögen auch Zucker in Milchsäure überzuführen. Darauf beruht das Sauerwerden der Milch (Milchsäure-Gährung). Weiter vermögen die Spaltpilze Milchsäure in Buttersäure umzuwandeln, (Buttersäuregährung beim Ranzigwerden der Butter). Zucker kann durch Spaltpilze auch in einen gummiähnlichen Schleim übergeführt werden (Langwerden oder Lindwerden des Weines). Die Spaltpilze vermögen nicht allein Farben zu bilden (rother Farbstoff der blutenden Hostien etc.), sondern solche auch zu zerstören. Sie verderben unsere Weine, indem sie den Alkohol in Essigsäure verwandeln. Alle die genannten Gährungs-, Fäulniss- und Umwandlungsprocessen können nur da eintreten, wo die betreffenden Pilze leben und das Experiment hat gezeigt, „dass die Grösse der Zersetzung durch die Menge der Pilze bedingt ist. Somit kann über Ursache und Wirkung kein Zweifel bestehen.“ (Nägeli.)

Die Spaltpilze können aber auch in den lebenden

thierischen und menschlichen Körper eindringen, sich dort unter Umständen sehr rasch vermehren, den vorher gesunden Organismus krank machen und dem Zerfalle überliefern. Es ist ein Triumph der modernen Wissenschaften, in mehreren Fällen zur Evidenz erwiesen zu haben, dass das Contagium gewisser ansteckender Krankheiten bei Menschen und Thieren nichts anderes darstellt, als Spaltpilze, die zufällig — sei es durch offene Wunden, sei es durch die eingeathmete Luft (oder sei es durch Genuss von gewissen Speisen) — in den Kreislauf des Blutes gelangen und die Ursache der Erkrankung darstellen. Das ist unzweifelhaft der Fall beim Milzbrand (vergl. die Tafel mit Bacterium Anthracis), sowie beim Rückfall-Typhus (Febris recurrens), dessen Spaltpilzform ich in Fig. III. der vorliegenden Schizomyceten-Tafel dargestellt habe. Es besteht denn auch heute kaum mehr ein begründeter Zweifel, dass es der wissenschaftlichen Forschung gelingen werde, den Nachweis zu erbringen, es beruhen alle ansteckenden Krankheiten, wie Typhus, Cholera, Pest, Gelbfieber, Pocken, Diphtherie, Masern, Scharlach, Kindbettfieber etc. ebenso wohl auf der Invasion von Spaltpilzen, als dies beim Milzbrand und Rückfall-Typhus heute erwiesen ist.

Die Frage, ob jeder Fäulnis-, Gährungs- und Umsetzungsprocess, sowie jede besondere Form einer ansteckenden Krankheit ihre besondere spezifische Spaltpilzform, eine ganz besondere Spaltpilz-Species voraussetze, ist heute noch nicht zu entscheiden. Während Billroth der Ansicht ist, dass alle Spaltpilze nur eine einzige Pflanzenart darstellen und dass die mannigfaltigen Formen, wie wir sie unter dem Mikroskop sehen, nur verschiedene Entwicklungsformen einer und derselben Pilzart seien, (Billroth's Coccobacteria septica); während Nägeli vermuthet, „dass es nur einige wenige Arten gibt, von denen jede einen bestimmten aber ziemlich weiten Formenkreis durchläuft, wobei verschiedene Arten in analogen Formen und mit gleicher Wirkungsweise auftreten können,“ ist Cohn ganz entgegen gesetzter Meinung. Letzterem verdankt die Wissenschaft gattungs- und artenreiches System von Spaltpilzen, die zum grossen Theil von Cohn nur durch ihr physiologisches Verhalten, durch besondere chemische Funktionen als verschiedene Arten und Gattungen auseinander gehalten werden. Nägeli hat mit Recht darauf hingewiesen, dass diese „physiologischen“ Spaltpilzarten kaum mit wirklichen Species im morphologischen Sinne zu vergleichen sind, da notorisch manche Spaltpilzformen sich umzüchten lassen in ganz verschiedene physiologische „Arten.“ *) Nichts destoweniger wird sich die Wissenschaft auch in Zukunft mancher von Cohn vorgeschlagenen Namen für verschiedene Spaltpilzformen bedienen, freilich in den meisten Fällen nur in ähnlichem Sinne, wie man bei Aecidiomyceten von Puccinia- und Uredo- und Aecidiumformen als von verschiedenen Entwicklungsstufen oder verschiedenen Generationen einer und derselben Pilz-Art spricht. **)

*) Man vergleiche die Tafel mit der ganzen Entwicklungsgeschichte von Bacterium Anthracis sammt zugehörigem Text.

**) Ganz gewiss ist es aber an der Zeit, endlich mit der Purification einer konfusen Nomenklatur zu beginnen, in erster Linie wohl zu unterscheiden zwischen Kugelpilzen (Micrococcus) und Stäbchenpilzen (Bacterien) und endlich aufzuhören, den Ausdruck „Bakterien“ für alle Spaltpilzformen zu gebrauchen.

Es ist nicht die Aufgabe unseres Werkes, in unentschiedenen Fragen für die eine oder die andere zweier streitenden Ansichten Partei zu nehmen. Im vorliegenden Fall haben wir nur die anfangs bezeichnete Aufgabe, Repräsentanten der verschiedensten Spaltpilzformen in charakteristischen Zeichnungen so viel als möglich der Natur entsprechend zur Anschauung zu bringen.

Fig. I. Stäbchen-Pilze (Bacterien) im Blute einer menschlichen Leiche. Diese Spaltpilzformen gehören zu den ersten, welche im Blut von Leichen auftreten. Die drei rothgefärbten, scheibenförmigen Körper stellen Blutzellen dar. (In unserer Tafel sind diese Blutkörperchen absichtlich intensiver roth gefärbt, als sie bei dieser Vergrösserung in Wirklichkeit erscheinen). An den stäbchenförmigen Spaltpilzen dieser Figur fallen sofort die Einschnürungen auf, welche den Beginn der sich wiederholenden Vermehrung durch Zweitheilung charakterisiren.

Fig. II. Drei Stäbchen-Pilze (Bacterien) von der Oberfläche faulender Pflanzen-Aufgüsse; an jedem Ende findet sich eine bewegliche Flimmer-Cilie, durch deren Thätigkeit die Stäbchen in eine zitternd rotirende oder wackelnde Bewegung versetzt werden.

Fig. III. Drei spiralig gekrümmte Faden-Bacterien, Spirochaete Obermeieri Cohn, welche bei Patienten des Rückfall-Typhus (Febris recurrens) während der Paroxysmen regelmässig im Blut angetroffen werden und zweifelsohne die primäre Ursache und das sichtbar gewordene organisirte Contagium dieser Krankheit darstellen. Diese mit mehr oder weniger zahlreichen Spiralwindungen versehenen Fäden sind äusserst flexil und beweglich. „Sie finden sich ausschliesslich im Blut der Recurrens-Kranken, nie in deren Sekreten oder in andern Organen“ — während der Fieberpausen (Remissionen) — fehlen sie entweder ganz oder sind nur spärlich im Blut vorhanden; „sie werden mitunter erst 24 Stunden und selbst 2—3 Tage nach dem Anfang der Temperatur-Steigerung wahrgenommen, freilich können sie wegen ihrer Zartheit und raschen Undulation leicht übersehen werden; oft wird man erst durch die Ortsveränderungen der Blutkörperchen (in unserer Fig. III. die rothen Scheiben), die sie in Bewegung setzen, auf sie aufmerksam gemacht. In der Leiche sind die Schraubenspäden nicht zu finden.“ Cohn. Nach Engel muss man die Zahl dieser Schraubenspäden im Blut von Recurrens-Kranken während der Fieber nach Milliarden schätzen.

„Die Schraubenspäden der Fäden sind unveränderlich, durchaus gleichförmig in den verschiedenen Exemplaren. Dagegen ist die Länge der Fäden nicht constant. Obermeier, der Entdecker dieses Contagiums, bestimmte sie zu $1\frac{1}{2}$ bis 6, Engel bis zur 26fachen Länge des Durchmessers der Blutkörperchen.“ Sie zeigen ausser ihrer Ortsveränderung Undu-

lationen, die über die Fadenlänge wellig hinführen und sie im Gegensatz zu der steifen Schraubenform der Spirillen scharf charakterisieren. — Sie vermögen sich sogar ringförmig zusammenzurollen und zeigen — abgesehen von den regelmässigen Spiralkrümmungen — oft ganz wurmartige Bewegungen.

Ganz ähnliche Spaltpilzformen von gleichem Aussehen und gleicher Beweglichkeit sind wiederholt auch ausserhalb des menschlichen Körpers beobachtet worden, so von Ehrenberg bei Berlin, von Cohn bei Breslau im Sumpfwasser, (später auch vom gleichen Forscher im Zahnschleim vom Menschen). Ich selbst habe bei der Cultur von *Ulothrix zonata* — einer Fadenalge, — die ich Monate lang in einem Porcellanteller züchtete und immer mit filtrirtem Wasser des Zürichsee's speiste, wiederholt solche flexile, langgestreckte Spiralfäden beobachtet, die in Form, Grösse und Beweglichkeit mit den in Fig. III. dargestellten überstimmen. Wahrscheinlich besitzen die sämtlichen freibeweglichen Spirochäten ganz ähnlich wie *Spirillum Undula* (Fig. IV.) Flimmercilien als Bewegungsorgane.

Fig. IV. *Spirillum Undula*, Ehrbg., eine weit verbreitete Schrauben-Bacterie, die in allen möglichen faulenden Flüssigkeiten, z. B. in Wasser mit faulenden Algen vorkommt. Sie bildet kurze, schraubenförmige, unbiegsame Fäden mit 1—3 Spiralumgängen und trägt an jedem Ende eine Flimmer-Cilie, wie Dr. Koch in seinen berühmten Spaltpilz-Photogrammen nachgewiesen hat.

Fig. V. Kettenförmig angeordnete Kugel-Pilze (*Micrococcus*) aus faulendem Blut. Die isolirten Zellen sind kugelig oder eiförmig. Beim Wachsen strecken sie sich in die Länge, erhalten in der Mitte, senkrecht auf ihre Längsaxe eine gürtelförmige Einschnürung, worauf alsbald Zweitheilung erfolgt, wie wir dies an den Doppelgliedern dieser Kette sehen. Die ganze Kette ist ohne Zweifel aus einem einzigen Kugelpilzchen durch wiederholte Zweitheilung entstanden.

Fig. VI. Fragment von dem feinen Gallerthäutchen, das sich häufig an der Oberfläche faulenden Wassers bildet, in welchem Algen abgestorben sind. Das ganze Häutchen besteht aus zahlreichen, reihenartig angeordneten Kugelpilzchen (*Micrococcus*), die in einer farblosen Gallerte liegen und wie die Figur zeigt, sich ebenfalls durch wiederholte Zweitheilung vermehrt haben.

Fig. VII. Eine kleine Gruppe von Kugel-Pilzen des Blutwunders, *Micrococcus prodigiosus*, jener Fäulnispilze, die auf verderbenden Speisen oft über Nacht blutig-rothe Schleimtropfen bilden und Anlass zur Sage von „blutenden Hostien“ und „blutendem Brod“ etc. gegeben haben. Nach Cohn wären diese *Micrococcus*-Formen auch die Ursache des Rothwunders der Milch. (Dieser Spaltpilz lässt sich leicht auf feuchten Oblaten züchten, wie ich seit 1876 wiederholt beobachtet habe).

(Sämmtliche Figuren sind 12000fach vergrössert).

- Literatur:** Cohn, Dr. Ferdinand. Untersuchungen über Bacterien, in den Beitr. z. Biologie der Pflanzen. Bd. I. & II.
Koch, Dr. Verfahren zur Untersuchung, zum Conserviren und Photographiren der Bacterien, in Cohn's Beiträgen z. Biologie d. Pflanzen. Bd. II. 3. Heft. Breslau 1877.
Nägeli, Dr. Carl. Die niedern Pilze in ihren Beziehungen zu den Infectiouskrankheiten und der Gesundheitspflege. München 1877.
Lürssen, Dr. Chr. Medicinisch-pharmaceutische Botanik. Bd. I. pag. 14—26. Leipzig 1878.
Billroth, Dr. Theodor. Untersuchungen über die Vegetationsformen von *Coccobacteria septica* und den Antheil, welchen sie an der Entstehung und Verbreitung der accidentellen Wundkrankheiten haben etc. Berlin 1874.

Anmerkung: Eine mündliche Interpellation von Seite eines vorragenden Fachmannes veranlasst mich, hier den Grund anzugeben, warum ich in den beiden Tafeln (*Schizomycetes* und *Bacterium Anthracis*) abweichend von den übrigen Tafeln unseres Atlas die Figuren auf grauschwarzem Grunde auftrug. Unsere Spaltpilzfiguren sollen in erster Linie durchaus naturgetreu gezeichnet und schattirt sein, dann aber zweitens auch auf die Ferne wirken, d. h. möglichst scharf sich vom Grunde abheben. Versuche mit Zeichnungen auf weissem und auf schwarzem Grunde haben mich belehrt, dass letzterer dieselben Figuren bei gleicher Vergrösserung mindestens doppelt so stark vortreten lässt, als der weisse Grund. Unsere Spaltpilzfiguren sind daher auf grauschwarzem Grunde doppelt so weithin sichtbar, als sie es auf weissem Grunde sein würden, was bei den colorirten Figuren der übrigen Tafeln nicht der Fall wäre. Ich glaube daher, dass bei derlei Objecten diese Art der Darstellung am meisten den Anforderungen (sogar den ästhetischen) gerecht wird, die man an ein Anschauungsmittel stellen kann.

Bacterium Anthracis.

Von allen Spaltpilzen, welche die Fäulnis organischer Substanzen oder Ansteckung epidemischer Krankheiten bewirken, ist keiner besser erforscht, als derjenige, welcher das sichtbare, lebendige Contagium des Milzbrandes (Anthrax) darstellt. Er wurde zuerst im Jahre 1849 von Pollender entdeckt und seither von den verschiedensten Aerzten und Naturforschern beobachtet, so von Bollinger, Davaine, Brauell, Cohn, Dr. Koch, Carl v. Nägeli und Dr. Buchner in München. Den vereinten und keineswegs gefahrlosen Bemühungen, den zahllosen Experimenten und Cultur-Versuchen von Seite dieser Forscher ist es zu danken, dass wir heute über das Wesen der Milzbrand-Krankheit besser als über irgend eine andere Epidemie von Thieren und Menschen unterrichtet sind und ein annähernd vollständiges Bild der ganzen Entwicklungsgeschichte des Milzbrandpilzes besitzen. Die diesbezüglichen Forschungen sind daher geradezu als bahnbrechende zu betrachten und dürfen als Muster für die vielen noch weiter anzustellenden Untersuchungen über Contagien-Pilze hingestellt werden.

Da der Milzbrand alljährlich in Europa und Asien nicht nur Tausende von Schafen, Pferden und Rindern dahinrafft, sondern auch Hunderten von Menschen den Tod bringt, mithin zu einer der gefürchtetsten Geisseln unseres Geschlechtes gehört — im Gouvernement Nowgorod gingen in den Jahren 1867—1870 über 56 000 Pferde, Kühe und Schafe und ausserdem 528 Menschen an Milzbrand zu Grunde; — da ferner der Milzbrandpilz in seiner Entwicklungsgeschichte einen vielgestaltigen Wechsel von Spaltpilzformen zeigt, der auch einiges Licht über manche noch so dunkle Frage in der Kenntniss der Schizomyceten überhaupt zu werfen geeignet ist, so erachteten wir es als zeitgemäss, in einer besondern (hier vorliegenden) Tafel die wichtigsten Momente aus dem Entwicklungsgang des Milzbrandpilzes in möglichst naturgetreuen Figuren zur Darstellung zu bringen.

Ich habe in der Hauptfigur VI. der vorliegenden Tafel Blutkörperchen und Milzbrandpilze bei 12000-facher Vergrösserung so dargestellt, wie sie sich in der Milz von Thierleichen, die an dieser Krankheit zu Grunde gehen, in der Regel zeigen. Die Milz solcher Leichen ist immer erheblich geschwollen und mit zahllosen Mengen von glashellen Stäbchen (Bakterien) gefüllt, die erhebliche Längen-Differenzen zeigen, aber hier niemals in activer Bewegung zu beobachten sind. Die gleichen Bakterien, die wir kurzweg Milzbrandstäbchen oder Milzbrandpilze — **Bacterium Anthracis** — nennen, ohne mit dem lat. Ausdruck den landläufigen Sinn einer Pilzspecies, einer naturhistorischen Art zu verbinden, finden sich auch im Blut von an Milzbrand gestorbenen Mäusen, ebenso — und zwar in ungeheurer Zahl — im Blut von an Milzbrand zu Grunde gegangenen Meerschweinchen, hier sogar ebenso zahlreich als die Blutkörperchen.

Die Milzbrand-Stäbchen aus der Milz oder aus dem Blut von Milzbrandleichen sind farblos, nur un-

deutlich gegliedert, ungleich lang, je nachdem sie aus mehreren oder nur aus wenigen zusammenhängenden Zellen bestehen. Sie entbehren der Flimmer-Cilien und sind durchaus passiv, unbeweglich. Häufig zeigen die längeren Stäbchen schwache Krümmungen, manche auch knieförmige Biegungen; viele zeigen Einschnürungen senkrecht zur Längsaxe; sie theilen sich also ganz ähnlich, wie andere Bakterien. (Vergl. Fig. VI. der vorliegenden Tafel mit Fig. I. der Schizomyceten-Tafel). Ihre Vermehrung im Blut der inficirten Säugethiere ist eine ungeheuer rasche, da man Millionen solcher Pilzstäbchen schon nach 16—24 Stunden bei vorher gesunden Thieren antrifft, welche man mit nur wenigen Pilzkörperchen geimpft hat. Es ist keine Frage, dass diese Bakterien sich auf Kosten des Blutes ernähren und vermehren; sie werden durch den Blutstrom auch nach allen Theilen des Körpers geführt, gelangen aber hauptsächlich in der Milz zu lebhafter Vermehrung. Eigenthümlich ist der Umstand, dass bei trächtigen Thieren die Placenta für die Milzbrand-Pilze ein natürliches Filter bildet, so dass das fötale Blut niemals Infectionspilze enthält.

Worin die verheerende und todbringende Wirkung der Milzbrand-Pilze eigentlich besteht, ist bis jetzt noch nicht sicher ermittelt. Gewiss ist aber, dass die Einführung von Milzbrandpilzen in das Blut gesunder Thiere stets die Krankheit verursacht. Hunderte von Impfversuchen an verschiedenen Säugethiere lassen keinen Zweifel mehr übrig, dass diese Bakterien die primäre Ursache des Milzbrandes darstellen; denn frische, lebendige Milzbrandpilze oder solche, die nur kurze Zeit (bloss einige Tage) eingetrocknet waren, vermögen — sobald sie in den Kreislauf eines gesunden Thieres gebracht werden, in der Regel anzustecken, während der filtrirten Blutflüssigkeit von frischen Milzbrandleichen diese Fähigkeit abgeht.

Von hoher Wichtigkeit ist die Thatsache, dass die Milzbrand-Stäbchen im Blut des todtten Thieres oder in geeigneten Nährflüssigkeiten innerhalb gewisser Temperaturgrenzen zu wachsen vermögen und bei Luftzutritt sich dermassen in die Länge strecken, dass sie ausserordentlich lange, unverzweigte, bei Raummangel vielfach gekrümmte und verschlungene Fäden darstellen, in deren Gliedern alsbald reichlich Sporen gebildet werden. Fig. VII. Versuche, die Milzbrand-Pilze in der wässrigen Flüssigkeit (Humor aqueus) eines Rinder-Auges oder im Rinderblutserum zu cultiviren, ergaben die glänzendsten Resultate. Frische Milzbrand-Stäbchen, wie man sie in der Milz eines an Anthrax gestorbenen Thieres antrifft, wachsen bei einer Temperatur von 34—37° C (im Humor aqueus gezüchtet) schon während weniger Stunden zu langen Fäden heran, die die ursprüngliche Länge der Bakterien um das Vielfache übertreffen. Diese Fäden wachsen unter gleichen Verhältnissen rasch weiter, bis sie das Hundert- oder Mehrhundertfache der Bakterienlänge erreicht haben. Während ihres raschen Wachstums sind diese Fäden durchaus farblos und homogen, eine Gliederung in die einzelnen Zellen ist kaum wahrnehm-

bar. „Sie gleichen einem Haufen Glasfäden, welche nach Art von Schlingpflanzen sich in der verschiedensten Weise bald zu langen parallelen Zügen oder zu äusserst zierlichen spiralig gedrehten Bündeln vereinigen, bald aber in den unregelmässigsten Figuren zu einem unentwirrbaren Knäuel verschlingen, so dass es ganz unmöglich wird, den einzelnen Faden in seiner ganzen Länge weiter zu verfolgen. Betrachtet man das freie Ende eines Fadens andauernd durch längere Zeit, etwa 15 bis 20 Minuten, so vermag man leicht die fortwährende Verlängerung desselben direct wahrzunehmen und kann sich so das merkwürdige Schauspiel von dem sichtbaren Wachsen der Faden-Bakterien verschaffen und die unmittelbare Ueberzeugung von ihrer Weiterentwicklung gewinnen. Schon nach 10 bis 15 Stunden erscheint der Inhalt der kräftigsten und am üppigsten entwickelten Fäden fein granulirt und bald scheiden sich sehr kleine mattglänzende Körnchen ab, welche sich nach einigen weitem Stunden zu den stark lichtbrechenden eirunden Sporen vergrössern.“ Koch. (Fig. VII.) In der Folge verwandelt sich der Sporen-erzeugende Faden, soweit seine Masse nicht zur Bildung von Sporen verwendet wird, zu einer hyalinen Gallerte, die schon nach 40—50 Stunden kaum mehr scharf gegen die Nährflüssigkeit abgegrenzt ist. Man trifft dann an der Stelle des Fadens anscheinend bloss noch die reihenförmig angeordneten Sporen. Lagen während der Sporenbildung mehrere Fäden parallel neben einander, so kann man aus der Anordnung der Sporenreihen noch auf den ursprünglichen Verlauf der nun in eine homogene Gallerte zerflossenen Fäden schliessen (Fig. X.) Die Durchmusterung eines solchen Präparates unter dem Microscop zeigt uns häufig auch kleine vergallertete Fadenstücke mit einzelnen oder nur wenigen, (oft ziemlich weit auseinander liegenden) Sporen. (Vergl. in Fig. VII. links die kurzen Fadenstücke oder Stäbchen). Nicht selten trifft man auch Sporenketten, bei denen die Längsaxe der einzelnen Sporen gleichartig gegen die Längsaxe der ganzen Kette so verschoben ist, dass die beiderlei Axen mit einander gleiche Winkel bilden (Fig. VIII.) Dieser Neigungswinkel ist bald ein schiefer, bald ein rechter, (Fig. IX.), in letzterem Falle stehen also die Längsaxen der dichtgestellten Sporen senkrecht auf der Längsaxe der ganzen Sporenkette. Die Sporen sind oval oder länglich und dunkel conturirt. Ich habe in der vorliegenden Tafel durchweg die ovale Form dargestellt. Die länglichen, gestreckteren Sporen werden hauptsächlich in den durch Fig. VIII. & IX. repräsentirten geraden und schief-leiterförmigen Ketten angetroffen.

Mit dem vollständigen Zerfall der vergallerteten Pilzfäden werden die einzelnen Sporen endlich ganz frei (Fig. XI.). Sie sinken dann, dem Gesetz der Schwere folgend, in der Nährflüssigkeit zu Boden und sammeln sich dort in dichten Haufen an.

Diese Sporen vermögen — in den Kreislauf eines gesunden Thieres gebracht — wieder Milzbrand zu erzeugen. Durch Cultur-Versuche ist es gelungen, die Keimung der Sporen direct zu beobachten. Ich habe die Keim-Stadien derselben in Fig. I. bis Fig. V., von der ruhenden Spore an bis zur Bildung der typischen Milzbrand-Stäbchen, von denen wir (Fig. VI.) im Text ausgegangen sind, dargestellt. Beim Keimen in geeigneter Nährflüssigkeit und zusagender Temperatur streckt sich die eiförmige Spore (Fig. I.) in die Länge (Fig. II.);

sie wird kurz-stäbchenförmig und theilt sich alsbald auf halber Länge in 2 Glieder; diese wachsen — mit einander zusammenhängend oder auch auseinander fallend — weiter und theilen sich wiederum in gleichartige Glieder (Fig. III. und IV.), wobei innerhalb weniger Stunden die längeren und kürzeren Milzbrand-Bakterien resultiren. Dr. Koch hat gezeigt, dass die Milzbrandpilzsporen in faulenden Flüssigkeiten ebenso gut, als in nichtfaulenden lange Zeit keimfähig bleiben und das Infectionsvermögen beibehalten. Mäuse, die mit vielen solcher Milzbrand-Sporen aus ausgefaulten Flüssigkeiten geimpft wurden, starben nach 24 Stunden; wurde dagegen mit nur wenigen solcher Sporen geimpft, so starben die Thiere erst nach 3—4 Tagen. Derselbe Forscher hat auch constatirt, dass die getrockneten Pilzsporen mindestens 4 Jahre lang keim- und ansteckungsfähig bleiben, indem er milzbrandiges Schafblut, das fast 4 volle Jahre trocken lag, zur Impfung benützte, was ausnahmslos tödtlichen Milzbrand veranlasste. Ebenso wurde nachgewiesen, dass Milzbrandsporen wiederholt ausgetrocknet und wieder befeuchtet werden können, ohne ihre Keimfähigkeit zu verlieren. Hieraus ergeben sich von selbst sehr wichtige praktische Winke für die Behandlung milzbrandiger Cadaver; denn ein einziger Leichnam, welcher unzuweckmässig behandelt wird, kann — nach Dr. Koch — unzählige Sporen liefern. „Und wenn auch Millionen von Sporen zu Grunde gehen, ohne zur Keimung im Blute eines Thieres zu gelangen, so ist bei ihrer grossen Zahl doch die Wahrscheinlichkeit nicht gering, dass einige vielleicht nach langer Lagerung im Boden oder im Grundwasser, oder an Haaren, Hörnern, Lumpen und dergl. angetrocknet, als Staub, oder auch mit Wasser auf die Haut der Thiere gelangen und hier direkt durch eine Wunde in die Blutbahn treten, oder auch später durch Reiben, Scheuern und Kratzen des Thieres in kleine Hautabschilferungen eingerieben werden.“ Allerneuestens ist es auch gelungen, den experimentellen Nachweis zu liefern, dass Milzbrand durch Einathmen von Milzbrand-Pilzstäubchen bewirkt werden kann, eine Thatsache, die mit der Nägeli'schen Lehre, wonach die Ansteckungspilze wohl meistens in Form von eingethmetem Staub durch die Lungen in den Kreislauf der Thiere gelangen, vollkommen im Einklang steht. Bekanntlich hat Nägeli, zum ersten Mal mit practischer Nutzenanwendung, darauf hingewiesen, dass die gefährlichen Ansteckungspilze in der Regel Nichts schaden, wenn sie bloss durch den Speisekanal (mit der Nahrung) und nicht etwa in Staubform eingethmet in den gesunden Körper gelangen.

Fast alle mit der Ausbreitung epidemischer Krankheiten (Pest, Cholera, Gelbfieber, Pocken etc.) verbundenen Erscheinungen deuten darauf hin, dass die Krankheitskeime durch die eingethmete Luft, (also in Form von trockenem Staub) in den Körper eingeführt werden. Durch das Experiment ist erwiesen worden, dass dies zum Mindesten beim Milzbrand nicht durch den Speisekanal geschieht, wie das schon aus den Untersuchungen von Dr. Koch erhellt, der Mäuse mit erstaunlichen Mengen von milzbrandigen Substanzen fütterte, ohne dass die betreffenden Thiere dabei erkrankt wären. Aehnliche Resultate erhielten C. v. Nägeli und Dr. Buchner in München, über welche mir Nägeli unterm 8. März 1879 Folgendes brieflich mittheilt:

„Was den Eintritt des Contagiums in den Körper betrifft, so kann ich Ihnen als Bestätigung meiner frühern Ansicht eine merkwürdige Thatsache mittheilen. Herr Dr. Buchner, welcher in meinem Institut sich seit längerer Zeit namentlich mit dem Milzbrand beschäftigt, hat gefunden, dass Mäuse, die für diese Krankheit sehr empfindlich sind, ohne den geringsten Nachtheil die kranke Milz fressen, aber unfehlbar zu Grunde gehen, wenn sie in einer Atmosphäre athmen, in welcher die Pilze aus der kranken Milz durch einen Verstäubungsapparat als Staub aufgewirbelt werden. Die eingeathmeten Pilze wirken so giftig, als die geimpften, während die gefressenen in der tausendfachen Menge nicht einmal Unwohlsein bewirken. Damit soll die Thatsache nicht bestritten werden, dass die Infection beim Rindvieh, obgleich sie wohl meistens bloss durch die Lunge erfolgt, beim Fressen von rauhem Futter in Folge kleiner Verletzungen von der Mund- und Rachen-Höhle aus sehr wirksam unterstützt oder selbst allein hervorgebracht werden kann.“

Weiteren Untersuchungen muss es vorbehalten sein, die Frage zu beantworten, ob sich sämtliche Ansteckungspilze der vielerlei Epidemien ebenso oder ähnlich verhalten, wie die Milzbrand-Pilze. Ebenso wird erst in der Zukunft ermittelt werden, ob für jede besondere Epidemie ein besonderer Pilz, ein ganz spezifischer Ansteckungspilz, eine besondere Art oder Species existirt, oder ob die Contagien- (und Miasmen-) Pilze nur physiologisch veränderte, nur angepasste Formen einer einzigen oder nur sehr weniger Spaltpilz-Arten darstellen. Die Entwicklungsgeschichte des Milzbrandpilzes lehrt uns, dass derselbe Spaltpilz verschiedene Generationsformen bildet. „Die Milzbrandpilze können — wie Nägeli sich brieflich ausdrückt — morphologisch in andere Gattungen umgewandelt werden: physiologisch verlieren sie beispielsweise bei fortgesetzter Umzüchtung in Fleisch-Extract-Lösung immer mehr das Infectionsvermögen und verlieren dasselbe nach etwa 300 Generationen vollständig, obgleich sie morphologisch noch ganz dieselben geblieben sind.“ (Brief v. Nägeli, dat. d. 17. Juli 1878). Noch eclatanter wird der physiologische Polymorphismus der Milzbrandpilze durch eine andere Aeusserung Nägeli's, der sich bekanntlich schon seit mehr als einem Jahrzehnt mit dem physiologischen Verhalten der niedern Pilze befasst, illustriert. Er schreibt unterm 3. April 1879: „Sie können sich die Doppelgänger der Milzbrandpilze sehr leicht beschaffen — die Heubacterien. Wir haben viele hundert Culturen von Milzbrandbacterien und Heubacterien gehabt und haben sie noch; microscopisch sind beide nicht zu unterscheiden. Alle Erscheinungen, die die einen zeigen, zeigen auch die andern; die Verschieden-

heiten werden erst beim Impfen wahrnehmbar, indem die einen giftig wirken, die andern nicht. Die Milzbrandbacterien können aber durch Cultur in unschädliche Pilze, die von den Heubacterien ebenfalls nicht zu unterscheiden sind, verwandelt werden. Wir (Nägeli und Dr. Buchner) sind der Meinung, dass die Milzbrandbacterien nichts Anderes sind, als etwas physiologisch-umgeänderte (angepasste) Heu-Bacterien.“

Anderer Meinung sind nun allerdings Cohn und Dr. Koch, welche die beiden Bacterien als durchaus verschiedene Arten (Species) betrachten. Auch Cohn findet zwischen den Milzbrand-Pilzen (*Bacillus Anthracis* Cohn) und den Heu-Bacterien (*Bacillus subtilis* Cohn) keinen sichtbaren Unterschied, als dass die ersteren keine Flimmer-Cilien, die letzteren dagegen solche besitzen und sich also zu bewegen vermögen. Nach Nägeli's zuverlässigen Mittheilungen haben die Milzbrand-Pilze ebenfalls Eigenbewegung; „nur tritt sie bloss unter günstigen Ernährungs-Bedingungen auf.“ Somit existirt zwischen den Heu-Bacterien und den Milzbrand-Pilzen gar kein morphologischer Unterschied mehr. Die oben angeführten, durchaus sicher ermittelten Thatsachen deuten darauf hin, dass die Nägeli'sche Ansicht die grösste Wahrscheinlichkeit für sich hat. (Für diejenigen Aerzte und Naturforscher, die allfällig an der Lösung dieser Frage mitzuwirken beabsichtigen, dürfte es erspriesslich sein, in erster Linie durch Culturversuche sich mit allen Formen der Heubacterien vertraut zu machen, ehe sie an die Parallel- und Control-Versuche mit diesen Bacterien und denen des Milzbrandes herantreten.)

Fig. I. bis V. Die Keimungsgeschichte der Sporen von *Bacterium Anthracis*, Milzbrand-Pilz. Sie ist identisch mit der Keimungsgeschichte der Sporen von Heu-Bacterien. Fig. I.—V. nach Nägeli.

Fig. VI. Milzbrandbacterien, wie man sie im Blut und in der Milz der an Anthrax erkrankten Thiere findet. Die 4 rothen Scheiben sind Blutkörperchen (hier absichtlich etwas zu intensiv gefärbt), die hier dargestellt wurden, um die Grössenverhältnisse zu illustriren.

Fig. VII. Durch Cultur aus Milzbrandbacterien hervorgegangene, sporenbildende Fadenstücke, die im Begriffe stehen, in Gallerte zu zerfliessen.

Fig. VIII. Fragment einer Sporenkette mit zur Axe schief gestellten Sporen, letztere sind oft noch beträchtlich länger.

Fig. IX. Fragment einer Sporenkette mit zur Axe senkrecht gestellten Sporen, auch diese sind häufig länger gestreckt.

Fig. X. Fragment eines Gallerthhäutchens mit 4 Reihen von Milzbrand-Sporen, die durch Zerfliessen der Gallerte frei werden.

Fig. XI. Frei gewordene Milzbrand-Sporen, wie in Fig. I.

Alle Figuren sind 12000fach vergrößert und zum Theil unter Mitbenützung der Koch'schen Photogramme nach dem Leben gezeichnet; die Correctur der Tafel fand unter gütiger Mitwirkung des Herrn Prof. C. v. Nägeli statt. Letzterer macht ganz besonders darauf aufmerksam, dass die grauen Hüllen rings um die Pilzkörper und Sporen nicht etwa im Sinne Cohn's als Membran zu betrachten, sondern als „realistische Darstellung“ von Interferenz-Erscheinungen aufzufassen sind.



- Literatur:** Cohn, Dr. Ferdinand. Untersuchungen über Bacterien in den Beiträgen zur Biologie der Pflanzen. Bd. I. & II.
- Koch, Dr. Die Aetiologie der Milzbrand-Krankheit, begründet auf die Entwicklungsgeschichte des Bacillus Anthracis. In Cohn's Beitr. z. Biol. d. Pfl. II. Bd. 2. Heft.
- Koch, Dr. Verfahren zur Untersuchung, zum Conserviren und Photographiren der Bacterien. In Cohn's Beiträgen zur Biologie der Pflanzen. Band. II. 3. Heft. Breslau 1877.
- Nägeli, Dr. Carl v. Die niedern Pilze in ihren Beziehungen zu den Infections-Krankheiten und der Gesundheitspflege. München 1877.
- Billroth, Dr. Theodor. Untersuchungen über die Vegetationsformen von Coccobacteria septica. Berlin 1874.

Aeltere Literatur findet sich in der angeführten verzeichnet.

Volvox Globator.

Volvox Globator, bis in die neueste Zeit von manchen Biologen zum Thierreich gezählt, ist der höchst differenzierte Repräsentant einer Algenfamilie, die man unter dem Namen Volvocineen zusammenfasst. Bei den Pflanzen dieser Familie sind stets mehrere oder viele einzelne Zellen in eine kugelige Colonie, Coenobium, vereinigt; jede einzelne Zelle besitzt zwei bewegliche Flimmerhaare (Cilien), die mit vereinter Kraft das ganze Coenobium im Wasser in eine langsam rollende Bewegung versetzen. Die Fortpflanzung geschieht auf zwei Arten: auf ungeschlechtlichem Wege dadurch, dass einzelne Zellen des Coenobiums unter rascher Vergrößerung sich wiederholt theilen und jede für sich einer jungen Colonie das Dasein gibt, auf geschlechtlichem Wege durch Vereinigung von Spermatozoiden und Oospaeren zur Bildung von Eisporen (Oosporen), wie wir sie in vorliegender Tafel zur Darstellung gebracht haben.

Die vegetativen Zellen, welche bei Volvox Globator nach Ehrenberg bis zu 9800, nach Ferdinand Cohn bis zu 12000 in einer Kugelfläche zusammenhängen, sind sehr einfach gebaut: ein kleiner grüner Plasmakörper ist von einer dicken Gallerthülle umgeben; im Innern erkennt man ein winziges Stärkekörnchen, in dessen Nähe — oft daran angrenzend — nach Aussen ein rother Pigmentfleck, der sogen. „Augenpunkt“ vorspringt (Fig. 7). Ausserdem besitzen die Zellen zwei pulsirende Vacuolen, oft auch noch eine centrale, nicht pulsirende Vacuole, um welche das grüne Plasma peripherisch angeordnet ist. Die ausgewachsenen Zellen besitzen zwei nach Aussen ragende Flimmergeisseln (flagella, Cilien). Nach Aussen, an der Kugeloberfläche, ist die Gallerthülle scharf gegen das Wasser abgegrenzt, nach Innen dagegen fast flüssig. Die Seitenwände der einzelnen Zellen, ebenfalls gallertig, sind dagegen von 5–6 Tüpfelkanälen durchbohrt, welche ihrerseits von fadenartigen Fortsätzen des grünen Plasmas erfüllt sind. Daher erscheinen die grünen Zellen, von Aussen gesehen, sternförmig; es existirt indessen keine direkte Communication durch die Tüpfelkanäle. Die Flimmergeisseln, welche ihren Ursprung vom spitzern Pol des grünen Plasmakörpers nehmen und nach Aussen ins Wasser vorragen, liegen mit ihrem Basaltheil selbstverständlich ebenfalls in Tüpfelkanälen, welche nach Aussen münden.

Die vegetativen Zellen von Volvox Globator gleichen somit in Bau und Beweglichkeit ganz auffallend den Schwärmsporen (Zoosporen) mancher grüner Algen; sie unterscheiden sich aber von jenen dadurch, dass sie — zu Tausenden mit einander zusammenhängend — eine einzige Hohlkugel darstellen, die mit Flüssigkeit erfüllt ist und den beträchtlichen Durchmesser von $\frac{1}{2}$ Millimeter erreichen kann.

Bei der ungeschlechtlichen Fortpflanzung sind es in der Regel 8 grössere, in regelmässigen Abständen an der Kugelfläche zerstreute Zellen, die sich durch wiederholte Zweitheilung zu ebenso vielen jungen Tochterkugeln gestalten. Wahrscheinlich hilft bei der Bildung dieser letzteren das ganze Mutter-Coenobium mit allen Zellen mit, wodurch sich der Nutzen der Tüpfelkanäle erklären würde, da der ganze Process nur

wenige Tage in Anspruch nimmt. Die gleichzeitig entstandenen Tochter-Coenobien treten erst in die kugelige Centralhöhle des Mutter-Coenobiums ein, dann sprengen sie beim Weiterwachsen das letztere und treten in's Wasser aus, während die Reste der Mutterpflanze zu Grunde gehen.

Diese geschlechtslose Fortpflanzung (auf unserer Tafel nicht dargestellt) findet während des ganzen Jahres statt. Im Herbst dagegen treten auch Generationen auf, die sich nur geschlechtlich fortpflanzen. Ein gesetzmässiger Generations-Wechsel scheint also auch hier stattzufinden.

Niemals bilden sich die Geschlechtsorgane an solchen Volvoxkugeln, die sich auf ungeschlechtliche Weise vermehren. Wohl aber entstehen bei Volvox Globator die beiderlei Geschlechtszellen in demselben Coenobium. Die weiblichen Zellen — Cohn nennt sie Gynogonidien — sind schon bei der Geburt eines jungen Coenobiums etwa 3 mal grösser, als die sterilen vegetativen Zellen. Anfangs sind sie flaschenförmig, mit dem Halstheil an die Peripherie der Kugel grenzend, mit dem dicken kugeligen Hinterheil in die Kugelhöhle vorragend. (Fig. 1 oben rechts und links an der Kugelperipherie die 3 dunkelgrünen flaschenförmigen Körper). Bis zur Geschlechts-Reife runden sie sich aber zu vollständigen Kugeln ab, zu den sogen. Oospaeren (Eikugeln). Die Gallertmembran, von welcher die Oospaere umgeben ist, kann als Oogonium aufgefasst werden. (Fig. 1, die dunkelgrünen zerstreuten Kugeln an der Oberfläche des Coenobiums). Die Oospaere selbst ist ein dunkelgrüner Plasmakörper.

Auch die männlichen Zellen, die Androgonidien, sind anfangs grösser als die benachbarten vegetativen Zellen; allein das chlorophyllhaltige Plasma vermehrt sich in der Folge nicht so rasch, wie bei den Gynogonidien; auch beginnt sich der Inhalt frühzeitig so zu theilen, dass daraus ein ganzes Bündel von stäbchenförmigen Zellen (128 — 256) entsteht. (Fig. 1 links etwas über und unter dem Querdurchmesser des Coenobiums). Das Chlorophyll wird röthlich gelb, die abgerundete Hälfte der Stäbchen wird gelb, die andere, schnabelförmig verjüngte Hälfte des Stäbchens dagegen farblos. An den Schnäbeln der Stäbchen entwickeln sich zwei lange Flimmergeisseln. Das Ganze ist umgeben von einer Gallerthülle, die als Antheridium zu betrachten ist. Das Stäbchenbündel ist nichts Anderes als ein Spermatozoiden-Bündel.

Die Zahl der Antheridien und Oogonien ist bei den verschiedenen Volvox-Kugeln verschieden. Cohn zählte in einzelnen Coenobien 5 Antheridien und gleichzeitig 40 Oogonien.

Wenn die Spermatozoiden reif sind, so beginnt das Bündel im Antheridium zu rotiren; schliesslich zerfällt es in die einzelnen, alsbald lebhaft wimmelnden Spermatozoiden, die nach und nach aus der Gallerthülle des Antheridiums in die Centralhöhle der Volvox-Kugel austreten und sich dort zerstreuen. (Fig. 1, in der Nähe des untern Endes vom senkrechten Durchmesser).

Das einzelne Spermatozoid ist spindelförmig am einen Ende, am andern Ende dagegen in ein schwanen-

halsartig gewundenes äusserst bewegliches Schnäbelchen ausgezogen (Fig. 5 und 6). An der Grenze zwischen beiden Theilen findet sich ein rothes Körnchen „(Augenpunkt)“ und nahe dabei entspringen die zwei Cilien.

Die Befruchtung findet in folgender Weise statt: die frei in der Centralhöhle der Volvoxkugel umherschwimmenden Spermatozoiden sammeln sich um die Oogonien, heften sich an deren Gallertmembran an, durchbohren dieselbe und bewegen sich dann zwischen der Eikugel und der durch Quellung weit abstehenden Gallerthülle. Dann legen sie sich der Länge nach an die Befruchtungskugel, krümmen sich und ziehen sich zusammen. „Während der spindelförmige Vordertheil des Spermatozoids auf dem Ei anklebt, zuckt der freie Hals gleichsam hämmernd in wellenartiger Schlängelung“ (Cohn) Fig. 2. Ohne Zweifel verschmilzt ein, oder es vereinigen sich mehrere Spermatozoiden in der Folge mit der nackten Eizelle. Das befruchtete Ei wird nun zur Eispore, Oospore.

Die Eikugel bekleidet sich nun mit einer doppelten Membran (Fig. 3). Die äussere Membran, das sogen. Exosporium oder Epispor ist derb und mit kegelförmigen Auswüchsen versehen, die innere Membran dagegen ist zart, gallertig. Der grüne Inhalt wird nach und nach ziegelroth. Nach der Reife der Oosporen, die oft zu 40 in einem Coenobium entstehen, geht die Mutterfamilie bald zu Grunde; die Oosporen fallen heraus und sinken auf den Grund des Wassers, um zu über-

wintern und im nächsten Frühjahr einer neuen Generation das Dasein zu geben.

Volvox ist eine cosmopolitische Algen-Gattung. Sie kommt in ganz Europa, in Afrika (am Nil), in Asien (Bombay) und in Nordamerika (Massachusetts und Wisconsin) vor.

Fig. 1. Eine kugelige Zellfamilie von Volvox Globator L (monoicus), geschlechtliches Coenobium. Vergrößerung 1250 ($1^{250}/1$).

Fig. 2. Befruchtung eines Oogoniums; die Oosphaere (Eikugel, Befruchtungskugel) von Spermatozoiden umschwärmt, welche die Gallertmembran durchbohrt haben. Vergr. 2800 ($2^{800}/1$).

Fig. 3. Unreife Oospore; das sternförmige Exosporium ist schon ausgebildet, das gallertartige Endosporium beginnt erst sich zu bilden. Vergr. $2^{800}/1$.

Fig. 4. Spermatozoidenbündel, noch ungetrennt, im Innern des Antheridiums sich bildend. Vergrößerung $4^{300}/1$.

Fig. 5. Spermatozoiden, isolirt und lebhaft bewegt. Vergr. $4^{300}/1$.

Fig. 6. Spermatozoiden durch Jod getödtet, zeigen die Anheftung der Flimmergeisseln (Cilien) deutlich. Vergrößerung $4^{300}/1$.

Fig. 7. Ein Segment aus der Peripherie einer Volvoxkugel; a eine Fortpflanzungszelle, b b, zwei vegetative Zellen. Vergr. $8^{000}/1$.

Literatur: Cohn, Ferdinand. Die Entwicklungsgeschichte der Gattung Volvox, in seinen „Beiträge zur Biologie der Pflanzen“ I. Bd. 3 Heft. (Breslau 1875).

Derselbe in der Festschrift zum 50-jährigen Doctor-Jubiläum des Prof. Dr. Göppert, 11. Januar 1875.

Volvox minor. Stein.

Als wir im Juni 1878 die nach Ferdinand Cohn's vortrefflicher Arbeit gefertigte Tafel mit der Darstellung der geschlechtlichen Fortpflanzung von *Volvox Globator* (v. die Tafel dieses Namens) herausgaben, waren wir noch nicht im Fall, über das Schicksal der Oospore von *Volvocineen* Sicheres mittheilen zu können. Es sollte jedoch nicht lange dauern, bis auch diese namhafte Lücke zum Theil auszufüllen möglich war, indem es seither gelang, die Keimung der reifen Oospore von *Volvox minor* (Stein) in allen wünschenswerthen Stadien zu verfolgen und zwar bis zu der Entwicklungsstufe, da eine oosporenbürtige *Volvox*-Kugel, ein *Coenobium* in schönster vegetativer Ausstattung, vor uns liegt. Die diesbezügliche verdienstvolle Untersuchung von Dr. Oscar Kirchner erschien vor wenigen Monaten und veranlasste uns, zu jener Tafel mit *Volvox Globator* als Pendant und Ergänzung eine Tafel mit den Hauptmomenten aus der Keimungsgeschichte der Oospore von *Volvox minor* anzufertigen. Die vorliegende Darstellung lehnt sich ausschliesslich an die Kirchner'sche Arbeit: „Zur Entwicklungsgeschichte von *Volvox minor* (Stein)“ — erschienen in Cohn's Beiträgen zur Biologie der Pflanzen, III. Bd., 1. Heft 1879 — an. Wir erfüllen eine angenehme Pflicht, indem wir Herrn Dr. Kirchner für die bereitwillige Ueberlassung seiner Arbeit und einiger nicht publicirter Originalzeichnungen für den genannten Zweck unsern herzlichsten Dank aussprechen.

Am 9. Septbr. 1878 fand Dr. O. Kirchner in einem nahe beim Hohenheimer Schloss befindlichen künstlich angelegten Teiche den *Volvox minor* in grosser Menge, den er an jener Stelle bis Mitte October fortgesetzt bemerkte, ohne dass sich unter den vielen Tausenden von gesammelten Exemplaren ein einziges von *Volvox Globator* gefunden hätte.

Die Grösse der *Coenobien*-Kugeln von *Volvox minor* ist im Allgemeinen geringer, als die bei *Volvox Globator*; die meisten zeigten einen Durchmesser von etwa 200—300 Micromillimeter (während die Kugeln von *Volvox Globator* einen Durchmesser von 500 Mmm. erreichen können). Auch die Anzahl der in jeder einzelnen *Coenobium*-Kugel von *V. minor* enthaltenen Zellen ist bedeutend kleiner, als bei *V. Globator*.

Volvox minor ist zwar monöcisch, indem sich männliche und weibliche Fortpflanzungs-Organe, Antheridien und Oogonien, in demselben *Coenobium* bilden; aber in der Regel geschieht dies ungleichzeitig, so dass jedes *Coenobium* erst einen rein weiblichen, später einen männlichen Zustand durchmacht. Es zeigte sich nämlich, dass an solchen *Coenobien*, welche Oogonien trugen, nach der Befruchtung der letztern sich regelmässig Antheridien bildeten, deren Spermatozoiden später die Oogonien anderer, etwas jüngerer Familien aufsuchten. Man könnte dies als eine Art *Protogynie* bezeichnen, wie sie sich auch bei manchen *Farn*-*Prothallien* zeigt.

Die Oogonien von *Volvox minor* sind kugelig, haben einen Durchmesser von 50—60 Mmm. und zeigen auch beim Eintritt der Geschlechtsreife keinen nach

Aussen gerichteten halsförmigen Fortsatz, stimmen also mit den gleichwerthigen Oogonien bei *V. Globator* überein.

Die Antheridien sind kleiner als diejenigen von *V. Globator* und haben einen Durchmesser von 15—17,5 Mmm.; auch enthalten sie viel weniger Spermatozoiden. Dr. Kirchner zählte deren in mehreren Fällen 16 in einem Antheridium. Sie sind bündelförmig an einander gedrängt, jedes einzelne ist ein langgezogenes, birnförmiges Körperchen, hellgrün gefärbt (vergl. Fig. 1, s s), mit hyalinem, dünn ausgezogenem, vorderem Ende und mit zwei Geisseln ausgerüstet. Dort wo das hyaline Schnäbelchen (das verhältnissmässig kürzer ist als bei *Volvox Globator*) an den grün gefärbten Theil grenzt, sitzt ein rother erhabener Augenfleck; im grünen Inhalt befinden sich zwei ungleich grosse Vacuolen. Die Länge der Spermatozoiden beträgt 10—13 Mmm., ihre Dicke 3,3 Mmm.

Die Spermatozoiden bleiben in der blasenförmigen Antheridium-Zelle eingeschlossen und neben einander gedrängt, bis diese sich aus dem Familienverband der *Coenobien*-Kugel lostrennt. Dann löst sich das Bündel in die einzelnen Samenkörperchen auf, die sich nun mit lebhafter Bewegung in der Hohlkugel des *Coenobiums* herumtreiben, nachdem sie schon vorher die Cilien in peitschender Bewegung erhalten haben. Mit dem Zerfliessen der Antheridium-Blase werden sie einzeln oder alle zugleich frei und sammeln sich in grösserer Menge an denjenigen Stellen der Oogonien, wo dieselben die Aussenfläche der Hohlkugel berühren. An dieser Stelle nun machen die Spermatozoiden jene mehrfach beschriebenen centrubohrer-ähnlichen Bewegungen, indem sie sich mit dem hyalinen Schnäbel an die Oberfläche des Oogoniums festsetzen und das hintere Ende schnell im Kreise herumführen (Fig. 1). Diese Bewegungen wurden von Dr. Kirchner stundenlang beobachtet, ohne dass es ihm gelang, ein Eindringen der Spermatozoiden in die Oogonien zu sehen.

Nach erfolgter Befruchtung bekleidet sich die Oospaere mit einer Membran; diese spaltet sich in zwei Häute, von denen die innere dem sich bedeutend contrahirenden plasmatischen Inhalte eng anschliesst, während die äussere weit bleibt. Der Inhalt der Oosporen färbt sich noch innerhalb der rotirenden *Coenobien*-Kugeln braunroth (Fig. 2); er ist fast undurchsichtig und enthält zahlreiche kleine Stärkekörner. Die äussere Haut — das Exosporium, wie die innere — das Endosporium, verdicken sich, bleiben aber beide völlig glatt (abweichend von den Oosporen bei *Volvox Globator* (v. die diesbez. Tafel, Fig. 3). Das Exosporium ist farblos, das Endosporium nimmt einen gelblichen Farbenton an, ist ziemlich dick und sehr quellungsfähig. Es zeigt an seiner Innenschicht unregelmässig vertheilt einige (1—5) linsenförmige Wärcchen, welche etwas in den Sporen-Inhalt hineinragen (Fig. 2).

Der Durchmesser des Sporenhaltes beträgt 31 bis 40 Micromillimeter, der Durchmesser des Endospors 37—45, der Durchmesser des Exospors 48—63, die Dicke der Wand beim Endospor 2,5—3, die Dicke der

Wand beim Exospor 2,5—3 Micromillimeter. Den Eintritt der braunrothen Färbung der Oosporen kann man mit unbewaffnetem Auge daran erkennen, dass die befruchteten rotirenden Coenobien-Kugeln eine goldgelbe, später eine röthliche Farbe annehmen. Nach einigen Tagen hatten sich Oosporen in grosser Menge als rother, flockiger Absatz auf dem Boden des Culturgefässes niedergelassen und 3 Wochen nach dem Einsammeln der Alge waren keine rotirenden Familien mehr aufzufinden.

Das die Oosporen enthaltende Gefäss wurde eine Zeit lang noch in freier Luft aufgestellt; erst als Fröste eintraten, brachte man es in ein ungeheiztes Zimmer, in welchem es nie dem direkten Sonnenlicht ausgesetzt war. Bei einmal eintretender sehr niedriger Temperatur gefror die Oberfläche des Wassers etwa $\frac{1}{2}$ ctm. tief. Während des Dezembers und Januars blieben die Sporen unverändert; in der Mitte des Februars bemerkte Dr. Kirchner mit blossen Auge ein leichtes Erbleichen und Verfärben der Oosporen-Haufen. Dies war das erste Anzeichen ihrer weitem Entwicklung, die, einmal begonnen, mit Schnelligkeit, aber bei verschiedenen Sporen zu verschiedenen Zeitpunkten vor sich ging.

Die erste Vorbereitung zu der beginnenden Veränderung, die wir als den Eintritt der Keimung der Oospore bezeichnen wollen, besteht in einem Anschwellen des rothbraunen körnigen Inhaltes. Das elastische und quellbare Endosporium verliert seinen gelblichen Schein und quillt entweder überall gleichmässig oder an einem Punkt am stärksten auf (Fig. 2); auch die Warzen des Endospors schwellen zu farblosen Halbkugeln an; das Exospor (die äussere Sporenhaut) ist nicht quellbar, daher geht die Wasseraufnahme der innern Partien nur so lange im Exospor vor sich, bis das Endospor die innere Fläche des ersteren erreicht hat. Dann reisst das Exospor mit einem langen Spalt von der Form eines grössten Kugelstreifens derart auf, dass die zwei halben Hohlkugeln nur noch mit einer schmalen Stelle miteinander in Zusammenhang bleiben (Fig. 3 & 6). Der gesammte Inhalt tritt in Kugelform aus dem Riss heraus unter schnellem Aufquellen des Endospors, welches nun als weite farblose Blase das bedeutend weniger voluminöse Protoplasma umgibt (Fig. 3). Der Raum zwischen der Membran dieser Blase und dem Protoplasma ist mit farbloser Gallerte, den aufgequollenen inneren Schichten des Endospors, angefüllt, welche bei Jodzusatze an ihrer gelben Färbung zu erkennen ist.

An der eingeschlossenen Plasmakugel bemerkt man zunächst eine Differenzirung in der Art, dass an der Oberfläche der Kugel eine hyaline Stelle sich ausbildet, in welcher alle körnigen Theile fehlen (Fig. 3, der abwärts gerichtete Theil der Plasmakugel). Diese Stelle mag der vordere, die diametral entgegengesetzte der hintere Pol der Plasmamasse genannt werden. Die Kugel plattet sich an diesen beiden Polen etwas ab und $1\frac{1}{2}$ bis 2 Stunden nach dem Auftreten des hyalinen Fleckens zeigen sich die Anfänge der ersten Theilung. Zuerst am vorderen, hyalinen, später auch am hintern Pole bemerkt man eine Einschnürung, und nach etwa einer Stunde ist die Theilung in der Art vollendet, dass jede der beiden nahezu halbkugeligen Tochterzellen am vordern Pol wieder eine hyaline

Stelle besitzt (Fig. 4). Beide Tochterzellen sind von einer gemeinsamen, dünnen Gallerthülle umgeben, die sich im Innern der zur Gallerte aufgequollenen Endosporschichten durch eine zarte Linie abgrenzt und auch bei den spätern Theilungen erhalten bleibt (Fig. 4, 5, 6). Wir haben in unserer Tafel diese innere Gallerthülle durch einen grauen Farbenton hervorgehoben.

Nach weitem 2 Stunden hat sich jede der beiden Tochterzellen aufs Neue getheilt und zwar durch eine Ebene, welche senkrecht auf der ersten Theilungs-Ebene steht und gleichfalls den vordern und den hintern Pol trifft (Fig. 5). Die so entstehenden 4 Zellen zeigen bald nach der Theilung noch jede ein hyalines Ende, weichen an demselben wiederum (ähnlich wie die 2 Tochterzellen erster Generation) auseinander und verkürzen sich in der Richtung ihrer Längsaxe. Der hyaline Fleck wird allmählig undeutlich und ist verschwunden, wenn die drittmalige Theilung eintritt.

Aus den 4 Tochterzellen zweiter Generation entstehen durch abermalige Zweitheilung zunächst 8 Zellen dritter Generation, von denen 4 dem einen Pol der ursprünglichen Sporenkugel anlagern, während die 4 andern um den entgegengesetzten Pol situirt sind. (Diese drittmalige Theilung ist in der angeführten Arbeit von Dr. Kirchner genauer beschrieben).

Von dem Zeitpunkt an, wo das junge Coenobium eine Familie aus 8 Zellen darstellt, gehen die Theilungen der Zellen nur noch in zwei sich kreuzenden Richtungen vor sich, ohne dass dabei eine Massenzunahme des gesammten Protoplasma's eintritt (Fig. 6). Die einzelnen Zellen jeder spätern Generation werden vielmehr immer kleiner und dünner; sie zeigen eine polygonale Gestalt und erscheinen um eine centrale Höhlung gelagert, die sich mehr und mehr erweitert, während die Zellen an ihrer Oberfläche eine Schicht bilden, die mehr und mehr an Dicke abnimmt, je mehr die Zelltheilungen die Zahl der Zellen vergrössern.

Etwa 9 Serien von Theilungen scheinen in der Regel aufeinander zu folgen, bis dieselben aufhören, und eine junge, zum Schwärmen bereite, hohlkugelige Familie, ein neues Coenobium aus dem Eisporen-Inhalt entstanden ist; wenigstens berechnete Dr. Kirchner in zwei Fällen die Anzahl der Zellen solcher fertiger Cönobien auf einige über 500 (vergl. Fig. 7).

Bis zum Aufhören der Theilungen sind die Zellen (mit Ausnahme derer am vordern Pol, wo sie anfänglich aus einander klaffen), dicht an einander gedrängt; alle besitzen den braunroth gefärbten körnigen Inhalt, der die Oospore charakterisirte. Nach Beendigung der Theilungen tritt eine allmählige Umfärbung in grün ein, während zugleich die Körner im Plasma zum Theil verschwinden. In einem Zustand, wo die Umfärbung noch nicht völlig durchgeführt ist und die jungen Cönobien olivenfarbig aussehen, entwickeln die einzelnen Zellen ihre Cilien. Dieselben wachsen von dem nach Aussen gerichteten, kugelförmigen Scheitel jeder Zelle allmählig in die Länge und beginnen alsbald ihre Schwingungen.

Die ausgesprochene Grünfärbung der einzelnen Zellen geht noch innerhalb des erweiterten Endospors vor sich. Zum freien Umherschwärmen ist

das Coenobium bereit, wenn sich im Inhalt der Zellen nur noch einige wenige Körnchen vorfinden, im Plasma ein rother Augenfleck sich gebildet hat und die Zellen selbst ihre Ecken abgerundet haben. — Die Form der ganzen Familie ist nicht immer kugelrund, sondern häufig eiförmig.

Der Austritt des Coenobiums aus dem dasselbe umschliessenden Endospor wird dadurch zuwege gebracht, dass das letztere unter fortgesetztem Aufquellen seiner innern Schichten sich endlich ganz auflöst. Dann eilt das bewegliche Coenobium in rollendem Lauf der Lichtquelle entgegen, um nun selbständig seinen weitem Entwicklungs- und Vermehrungs-Kreislauf zu vollenden.

Fig. 1. Oosphaere mit daran haftenden Spermatozoiden $s\ s$ (Befruchtung).

Fig. 2. Reife Oospore. Die Quellung des Endospors beginnt.

Fig. 3. Zerreißung des Exospors, Aufquellen des Endospors. Der Sporenhalt ist noch ungetheilt; am vordern, in dieser Figur abwärts gerichteten Pol ist die hyaline (körnerlose) Stelle bemerkbar.

Fig. 4. Die erstmalige Theilung des Sporenhaltes; das getheilte Protoplasma ist bereits von einer Gallerthülle umgeben.

Fig. 5. Der Sporenhalt nach der zweimaligen Theilung zur Bildung von 4 Tochterzellen.

Fig. 6. Eine keimende Spore mit 16-zelligem jungem Coenobium; das Exospor ex haftet noch am Endospor en .

Fig. 7. Jungdliches, bereits grün gefärbtes Coenobium, innerhalb des Endospors bereits beweglich.

Alle Figuren sind 2660 mal vergrößert.

Literatur: Dr. Oscar Kirchner. Zur Entwicklungsgeschichte von *Volvox minor* (Stein), in Ferd. Cohn's Beitr. z. Biolog. der Pflanzen, III. Bd. 1. Heft 1879.

Ulothrix zonata.

Von den Algen, welche man früher unter dem Namen der Confervaceen (Faden-Algen) in eine Familie zusammenfasste, ist bis jetzt keine bekannt geworden, welche wegen ihrer weiten Verbreitung, wegen ihrer Vielgestaltigkeit, wegen der ungeheuren Vermehrungskraft und wegen der Mannigfaltigkeit ihrer Fortpflanzungs-Erscheinungen die gemeine **Kraushaar-Alge**, **Ulothrix zonata** an Interesse überragen könnte. Wir haben daher den Versuch gemacht, in der vorliegenden Tafel die wichtigsten Momente des ganzen Entwicklungs-Cyclus von *Ulothrix zonata* zur Anschauung zu bringen. Indem ich in Folgendem einen Abriss der ganzen Entwicklungsgeschichte gebe, muss ich zunächst constataren, dass das hier in Wort und Figur entworfene Bild im Ganzen und Grossen wohl für die meisten der bis jetzt bekannt gewordenen *Ulothrix*-Arten passt, dann aber auch einzelne der hier geschilderten Züge auch auf andere grüne Algen ihre Anwendung finden.

Die Algen der Gattung **Ulothrix** stellen zarte, lebhafte oder auch gelbgrün gefärbte Fäden dar, die man zum Theil in Süßwasser, zum Theil an feuchten Lokalitäten als Luftalgen, zum Theil auch im Meere antrifft. Von letzteren zeigt *Ulothrix flacca* Thuret, die an den Ufern des adriatischen Meeres, z. B. bei Capo-d'Istria, bei Triest und Miramar vorkommt, ganz ähnliche Fortpflanzungs-Erscheinungen, wie die im Süßwasser über einen grossen Theil von Europa verbreitete Kraushaar-Alge.

Die gemeine **Kraushaar-Alge**, **Ulothrix zonata**, findet sich häufig in klaren Süßwassern, wie in Bächen, Brunnenrögen, Teichen, Gebirgsflüssen der Schweiz, des Schwarzwaldgebietes, der deutschen Mittelgebirge, in Schlesien etc. Sie bildet auf Steinen oder auf andern im Wasser liegenden Gegenständen bärtige, grüne Rasen, die im bewegten Wasser hin- und herfluthen und zur Zeit der Fortpflanzung sich gelegentlich als krause, flockige Massen ablösen, um — von Luftblasen getragen, auf dem Wasserspiegel lose herumzutreiben. Im **vegetativen Zustand** stellt jeder Faden eine unverzweigte Zellreihe dar, die mit einer farblosen, nach unten verjüngten Fusszelle (**f** in Fig. **A**) an eine Unterlage befestigt ist. In der rauhern Jahreszeit sind in der Regel diese Faden continuirlich-cylindrisch, wie das in Fig. **A** unmittelbar über der Fusszelle **f** folgende Fadenstück bis zur ersten leeren Zelle **v** (links oben). Selbstverständlich ist jede einzelne vegetative Zelle ein Cylinder, dessen Höhe bei ausgewachsenen Fäden kleiner ist, als der Querdurchmesser der cylindrischen Zelle (**ve** in Fig. **A**). Die Querwände, welche den cylindrischen Faden in Kammern abtheilen, stehen stets senkrecht zur Faden-Axe, also horizontal. In jeder Zelle findet sich ein farbloser, wandständiger Zellkern und ein ringförmiger Gürtel grünen Plasmas, welcher die Mitte der cylindrischen Wand inwendig ringsum bedeckt. An vegetativen Fäden sieht man über und unter dem grünen Plasmagürtel in jeder Zelle noch einen schmälern oder breitem farblosen Wandgürtel, der unten wie oben einerseits an die farblose Querwand, andererseits an die Peripherie des grünen Plasmagürtels grenzt. Der übrige Zellinhalt ist farblose klare Zellflüssigkeit; alle körnigen

Bestandtheile sind in der vegetativen Zelle dem grünen plasmatischen Wandbeleg eingebettet.

Der Querdurchmesser der einzelnen Zellen ist in der Regel an einem und demselben Faden der gleiche. Er variirt aber bei den verschiedenen Fäden ungemein und zwar von 12,5 bis 40 Mikro-Mm. Die Länge der einzelnen Fäden ist ebenfalls sehr verschieden. Während ich Fäden beobachtet habe, die ihr Längenwachsthum schon abschlossen, bevor sie die Länge einiger Millimeter erreicht hatten, findet man sehr häufig vegetative *Ulothrix*-Fäden, die 10, 15 bis 20 Centimeter lang sind. In einem Falle habe ich bei sehr günstigen Verhältnissen, (am obern Bassin des Springbrunnens vor dem Polytechnikum in Zürich) *Ulothrix*-Fäden angetroffen, welche die riesige Länge von 40—50 Centimeter erreichten. Das Längenwachsthum des Fadens beruht auf der Streckung jeder einzelnen Zelle und succedanan Zweitheilungen der letzteren; es ist also ein intercalares, allseitiges, und es erlischt mit der beginnenden Fortpflanzung. Die **Fortpflanzung** von *Ulothrix zonata* ist bald eine **geschlechtslose**, bald eine **geschlechtliche**. Unsere Alge zeigt einen regelmässigen **Generationswechsel**: im Winter folgen sich rasch und ununterbrochen **geschlechtslose** Generationen; im Frühjahr dagegen gewinnt die geschlechtliche Fortpflanzung die Oberhand und in der warmen Jahreszeit treffen wir meistens nur **geschlechtliche** Generationen.

Die **geschlechtslose Fortpflanzung** findet unter folgenden Erscheinungen statt: Das Längenwachsthum der durch wiederholte Querwand-Bildung entstehenden Tochterzellen wird zunächst langsamer, während das grüne Plasma in jeder einzelnen Zelle an Masse zunimmt und schliesslich die ganze Innenwand auskleidet. (Vergl. die zwei obersten Zellen am vegetativen Fadenstück **ve** in Fig. **A**). Die Zellen schwellen tonnenförmig an, während der Zellinhalt sich zunächst in zwei horizontal übereinander liegende Portionen theilt. Hierauf theilt sich oft jede Portion selbst wieder durch eine vertikale Trennungsfläche in zwei kleinere Portionen, so dass nun in einer solchen Zelle 4 Plasmaklumpen liegen. Es kann aber auch die eine Theilung unterbleiben oder gar der ganze plasmatische Inhalt ungetheilt bleiben und sofort zur Fortpflanzungszelle werden. In allen diesen Fällen, die wir auf dem Fadenstück im obersten Theil unserer Tafel dargestellt haben, schwillt jede Plasma-Portion in Folge Wasseraufnahme stark an. Zuletzt erscheint an jeder Plasma-Portion eine farblose Partie und dicht in der Nähe der letztern ein rother Pigmentfleck. Dann sieht man die tonnenförmig aufgetriebene Wand der Mutterzelle sich an einer Stelle seitlich öffnen, und nun erfolgt der Austritt der grünen Plasma-Portionen aus dem zu eng gewordenen Gefängnis. Die innerste Schichte der Mutterzell-Membran nimmt rasch sehr viel Wasser auf und löst sich von den übrigen Membranschichten ab, um als farblose Umhüllungsblase (**pv** in Fig. **MA**) sammt den von ihr eingehüllten Plasmaballen aus der Mutterzelle herauszutreten, **a**, **b**, **c** in Fig. **A**. Sobald der ganze Inhalt der Mutterzelle die Austrittsöffnung passirt hat, rundet er sich zu einem kugeligen Ballen ab. Unter fortwährender Wasseraufnahme des ganzen Ballens wird

die Umhüllungsblase mehr und mehr ausgedehnt. Häufig zerreißt sie plötzlich, meistens aber zerfließt sie rasch an der ganzen Oberfläche gleichmässig, wobei — im einen wie im andern Falle — die von ihr eingeschlossenen grünen Plasmaballen, die sich ebenfalls mehr und mehr abrunden, in Freiheit gelangen. In dem Momente, wo dieses geschieht, sieht man am farblosen Pol jedes Plasmaballens 4 lange Cilien sich lebhaft in Bewegung setzen. Mit einem plötzlichen Rucke gelangt der ganze Körper in eine rotirende Bewegung und eilt davon. Diese, wie Infusorien sich lebhaft im Wasser tummelnde Fortpflanzungszellen haben den passenden Namen **Schwärmosporen** erhalten. Sie entstehen bei *Ulothrix zonata* während des Winters entweder einzeln, oder aber (und zwar meistens) zu 2 oder 4 in einer Mutterzelle, bei ganz ausnehmend dicken Fäden können gelegentlich wohl auch je 8 in einer einzigen Mutterzelle entstehen. Wir haben eine solche ungeschlechtliche Schwärmospore, die man wegen ihrer relativ beträchtlichen Grösse auch **Makrozoospore** genannt hat, auf unserer Tafel links oben bei *ma* dargestellt. Ihr Körper ist birnförmig, der dickere hintere Theil ist mit grünem Plasma ausgestattet, während der vordere Theil gegen den spitzeren Pol farblos ist. An der Grenze zwischen dem grünen und dem farblosen Theil findet sich seitlich an der Oberfläche ein rother, langgezogener Pigmentfleck, der sog. Augenpunkt, wie man ihn so häufig an den grünen Schwärmzellen von Algen antrifft. An der Spitze des farblosen Poles trägt die Makrozoospore 4 lange Cilien, die sich während des Schwärmens in der Fläche eines Kegelmantels bewegen, dessen Spitze mit der Insertionsstelle der Cilien zusammenfällt, dessen Axe aber in der Verlängerung der Sporenaxe liegt. Nahe unter der Spitze des farblosen Poles finden wir im Körper der Makrozoospore eine pulsirende Vacuole, die sich in der Regel je nach 14 Sekunden plötzlich zusammenzieht, also momentan verschwindet, um aber gleich darauf, langsam und continuirlich wachsend wieder zu erscheinen und nach 14 weitem Sekunden neuerdings eine Contraction zu erleiden.

Die Bewegung der Makrozoosporen unterscheidet sich von der „willkürlichen“ Bewegung der meisten Infusorien kaum durch ein durchgreifendes Moment. Einzig die regelmässige Rotation um die eigene Längsaxe während des Schwärmens lässt die Bewegungsart der Zoosporen von *Ulothrix* im Gegensatz zur „thierischen“ Bewegung so vieler Infusorien charakteristisch erscheinen. Allein auch die Zoosporen wissen ganz gut Hindernissen, die ihnen beim Schwärmen entgegentreten, auszuweichen; ja, sie vermögen sogar die Rotationsrichtung zu verändern und bald im Sinne einer rechts-, bald im Sinne einer linksläufigen Schraube sich zu drehen.

Alle Makrozoosporen von *Ulothrix zonata* sind entschieden heliotropisch und zwar in dem Sinne lichtfreundlich, dass sie sich stets dem einfallenden Lichte entgegen bewegen, z. B. in einem Teller Wasser, der im Zimmer unweit des Fensters steht, stets jenem Tellerrand entgegen, der dem Fenster zugekehrt ist. Ich habe an anderer Stelle gezeigt, dass die Makrozoosporen von *Ulothrix* sogar das Lampenlicht einer Petroleumflamme empfinden, indem sie, während der Nacht schwärmend, stets der Petroleumflamme entgegen eilen und sich dort niederlassen, wo kein weiteres Vordringen gegen das künstliche Licht mehr möglich ist.

In der Regel schwärmen die Zoosporen von *Ulothrix* unter normalen Verhältnissen kurz nach Tagesanbruch, also meistens am Vormittag. Die Schwärmzeit dauert 20 Minuten bis $\frac{1}{2}$ Stunde, in manchen Fällen auch weniger lang, oft auch beträchtlich länger. Im Anfang ist die Bewegung eine sehr lebhaft, nach und nach verlangsamt sie sich; die Makrozoospore wird träger, sie gelangt schliesslich — an einer Unterlage anstossend — zur Ruhe; die Cilien erstarren und verschwinden; der farblose Pol wird zum Befestigungsorgan, während der dicke grüne Hintertheil der Spore frei im Wasser aufwärts strebt. Der nackte Plasmakörper bekleidet sich nun mit einer zarten, glashellen Membran und beginnt sofort zu keimen. Der birnförmige Körper streckt sich und nimmt keulenförmige Gestalt an; dann theilt er sich durch eine Querwand, senkrecht zur Längsaxe, wie wir es in Fig. F dargestellt haben. Die beiden Tochterzellen, welche das junge Pflänzchen zusammensetzen, wachsen weiter, strecken sich rasch in die Länge und theilen sich dann ebenfalls durch je eine neue Querwand; dann besteht das Keimpflänzchen (schon am 2. Tage) aus 4 Zellen, von denen die unterste zur Fusszelle des neuen Fadens wird, während die oberen Zellen allmähig cylindrische Gestalt annehmen. Das Plasma ordnet sich nun wieder in gleicher Weise an, wie in den vegetativen Zellen eines erwachsenen Fadens. Gewöhnlich sind aber die cylindrischen Zellen solcher jungen Fäden viel länger als dick. Erst nach vielen wiederholten Zweitheilungen und mit diesen abwechselnden Längsstreckungen nehmen die jungen Fäden die Gestalt und Organisation der erwachsenen *Ulothrix*-fäden an. Nach 1—2 Wochen kann neuerdings Schwärmosporenbildung eintreten. Mit der letzteren hört nicht allein das Wachsthum der Fäden auf, sondern nach der Entleerung der Makrozoosporen zerfallen in der Regel auch sehr schnell die mütterlichen Fäden. So folgen sich im Verlauf des Winters zahlreiche Faden-Generationen, die nur durch Makrozoosporen sich fortpflanzen. Die hierbei zu Tage tretende Vermehrungskraft ist eine so ungeheure, dass wir nun leicht verstehen, wie anscheinend „über Nacht“ ganze Wälder solcher Algenfäden in Bächen, Brunnenbetten und Teichen in's Dasein gerufen werden.

Mit der beginnenden wärmeren Jahreszeit erscheinen nebst den grossen geschlechtslosen Makrozoosporen auch kleine, nur mit zwei Cilien versehene, zu 8, 16 & 32 und mehr in einer Mutterzelle entstehende **Schwärmzellen**, die man **Mikrozoosporen** genannt hat. Es sind dieselben nichts Anderes, als die noch wenig differenzirten **geschlechtlichen Fortpflanzungszellen**.

Die Mikrozoosporen von *Ulothrix* entstehen auf ganz gleiche Weise wie die Makrozoosporen, nur wiederholt sich die succedane Zweitheilung des Plasmakörpers einer Mutterzelle nicht bloss 1 oder 2 mal, sondern mehrmals. Der Plasmakörper einer Fadenzelle theilt sich also successive erst in 2, dann in 4, dann in 8, sodann in 16, endlich in 32 kleine Portionen, die sich schon in der Mutterzelle abzurunden streben und zu kleinen Zoosporen verwandelt werden, *mi" mi" mi"* in Fig. A. Sind diese Mikrozoosporen reif, so erfolgt die Geburt derselben in ganz ähnlicher Weise, wie bei den Makrozoosporen: Es entsteht seitlich an der tonnenförmig aufgetriebenen Mutterzelle eine Oeffnung, durch

welche der rasch Wasser aufnehmende ganze Inhalt, umhüllt von der innersten Membranschicht der Mutterzelle heraustritt, um sich vor der Geburtsöffnung abzurunden *mi* Fig. A. Die Umhüllungsblase *pv* wird unter dem steten Druck der im Innern des Ballens sich abrundenden Zoosporen mehr und mehr ausgedehnt, bis sie entweder plötzlich zerreißt, oder gleichzeitig im ganzen Umfang zerfließt, (vergl. Fig. *MJ*). Damit werden die Mikrozoosporen in Freiheit gesetzt, sie entfernen sich gruppenweise, oder alle zugleich; an ihrer Geburtsstelle sieht man nicht selten noch einige Minuten lang die zerrissene Umhüllungsblase liegen, in welcher eine kleinere wasserhelle Blase eingeschlossen ist, die ebenfalls, wie jene rasch im Wasser sich auflöst. Man hat diese kleinere, oft schon in der Mutterzelle der Mikrozoosporen wahrnehmbare Blase, um welche die kleinen grünen Zoosporen angelagert erscheinen, die centrale Blase genannt (*cv, cv* in Fig. A). Sie kann auch häufig bei der Geburt der Makrozoosporen wahrgenommen werden (*cv* in Fig. *MA*) und spielt bei der Geburts-Mechanik eine bedeutende Rolle (wie ich an anderer Stelle gezeigt habe).

Die Mikrozoosporen sind ähnlich gebaut wie die Makrozoosporen; nur besitzen sie am vorderen farblosen Pol statt 4 bloss 2 Cilien. Der rothe Pigmentfleck ist ebenfalls vorhanden (vergl. *mi* unterhalb der Fig. *MJ*). Ihre Bewegungsart ist dieselbe der Makrozoosporen, nur sind sie bedeutend lebhafter. Sind gleichzeitig mehrere Mutterzellen von ihren Mikrozoosporen entleert worden, so sieht man unter dem Mikroskop gleichzeitig Dutzende dieser munteren Schwärmer in den tollsten Tänzen sich bewegen. Stossen zwei Mikrozoosporen, welche aus verschiedenen Mutterzellen stammen, zufällig aufeinander, so vereinigen sie sich zu einer einzigen Zelle. Die Verschmelzung der beiden birnförmigen Körper, welche sich mit den Seiten berühren, beginnt an den vorderen cilientragenden Polen und schreitet — unter fortdauernder Tanzbewegung — nach und nach gegen die hinteren, grünen, abgerundeten Pole fort (*zy, zy', zy'', zy'''* rechts auf unserer Tafel zeigen die auf einander folgenden Copulations-Stadien zweier Mikrozoosporen.) Es resultirt schliesslich ein birnförmiger Körper, die sogen. Zygospore, die unmittelbar nach vollzogener Copulation 4 Cilien und 2 rothe Pigmentflecke und einen nun zusammenhängenden grünen Plasmakörper besitzt. Die Schwingungen der Cilien werden langsamer, die Rotationen unterbrochen, bis schliesslich die Bewegung der Zygospore vollständig aufhört. Die Cilien werden starr (*zy'''*) und verschwinden, der birnförmige Zygosporenkörper setzt sich (weil spec. schwerer als Wasser) am Grund des Wassers auf einer Unterlage fest, wobei der wasserhelle Pol wiederum als Haftorgan dient. Als bald wird eine Zellhaut ausgeschieden; die Zygospore beginnt sofort zu wachsen, wobei am farblosen Pol nicht selten ein wurzelartiges Haftorgan (Fig. C) gebildet wird, welches den eiförmigen oder kugeligen grünen Körper über die Unterlage emporhebt. Das Wachstum der im Frühjahr gebildeten Zygosporen dauert bis in den Sommer hinein langsam und kontinuierlich fort. Dann tritt ein Stillstand, eine Ruheperiode ein. Erst im Herbst, oder mit Beginn des Winters fängt die Zygospore neuerdings zu wachsen an. Als bald gruppirt sich aber der grüne körnige Inhalt

in polyedrische Portionen (Fig. D), die nach kurzer Zeit sich in Zoosporen verwandeln (E). Diese letzteren sind die ungeschlechtlichen Fortpflanzungszellen, aus denen nach erfolgtem Schwärmen ohne Zweifel die erste ungeschlechtliche Faden-Generation des Winters hervorgeht. Während man im Frühling häufig Ulothrix-Fäden antrifft, in denen beiderlei Zoosporen, nämlich ungeschlechtliche Makrozoosporen und geschlechtliche (copulationsfähige) Mikrozoosporen entstehen, wie wir dies auf unserer Tafel in der Hauptfigur dargestellt haben, finden wir dagegen im Sommer regelmässig nur Fäden, die Mikrozoosporen bilden. Die geschlechtliche Fortpflanzung erscheint somit als Abschluss für einen Entwicklungs-Cyclus, der im Winter ausschliesslich geschlechtslose Generationen (und zwar in grosser Zahl) enthält, während die geschlechtlichen Generationen sich nicht so oft wiederholen. Häufig schliesst der ganze Cyclus mit einer einzigen Mikrozoosporen-bildenden Frühlings- oder Sommer-Generation ab. Indessen kommt es auch vor, dass zwei oder drei geschlechtliche Generationen unmittelbar aufeinander folgen. Dies geschieht dann, wenn die Mikrozoosporen die Copulation verfehlen, was z. B. dann eintritt, wenn sie am Austritt aus den Mutterzellen, folglich am Schwärmen verhindert werden; denn Mikrozoosporen, welche in einer und derselben Mutterzelle entstanden, gehen keine Copulation mit einander ein. Ebenso werden ausgetretene, also frei schwärmende Mikrozoosporen, an der Copulation verhindert, wenn nicht zufällig gleichzeitig andere copulationsfähige Schwärmer vorhanden sind, die aus einer andern Mutterzelle stammen. Der letztere Fall tritt häufig ein; dann sehen wir die kleinen Mikrozoosporen nach längerer nutzloser Schwärmezeit zur Ruhe gelangen und, ohne eine Copulation eingegangen zu haben, in ähnlicher Weise keimen, wie die ungeschlechtlichen Makrozoosporen. Allerdings sind die Keimpflänzchen aus solchen nicht-copulirten Mikrozoosporen sehr klein, schwächlich, oft so schwächlich, dass sie in grosser Zahl zu Grunde gehen; aber manche von ihnen erholen sich derart, dass sie nach längerer Zeit doch neue Fäden darstellen und zu fortpflanzungsfähigen Individuen heranwachsen (Fig. H). Solche Fäden sind dann meistens gegliedert, stellenweise eingeschnürt, zwischen den Einschnürungen mehr oder weniger stark tonnenförmig aufgetrieben. Das Gleiche beobachtet man an solchen Keimpflänzchen, welche aus gefangen bleibenden Mikrozoosporen hervorgehen, wie die noch sehr jungen Pflänzchen in den beiden Figuren *GG*. (Bei *rmi* Fig. A unten sehen wir eine Fadenzelle, in welcher alle 16 Mikrozoosporen gefangen blieben und ohne Copulation zu keimen begannen).

Die Copulation von *Ulothrix zonata* repräsentirt sonach die niedrigste Stufe des Geschlechtsprocesses. Die beiden copulirenden Zellen sind einander gleich und unterscheiden sich auch nicht wesentlich von den ungeschlechtlichen Fortpflanzungszellen dieser Alge. Wenn die Copulation aus irgend einem Grunde unterbleibt, so verhalten sich diese niedrigsten Sexualzellen auch ganz gleich, wie die nicht-copulationsfähigen Makrozoosporen, indem sie ohne Weiteres zu keimen vermögen. Der Geschlechtsakt kann also bei *Ulothrix zonata* unterbleiben, ohne dass die Sexualzellen deshalb nutzlos zu Grunde gehen. Die Copulation erscheint hier nur wie das Produkt eines glücklichen Zufalles.

Wir dürfen daher unsere Kraushaar-Alge als Typus jener niedrigen Gewächse auffassen, die an der untersten Schwelle des pflanzlichen Geschlechtslebens stehen.

A. A. A. Hauptfigur. Ein kraushaarförmig gekrümmter Faden von *Ulothrix zonata*, dessen unterster Theil von der Fusszelle **f** an bis zur ersten leeren Zelle **v** (links) noch in vegetativem Zustand ist, während der übrige Theil des Fadens Makrozoosporen und Mikrozoosporen bildete. Bei **a** (links) eine austretende Makrozoospore, welche einzeln in der Mutterzelle entstand. Die etwas höher stehende, darauf folgende Fadenzelle enthält ebenfalls eine einzige Makrozoospore. Bei **ma** (in der linken Ecke oben) eine Makrozoospore mit den 4 schwingenden Cilien und der pulsirenden Vacuole **va**. Bei **b** zwei austretende Makrozoosporen; die nächstfolgende Zelle enthält ebenfalls 2 Makrozoosporen **b'**. In dem Fadestück zwischen den beiden leeren Zellen **v v** im obersten Theil der Tafel bildeten sich ausschliesslich Makrozoosporen **ma'**, zu 2, 4, wohl auch zu 8 in einer Mutterzelle. Von da an enthält der übrige Fadentheil abwechselnd Makro- und Mikrozoosporen. **ma'** bedeutet überall Makrozoosporen, die noch in den Fadenzellen liegen, **mi'** dagegen Mikrozoosporen, noch in den Mutterzellen eingeschlossen. Bei **mi'** (rechts in halber Höhe der Tafel) ist die Geburt von 16 in einer Mutterzelle entstandenen Mikrozoosporen dargestellt; die Umhüllungsblase **pv** umgibt sowohl die 12 bereits ausgetretenen, als auch die 4 noch in der Mutterzelle liegenden Zoosporen und ist selbstverständlich in diesem Stadium bei der Geburtsöffnung in der Mutterzellmembran eingeschnürt. Durch das rasche Anschwellen der äussern Ballenpartie werden auch die andern 4, noch nicht ausgetretenen Schwärmer aus der Mutterzelle herausgezogen. Aehnliches ist am gegenüberliegenden Bogen desselben Fadens bei den 4 austretenden Makrozoosporen **c** zu sehen. Bei **MA** ein Geburtsballen mit der Umhüllungsblase **pv** und der centralen Blase **cv**, von den 4 Makrozoosporen, welche dieser Ballen enthielt, sind bereits 2 in Freiheit gelangt und davon geeilt. Bei **MJ** ein in Auflösung begriffener Ballen mit Mikrozoosporen. In manchen noch nicht entleerten Fadenzellen mit Mikrozoosporen sieht man die centrale Blase **cv** bis an die Peripherie der Mutterzellmembran reichend, andererseits die Mikrozoosporen um die centrale Blase

herum gruppiert, ohne dass man die Umrisse der letzteren zu unterscheiden vermöchte. Bei **ri ri** je 2 in der nur theilweise entleerten Mutterzelle zurückgebliebenen Zoosporen, welche bereits ihre Cilien abgeworfen haben und sich zum Keimen anschicken. Bei **ri'** sind 4 Mikrozoosporen beim Entleeren der Mutterzelle in letzterer zurückgeblieben; die Cilien, welche hier noch aus der Geburtsöffnung herausragen, deuten darauf hin, dass die Geburt der übrigen 12 in gleicher Zelle vorhanden gewesen Mikrozoosporen vor Kurzem stattgefunden hat. Bei **MJ'** (rechts unten in der Ecke) ein abgerundeter Geburtsballen mit 16 Mikrozoosporen, die zwischen die centrale Blase **cv** und die Umhüllungsblase **pv** eingeklemmt sind. Ueber dieser Figur, am rechten Rand der Tafel die einzelne Mikrozoospore **mi** und die auf einander folgenden Copulationsstadien zweier Mikrozoosporen zur Bildung der Zygospore **zy, zy', zy''** & **zy'''**.

- Fig. B.** Drei soeben zur Ruhe gekommene Zygosporen, welche bereits die 4 Cilien verloren haben. Man erkennt aber noch deutlich die 2 rothen Pigmentflecke.
- Fig. C.** Eine Zygospore von *Ulothrix zonata*, 100 Tage alt. Der hyaline Pol ist in ein wurzelartiges Haftorgan ausgewachsen.
- Fig. D.** Eine Zygospore, 9 Monate alt, nach der Wiederaufnahme des Wachstums im Anfang des Winters. Die grünen Chlorophyllkörner gruppieren sich in polyedrische Körper.
- Fig. E.** Eine reife Zygospore, in welcher der plasmatische Inhalt sich bereits in mehrere Schwärmsporen differenziert hat.
- Fig. F.** Ein Keimpflänzchen aus einer Makrozoospore, die in der Mutterzelle des Fadens **A A** gefangen blieb und ohne zu schwärmen gleich in der Fadenzelle zu keimen begann.
- Fig. G, G.** Zwei Gruppen von Keimpflänzchen aus Mikrozoosporen, die in ihren Mutterzellen (dem Faden **A A** angehörend) gefangen blieben und nun trotz unterbliebener Copulation zu keimen anfangen, ähnlich wie die sämtlichen Mikrozoosporen bei **rmi** (im untersten Theil der Tafel), die alle zu keimen begannen, ohne bis jetzt die Membran der Mutterzelle zu sprengen.
- Fig. H.** Ein junger gegliederter *Ulothrix*faden, der aus einer keimenden, nicht-copulirten Mikrozoospore hervorging.
- Sämmtl. Fig. sind 2400-fach vergrössert ²⁴⁰⁰/₁.

Literatur: Dodel, A. Die Kraushaar-Alge, *Ulothrix zonata*, ihre geschlechtliche und ungeschlechtliche Fortpflanzung. Mit 8 chromolithographischen Tafeln. Leipzig 1876.

Dasselbe, in Pringheims Jahrbüchern für wissenschaftl. Botanik. Bd. X.

Dodel-Port, Dr. Arnold, „An der untern Grenze des pflanzlichen Geschlechtslebens,“ im „Kosmos,“ Zeitschrift für einheitliche Weltanschauung. Leipzig. Ernst Günther. Bd. I. Juni 1877.

Ein sehr guter Auszug aus der oben angeführten Monographie findet sich auch im Bot. Jahres-Bericht von Dr. Leop. Just. IV. Jahrgang 1876. pag. 37—42. Ebenso in der in London erscheinenden Zeitschrift (engl. Sprache) „Nature“ Nr. 389 vom 12. April 1877 unter der Ueberschrift: „Sexuality in plants.“ Ueberdiess treffen wir auch in den neuern Auflagen der botanischen Lehrbücher kürzere oder längere Auszüge aus jener Monographie. (Die ältere Literatur findet sich in der erstgenannten Arbeit berücksichtigt.)

Oedogonium diplandrum, Jurányi.

Unter den Chlorosporeen (d. h. den chlorophyllgrünen Algen mit polysymmetrischen Zoosporen und durch Paarung oder durch geschlechtliche Befruchtung entstehenden Zygosporen oder Oosporen) nehmen die Oedogonien die höchste Entwicklungsstufe ein*). Sie nähern sich durch ihre reiche Gliederung und Differenzierung, die während ihres Entwicklungsganges zu Tage tritt, den noch höher gegliederten Repräsentanten der Bryophyten-Gruppe. Wir haben uns daher nach allseitiger Erwägung entschlossen, die hauptsächlichsten Erscheinungen aus der ganzen reichgegliederten Entwicklungsgeschichte einer Oedogonium-Art auf einem Blatt unseres Atlas zur Anschauung zu bringen und hiezu die schöne Monographie von Prof. Ludwig Jurányi, die derselbe über *Oedogonium diplandrum* im IX. Band der Pringsheim'schen Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik (1873) publicirt hat, zu benützen.

Jurányi fand *Oedogonium diplandrum* in einem Wasserbehälter des botanischen Gartens zu Pest. Diese Pflanze, wie alle andern Oedogonium-Arten grüne unverzweigte Zellreihen darstellend, bildet ziemlich grosse dunkelgrün gefärbte, Rasenpolsterartige Gruppen fädiger Gebilde, die an festen Körpern, im Wasser vollständig untergetaucht, befestigt sind. Bei genauerer Prüfung ergibt sich, dass die Fäden mit Rücksicht auf Gestalt, Grösse und Anordnung der Zellen von dreierlei Art sind: „eine jede dieser drei Formen erfüllt im Laufe der Entwicklung eine eigene Aufgabe.“

Ein jeder Faden entsteht aus einer Schwärm-spore (Zoospore), welche nach einiger Zeit lebhafter Bewegung im Wasser zur Ruhe kommt, keimt und durch ihre Theilung den jungen Faden anlegt (Fig. 3 a, b). Die aus den Schwärm-sporen hervorgehenden Fäden sind in jungem Zustand nicht in ihrer ganzen Länge gleichdick, sondern abwechselnd von grösserem und von kleinerem Durchmesser, also anscheinend aus dünnern und dickern Stücken zusammengesetzt (ähnlich wie die aus nichtcopulirten Microzoosporen hervorgehenden jungen Fäden von *Ulothrix zonata*; vergl. die Tafel dieses Namens).

Später erweisen sich die ausgewachsenen Fäden als

- geschlechtslose, grüne Schwärm-sporen bildende,
- männliche, Androsporen bildende,
- weibliche, Oogonien bildende.

Die Zellen sämtlicher Fäden zeigen im vegetativen Zustand glashelle farblose Wände und einen grünen plasmatischen Wandbeleg mit je einem deutlichen Zellkern (Fig. 1). Alle Fäden wachsen intercalar unter den in allen Lehrbüchern beschriebenen, für Oedogonium so charakteristischen Erscheinungen der Zelltheilungsvorgänge mit sogen. Kapfenbildung, welche hier darzustellen nicht in unserer Aufgabe liegt.

Den einfachsten Bau und den einfachsten Entwicklungsgang zeigen die **geschlechtslosen Fäden**. Dieselben sind zur Zeit ihrer ersten Jugend von den beiden andern Fadenformen nicht zu unterscheiden; erst später, nachdem an den geschlechtlichen Fäden die charakterisirenden Entwicklungsvorgänge begonnen haben, sind sie

*) Vergl. De Bary, Zur Systematik der Thallophyten. Bot. Zeitung 1881. Nr. 1. pag. 4.

von den männlichen und weiblichen leicht zu unterscheiden. Die sämtlichen Zellen der geschlechtslosen Fäden verhalten sich beim Zelltheilungsprocess ganz gleich. „In ganz entwickeltem Zustande ist ein jeder geschlechtsloser Faden seiner ganzen Länge nach gleich dick und besteht auch aus beinahe immer gleich langen Zellen.“ Die Länge der letztern beträgt 30—35 Micromillimeter, die Breite (Querdurchmesser) nur 20 Micromillimeter.

Der Inhalt dieser Zellen bleibt im vegetativen Zustand unverändert (Fig. 1); dann aber, wenn Schwärm-sporen gebildet werden sollen, nimmt die Zahl der Chlorophyllkörperchen stetig zu, während die grünen Plasma-Streifen und -Bänder (Fig. 1) mehr und mehr an Deutlichkeit verlieren und endlich verschwinden. Zuletzt sind alle Zellen reichlich mit Plasma und zahlreichen Chlorophyllkörnern erfüllt (vergl. Fig. 2, die unterste Zelle des dargestellten Fadenstückes). Dann beobachtet man, dass sich der ganze plasmatische Inhalt jeder Zelle zu einer einzigen, grossen, grünen Schwärm-spore (Zoospore) umbildet, indem sich das Plasma abrundet und aus den Kanten der Zelle zurückzieht (Fig. 2, zweite Zelle von Unten). Seitlich, in halber Höhe des grünen Plasmakörpers tritt nun ein farbloser Fleck auf (Fig. 2 bei 20'), der sich in der Folge als vorderer, hyaliner Pol des birnförmigen Zoosporenkörpers erweist. Kurze Zeit nach dem Sichtbarwerden dieses farblosen Fleckes öffnet sich die cylindrische Mutterzelle durch einen ringförmigen Riss in der Membran dicht unterhalb der oberen Querwand (Fig. 2, die dritte Zelle von Unten); hierauf stülpt sich der obere Theil des Fadens deckelartig vom untern Theil der geöffneten Zelle ab und durch die klaffende Oeffnung tritt der ganze grüne Plasmakörper 20 heraus; vor der Oeffnung der Mutterzelle angekommen, rundet er sich ab und nun zeigt sich für einige Momente ganz deutlich eine glashelle Blase als langsam zerfliessende farblose Hülle des eben geborenen Zoosporenkörpers. Nach dem Verschwinden dieser Umhüllungsblase (die bei allen bis jetzt untersuchten Oedogonium-Arten beobachtet wurde) nimmt die Zoospore vollends birnförmige Gestalt an und sie lässt nun auch unterhalb des spitzern farblosen Poles einen Wimperkranz erkennen.

Die Cilien des Wimperkranzes (Fig. 3, a) setzen sich in lebhafte Bewegung, der ganze im mittlern und hintern Theil grün gefärbte Zoosporenkörper beginnt um seine Längsaxe zu rotiren und in der Richtung der Längsaxe sich vorwärts zu bewegen. Nach einiger Zeit gelangt die Zoospore zur Ruhe, sie setzt sich mit dem farblosen vorderen Pol an einer Unterlage fest, verliert ihren Wimperkranz und bildet — sofort keimend — eine Cellulose-Membran. Während der grüne Hintertheil des Schwärm-sporenkörpers sich keulenartig verlängert und alsbald durch Querwand-Bildung zwei- und mehrzellig wird, bildet sich der farblose, untere Theil dieses jungen Pflänzchens zu einem handförmig gelappten, farblosen Haftorgan um (Fig. 3, b). Es ist zu bemerken, dass aus diesen von geschlechtslosen Individuen herstammenden Schwärmern sowohl geschlechtslose als auch geschlechtliche Oedogonium-Fäden hervorgehen.

Die zweite Kategorie von Individuen, die **männlichen Fäden**, stehen in Gestalt und Verrichtung den eben besprochenen geschlechtslosen sehr nahe; denn hier wie dort sind die Fäden in ihrer ganzen Länge gleich dick, bei beiden besteht der Faden aus durchaus gleichwerthigen Zellen, welche Schwärmsporen erzeugen, aber sie sind im Theilungsmodus der Zellen und im Werth der erzeugten Schwärmer sehr verschieden. Wenn nämlich die männlichen Fäden eine gewisse Länge erreicht haben, so sehen wir an einer Stelle des einzelnen Fadens und von dieser ausgehend auf die übrigen Fadentheile eine Modification des Zelltheilungsprocesses sich geltend machen, die darin besteht, dass die einzelnen Zellen sich durch hoch oben angelegte Scheidewände theilen, wodurch eine obere kleinere und eine grössere untere Tochterzelle erzeugt wird, von denen die obere sich nicht mehr theilt, während an der untern Tochterzelle sich derselbe Process noch 2—3 mal wiederholt. Nach einiger Zeit besteht der männliche Faden aus zumeist kleinen, niedern Zellen und zwischen diesen eingestreut auch einzelnen längern Zellen. In der Regel sind diese verschieden grossen Zellen des Fadens so angeordnet, dass auf je 3—4 niedere eine grössere, höhere Zelle folgt (Fig. 5). Während dieser eigenartigen Theilungsprocesses wird der grüne plasmatische Inhalt der Zellen derart modificirt, dass zuletzt alles Plasma blass orangegelb gefärbt erscheint; an die Stelle der vorher grünen Chlorophyllbänder und grossen Körner treten kleinere orangegelbe Körnchen, die dem Wanplasma des Zellinhaltes eingebettet sind (Fig. 5, k). Nun beginnt die Bildung einer neuen Art von Schwärmern. Der ganze plasmatische Inhalt einer Zelle verwandelt sich in eine einzige nackte Primordialzelle, die sich mit ihrer ganzen Masse innerhalb der Mutterzelle hin und her dreht. Dann bildet sich an der cylindrischen Membran der letztern ein ringförmiger Riss in der Nähe der obern Scheidewand; der Riss klapft durch das Auseinandertreten der nun getrennten Fadenstücke mehr und mehr auf; der orangegelbe Plasmakörper zwängt sich rasch durch die Oeffnung durch (Fig. 5, as'), indem er sich contrahirt und im letzten Stadium der Geburt sich birnförmig abrundet und einen Wimperkranz in Thätigkeit setzt, der in der Folge als Bewegungsorgan beim Schwärmen dient. Man nennt diese zweite Art von Schwärmern wegen ihres spätern Verhaltens **Androzoosporen**, männliche Schwärmsporen. Ihre Bewegung ist ganz derjenigen der grünen, geschlechtslosen Zoosporen ähnlich: durch die Thätigkeit des Wimperkranzes gelangen sie in eine Rotation um ihre Längsaxe und in eine Vorwärtsbewegung, die nach Richtung und Schnelligkeit sich nicht von derjenigen der grünen Zoosporen unterscheidet (Fig. 5, as').

Nachdem die Androzoospore $\frac{1}{2}$ bis 1 Stunde lang geschwärmt hat, setzt sie sich — zur Ruhe kommend — auf einem Oogonium, dem Geschlechtsorgan eines weiblichen Fadens, oder einer unmittelbar benachbarten Zelle fest und bildet eine Cellulose-Membran, so dass ein 1-zelliges Pflänzchen resultirt, welches man passend **Zwergmännchen** nennt (Fig. 6 & 7, m, m').

Die **Zwergmännchen** sitzen gewöhnlich zu 3—6 um oder auf ein Oogonium; es sind aber die Fälle durchaus nicht selten, wo sie das weibliche Geschlechtsorgan zahlreicher umgeben. So hat Jurányi

nicht selten Oogonien gesehen, die von 20—40, ja sogar 50 Zwergmännchen umgeben waren. Das einzelne Zwergmännchen ist ein eiförmiges Pflänzchen, dessen Länge 20—30 Micromillimeter, dessen Breite 10—20 Micromillimeter beträgt (Fig. 6 & 7, m, m').

Nach dem Ablauf ihrer Ruhezeit beginnen die Zwergmännchen ihren plasmatischen, orangefarbenen Inhalt in zwei Portionen zu theilen, die sich zu **Samenkörperchen** oder **Spermatozoiden** ausbilden. Während des Theilungsvorganges beobachtet man im Plasma des Zwergmännchens lebhafteste Bewegungen; in halber Höhe tritt eine farblose Plasmaschicht auf (Fig. 7, m), dann erfolgt an dieser Stelle eine vollständige Trennung der obern und untern Plasmaportion; die Bewegungen hören nun auf und die beiden Plasmakörper, die Spermatozoiden, bleiben nun bis zum Zeitpunkt ihres Austretens ruhig und unbeweglich im Zwergmännchen liegen (Fig. 6, m und m').

An den Fäden der weiblichen Individuen treten schon sehr frühe die sie charakterisirenden **Oogonien**, die weiblichen Organe, auf (Fig. 4, og, og'). Diese letzteren bilden sich an demselben Faden in grösserer Zahl, immer sind sie jedoch durch vegetative Zellen von einander getrennt, niemals zwei Oogonien dicht und unmittelbar über einander. Im ausgebildeten Zustande sind die Oogonien bald oval, bald elliptisch; ihre Länge beträgt 40—45, ihre Dicke immer 40 Mikromillimeter.

Bevor die Oogonien geschlechtsreif sind, stimmt ihr Inhalt mit dem der vegetativen Zellen überein (Fig. 4, og, og'). Später aber verschwinden die Chlorophyllbänder, dafür treten zahlreichere, grosse kugelige Körner auf, bis das Innere des Oogoniums durch diese grünen Körner und durch das mittlerweile vermehrte Plasma vollständig erfüllt ist (Fig. 6, og' & og''). Gegen das Herannahen der Geschlechtsreife tritt im Inhalt des Oogoniums unmittelbar unter der obern Querwand seitlich ein farbloser Fleck auf (fp Fig. 6), der sich allmählig vergrössert und die grünen Plasma-theile nach Hinten und Unten drängt. Hat dieser Fleck eine gewisse Grösse erreicht, so öffnet sich die Wand des Oogoniums durch einen Querriss deckelförmig und das farblose Plasma tritt durch die entstandene Oeffnung heraus (Fig. 6, og'' bei fp). Der vor die Oeffnung hinausgetretene Plasmatheil löst sich im Wasser auf, indess die innerhalb der Oeffnung liegende Portion des farblosen Plasmas einen aus Zellstoff (Cellulose) bestehenden, trichterförmigen Schlauch bildet, der von Aussen hinein zum weiblichen Plasmakörper führt. Dieser letztere contrahirt sich nun zu einem kugelförmigen Körper, der **Oosphäre** oder **Eikugel**, welche hierauf die Befruchtung durch ein Spermatozoid abwartet.

Die Befruchtung besteht in der Vereinigung eines Spermatozoids mit der Eikugel und vollzieht sich unter folgenden Erscheinungen. Am Oogonium selbst oder an den unmittelbar benachbarten vegetativen Zellen des weiblichen Fadens sitzen mehrere oder zahlreiche Zwergmännchen, die in ihrem Innern die oben beschriebenen Theilungsvorgänge zur Bildung der Spermatozoiden abspielen lassen. Sind die männlichen Samenkörper reif, so wird durch einen Druck von Innen der oberste Theil des Zwergmännchens geöffnet, indem ein kappenartiges Membranstück abgesprengt und nun vom obern, sogleich austretenden Spermatozoid auf die Seite geschoben wird (Fig. 6, c — Deckel, sp' —

oberes Spermatozoid). Der Reihe nach treten nun die zwei Spermatozoiden unter zuckenden und stossförmigen Bewegungen und mancherlei amöbenartigen Gestaltsveränderungen aus dem Zwergmännchen heraus, das zweite in entgegengesetzter Richtung vom ersten den obern Oeffnungsrand des Zwergmännchens überkletternd. Die Spermatozoiden (Fig. 6 & 7, sp & sp') zeigen keine laufende, sondern nur eine herumtastende zuckend-zitternde Bewegung, wesshalb sie auch ihre Lage nur schwerfällig und langsam verändern können. Sie umgehen hierbei, eine zickzack-förmige Linie beschreibend, das Oogonium und fahren in ihrer derartigen Bewegung so lange fort, bis sie die Oeffnung des trichterförmigen Befruchtungsschlauches, also den Eingang zur Eikugel gefunden haben, oder, wenn sie dieses Ziel verfehlen, zu Grunde gehen. „Da diese Spermatozoiden eine nicht geringe Contractilität besitzen, so ändern sie ihre Gestalt während des Schwärmens fortwährend; sie erscheinen daher dem Beobachter bald als kugelige, bald wieder als eiförmige oder stark zugespitzt keilförmige Körperchen, die in ihren eigenthümlichen Bewegungen manchmal auf einige Sekunden innehalten. Wenn sie frei bleiben, so kann ihre Bewegung 2—3 Stunden lang andauern.“ Es ist auffallend, wie sehr bei Oedogonium diplandrum die Spermatozoiden noch den Charakter von Schwärmsporen beibehalten haben, ein Umstand, der sehr zu Gunsten der Theorie spricht, dass alle beweglichen Spermatozoiden des Pflanzenreichs nur als modificirte Schwärmsporen zu betrachten sind.

Sobald das Spermatozoid von Oedogonium diplandrum die Oeffnung des weiblichen Organes, jenen trichterförmigen „Befruchtungsschlauch“ des Oogoniums aufgefunden hat, dringt es — vermöge seiner Contractilität sich keilförmig verlängernd — mit dem vorderen farblosen, hyalinen Theil in den Trichter des Befruchtungsschlauches hinein. Die Cilien des Wimperkranzes bewegen sich hiebei so lange, bis sie selbst mit der Befruchtungskugel oder Eikugel (Oosphäre) in Berührung kommen. Sobald dies geschieht, bleiben sie am Plasma der Oosphäre festhaften; „es erfolgt nun eine Zuckung und der Samenkörper berührt mit seiner Mundstelle die Eizelle.“ An der berührten Stelle der Oosphäre tritt nun sofort ein rundlicher, farbloser und glänzender Fleck, der sogen. Keimfleck auf und nun beginnt die Verschmelzung des Spermatozoids mit der Eikugel (Fig. 7, sp'), wobei eine starke Contraction der letzteren und das langsam fortschreitende Hineingleiten des Samenkörpers sehr klar zu beobachten ist. Das Spermatozoid sinkt mehr und mehr in die Plasmamasse der Eikugel hinein und bald verschwindet auch sein hinterer, orange-gelber Theil vollständig in dem sich über ihm schliessenden Plasma der Oosphäre. Letztere erscheint kurze Zeit nachher ringsum gleichartig gefärbt und in gleicher Weise mit grünen Chlorophyllkörnern ausgestattet.

Die befruchtete Eizelle erhält im Verlauf von 4—6 Stunden eine doppelt conturirte Zellstoffmembran; sie verliert bald ihre grüne Färbung und wird intensiv orangeroth, eine ruhende Eispore, Oospore, darstellend (Fig. 8).

Jurányi hat auch constatirt, dass die Ruhezeit der Oospore nur von kurzer Dauer ist; denn die Reihe der weitem Entwicklungsvorgänge, die wir unter dem Ausdruck „Keimung der Eispore“ zusammenfassen

können, beginnt schon früher, als die übrigen Theile der weiblichen Fäden absterben. Die Eispore verlässt auch nicht, wie dies bei so vielen andern Oosporeen der Fall ist, die Mutterpflanze, um getrennt von dieser die Ruhezeit und hernach die ersten Keimungsstadien durchzumachen, sondern die Keimung der orangerothten Eispore beginnt schon im Innern des Oogoniums und wickelt sich unter ähnlichen Erscheinungen ab, wie bei der Eispore von Bulbochaete.

Zunächst sieht man die Oospore sich vergrössern; die innere Membranschichte der Sporenhaut quillt unter Wasseraufnahme stärker an, als die äussere, peripherische Membranschichte. Hiedurch wird sowohl auf den plasmatischen Inhalt als auch auf die nicht-quellende äussere Membranschichte ein Druck ausgeübt und zwar weil verschiedene Momente in ähnlichem Sinne zusammenwirken, derart, dass sich schliesslich die Haut der Eispore gerade an jener Stelle öffnet, welche der Oeffnung des Oogoniums zugekehrt ist (Fig. 9). Nun tritt unter fortwährender Wasseraufnahme der ganze Plasmakörper der Eispore als nackte Zelle gleichzeitig aus der Sporenhaut *f* und der Membran des Oogoniums hinaus ins Wasser und rundet sich vor der Geburtsöffnung zu einem eiförmig-elliptischen Körper ab und bekleidet sich mit einer neuen zarten, farblosen Membran. Kurze Zeit hernach zerfällt der plasmatische Inhalt dieser freiliegenden Zelle in drei in der Richtung der Längsaxe über einander gestellte Tochterzellen (*a*, *b*, *c* in Fig. 10). Die sie umhüllende gemeinsame Membran *h* erweitert sich hiebei derart, dass die drei dicht über einander liegenden Zellen ringsum frei sind. Durch eine nachträgliche Theilung parallel mit der Längsaxe dieses dreizelligen Körpers zerfällt die mittlere Zelle in zwei Tochterzellen, während die obere und untere der drei erstgenannten Zellen ungetheilt bleiben (Fig. 10). Der ganze Theilungsprocess währt nur sehr kurze Zeit; denn in drei bis 4 Minuten ist er vollendet.

Die 4 Tochterzellen rücken nun auseinander und runden sich zu eiförmigen Körpern ab (Fig. 11), an denen man einen stumpfern, plasmareichern, gefärbten Pol und einen spitzern, glashellen mit einem Wimperkranz versehenen Pol wahrnimmt. Die gemeinsame Hüllmembran *h* erweitert sich mehr und mehr und die vier Schwärmsporen beginnen schon in ihrem Gefängniss zu schwärmen, sich nach allen Seiten drehend und des Augenblicks harrend, da die Hülle zerfliesst und sie in Freiheit gelangen. Dies geschieht auch sehr bald an irgend einer Stelle der Hüllmembran, wo die Schwärmer dann austreten, um hernach im Wasser sich noch $\frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{4}$ Stunden zu bewegen. In allen Punkten gleichen diese Schwärmer den grünen geschlechtslosen Zoosporen, wie wir sie bei Fig. 2 & 3 kennen gelernt haben; nur in der Färbung geben sie Zeugnis von ihrem Herkommen; sie sind nämlich anstatt grün von zumeist orangegelben und rothen Plasmakörpern erfüllt. Zur Ruhe gelangt, keimen sie sofort und entwickeln sich ohne Ausnahme zu geschlechtslosen Oedogonium-Fäden. Während der ersten Keimungsstadien (Fig. 12) tritt auch allmählig das Ergrünen sämtlicher Plasmakörper ein; doch beobachtet man häufig in den einzelligen jungen Keimpflänzchen noch zahlreiche rothe Plasmakörner (Fig. 12), die letzten noch wahrnehmbaren Zeugen des Herkommens dieser jungen Pflanzen.

Wenn wir unter den Grünalgen (Chlorosporeen)

mit geschlechtlicher Fortpflanzung *Ulothrix zonata* (v. die Tafel dieser Benennung) als niedrigsten Typus betrachten müssen, so erscheint uns *Oedogonium diplandrum* als Bepräsentant der höchsten Differenzirung. Doch bieten uns beide Arten ungezwungen die schönsten Analogieen:

1. Die geschlechtslosen *Ulothrix*-Fäden bilden nicht-copulationsfähige Macrozoosporen, welche den grünen Zoosporen der geschlechtslosen Fäden von *Oedogonium diplandrum* entsprechen.
2. Die Microzoosporen-bildenden Fäden von *Ulothrix* entsprechen den geschlechtlichen Fäden von *Oedogonium*, den männlichen, Androzoosporen bildenden und den Oogonien tragenden.
3. Die unbefruchtete Eikugel (Oosphaere) von *Oedogonium* und das noch durchaus schwärmosporenartige Spermatozoid, das sich bei der Befruchtung mit der Oosphaere vereinigt: diese beiden verschiedenen Sexualzellen von *Oedogonium* entsprechen den copulationsfähigen Microzoosporen von *Ulothrix zonata*.
4. Die Befruchtung, d. h. die Vereinigung von Spermatozoid und Oosphaere bei *Oedogonium* entspricht der Copulation zweier Microzoosporen von *Ulothrix zonata*.
5. Die befruchtete Eizelle, die sogen. Oospore oder Eispore bei *Oedogonium* entspricht der durch Copulation zweier Microzoosporen entstandenen Zygozospore von *Ulothrix*.
6. Die keimende, 4 Schwärmosporen bildende Eispore von *Oedogonium* verhält sich durchaus ähnlich wie die wachsende und zuletzt auch Zoosporen bildende Zygozospore von *Ulothrix* und — wenn wir die Analogie weiter hinauf fortsetzen wollen: es sind die Zygozospore von *Ulothrix* und die Oospore von *Oedogonium* den sogen. Moosfrüchten der Bryophyten gleichzusetzen.

Von all den Differenzen in der Entwicklungsgeschichte von *Ulothrix* einer- und *Oedogonium* andererseits heben wir den wesentlichsten Unterschied heraus, welcher darin besteht, dass bei *Ulothrix* die beiden Zeugungszellen durchaus gleichwerthige und gleichgestaltete, sich auch durchaus gleich verhaltende, schwärmende und sich copulirende Mikrozoosporen sind, während bei *Oedogonium* die eine Zeugungszelle allerdings noch in allen Punkten einer schwärmenden Mikrozoospore gleicht, die andere Zeugungszelle dagegen modificirt erscheint und eine enorm grosse, nicht mehr schwärmende, sondern passiv die Copulation abwartende nackte Plasmamasse darstellt (Oosphaere), die wir eben deshalb die weibliche oder die Eizelle nennen. Bei *Oedogonium* macht sich also ein geschlechtlicher Gegensatz geltend, der bei *Ulothrix* noch nicht sichtbar zu Tage tritt, sondern dort noch unvollendet, erst werdend, in der morphologischen Gleichartigkeit der Microzoosporen schlummert.

Fig. 1. Stück eines jungen *Oedogonium*-Fadens, von dem sich in diesem Entwicklungsstadium noch

nicht bestimmen lässt, ob er sich zu einer männlichen oder zu einer geschlechtslosen Pflanze entwickeln wird. Vergr. $1000 \times$.

- Fig. 2. Stück eines geschlechtslosen Fadens mit einer eben austretenden Zoospore **zo** und einer in der Mutterzelle noch gefangen liegenden, eben fertig gewordenen Zoospore **zo'**.
 - Fig. 3. **a** — eine (geschlechtslose) grüne Zoospore frei im Wasser schwärmend. **b** — ein zweizelliges junges Pflänzchen, durch Keimung einer grünen Zoospore entstanden.
 - Fig. 4. Stück eines weiblichen Fadens mit zwei jungen, noch unfertigen Oogonien **og og**.
 - Fig. 5. Stücke eines männlichen Fadens mit ungleich hohen Zellen; in den untern Zellen hat sich das vorher grüne Plasma bereits in Orange gelb umgefärbt **k**. Bei **as'** eine ausschlüpfende Androzoospore; **as** — eine Androzoospore während des Schwärmens.
 - Fig. 6. Stück eines weiblichen Fadens mit den reifen Oogonien **og'** und **og''**. Am obern noch vollständig geschlossenen Oogonium **og'** ist das farblose Plasma **fp** bereits an der Oosphaere sichtbar, während das untere Oogonium **og''** geöffnet ist und von der Oosphaere ein Theil des farblosen Plasma's **fp** aus der Oeffnung heraustritt. **m** — ein auf dem Oogonium **og''** festsetzendes Zwergmännchen, dessen Plasmakörper noch nicht segmentirt ist. **m'** ein bereits geöffnetes (deckelabwerfendes) Zwergmännchen mit den austretenden 2 Spermatozoiden, von denen das obere **sp'** den Deckel **c** auf die Seite schiebt.
 - Fig. 7. Ein reifes Oogonium zur Zeit der Befruchtung: das Spermatozoid **sp'** ist bereits mit seinem farblosen Vordertheil in die Masse der Oosphaere versunken. **m** — ein Zwergmännchen, dessen Plasmakörper im Begriffe steht, sich in zwei Portionen zu theilen. Bei **sp** (unten zwischen Fig. 6 & 7) ein freies Spermatozoid.
 - Fig. 8. Ein Oogonium mit der rothgewordenen Oospore.
 - Fig. 9. Das austretende Plasma der im Oogonium keimenden Oospore. **f** — die Membran der Oospore.
 - Fig. 10. Der mit einer neuen Membran versehene freiliegende, bereits in 4 Plasmaportionen getheilte Inhalt der keimenden Oospore. **a, b & c** — die drei in der Längsaxe übereinander liegenden Portionen, von denen die mittlere **b** noch eine zweite Theilung erfahren hat. **h** — die neue, immer weiter werdende Membran der keimenden Oospore.
 - Fig. 11. Die vier fertig gebildeten Zoosporen im Innern der keimenden Eispore. Die Membran **h** ist noch mehr erweitert als in Fig. 10.
 - Fig. 12. Junges Keimpflänzchen, in dessen Inhalt noch zerstreute, rothe Plasmakörner zu sehen sind.
- Die Figuren 2—12 sind 2500 mal vergrößert.

- Literatur.** Jurányi, Ludwig. Beitrag zur Morphologie der Oedogonien. Jahrb. f. wissensch. Bot. IX. Bd. 1. Heft. 1873.
 De Bary, Anton. Ueber die Algengattungen *Oedogonium* und *Bulbochaete*. 1854.
 Pringsheim, N. Morphologie der Oedogonien. Jahrb. für wissensch. Bot. Bd. I.
 Wittrock. Prodrömus monographiae Oedogoniacearum, Nov. Act. Reg. soc. Upsal. Vol. IX. (1874).

Cosmarium Botrytis.

Cosmarium Botrytis Menegh. gehört zu den Desmidiaceen, einer Gruppe von einzelligen Algen meist symmetrischer Gestalt. Durch eine Einschnürung in der Mitte der Zelle erscheint der Inhalt paarig. Das strukturlose, von Chlorophyll gefärbte Plasma ist in der Regel in der Mitte, wo häufig ein farbloser Zellkern zu sehen ist, unterbrochen. In jeder Zellhälfte erscheint das lebhaft grün gefärbte Plasma in Bänder oder Platten angeordnet; diese lassen in Zahl und Anordnung eine gesetzmässige Beziehung zu den grössern kugeligen oder eiförmigen Körpern erkennen, welche unter dem Namen Chlorophyllbläschen (Nägeli) oder Amylonkerne (De Bary) einzeln oder zu zweien oder zu mehreren in jeder Zellhälfte auftreten. Nebst dem grünen Plasma und den Amylonkernen findet man in der Zelle eine wässrige farblose Flüssigkeit, in der nicht selten eine grössere Zahl dunkler Körnchen eine tanzende Bewegung, die sogenannte Brown'sche „Molecular-Bewegung“ zeigt. Die ziemlich feste Membran der Desmidiaceen ist häufig mit warzenförmigen Erhöhungen, Längsstreifen oder mit wellenförmigen Erhabenheiten bekleidet; auch finden sich nicht selten verdünnte Stellen („Poren“) in der Membran. Alle diese, für die Gattungen und Arten charakteristischen Zeichnungen der Membran zeigen häufig in Zahl und Vertheilung eine gesetzmässige Anordnung. Manche einzeln lebende Desmidiaceen besitzen die Fähigkeit, sich langsam zu bewegen, während anderen Arten, bei denen viele Individuen in eine zusammenhängende Reihe geordnet sind, diese Bewegungsfähigkeit abgeht.

Die Fortpflanzung der Desmidiaceen geschieht auf geschlechtlichem und ungeschlechtlichem Wege: geschlechtlich durch Copulation zweier Individuen zur Bildung einer Zygospore, ungeschlechtlich durch Theilung. Letztere Fortpflanzungsart ist die dominirende; wir haben sie in der vorliegenden Tafel zur Darstellung gebracht.

Im ausgewachsenen Zustande zeigt *Cosmarium Botrytis* die in Fig. 4 dargestellte Hauptansicht. Die Zelle — hier 4400 mal vergrössert — ist etwas länger als breit und nur halb so dick als breit. Durch eine tiefe Einschnürung ist die Zelle auf halber Länge in zwei symmetrische Hälften getheilt; jede Hälfte besitzt einen undeutlich stumpf-dreieckigen Umriss; die beiden Pole an den Enden der Längsaxe der ganzen Zelle sind abgestutzt; die Membran ist daselbst weniger deutlich mit Warzen besetzt; am stärksten treten diese letzteren zwischen Pol und Isthmus am Umriss hervor. Nach Nägeli sind die Warzen entweder unregelmässig angeordnet, oder sie bilden Reihen, welche an der breiten Hauptfläche strahlenförmig nach dem Isthmus convergiren. Das schmale Längsprofil der Zellhälfte (hier nicht sichtbar) ist rundlich-oval. An der farblosen Stelle des Isthmus ist das grüne Plasma der Zellhälften unterbrochen. Dort ist die Lage des Zellkernes, der aber selten deutlich zu sehen ist. Bei *Cosmarium Botrytis* finden sich in jeder Zellhälfte zwei Amylonkerne, je einer rechts und links von der Hauptaxe. Ihre Oberfläche ist eine grün gefärbte Plasma-

schicht, während das Innere aus Protein-Substanzen und Stärkekörnern besteht. An die Amylonkerne lehnen sich je 4 dunkelgrüne Plasma-Platten (Chlorophyllbänder), so dass jede Zellhälfte deren 8 besitzt (in Fig. 4. sehen wir nur 4 Chlorophyllplatten in jeder Zellhälfte gezeichnet, da die andern, der Bildfläche abgewendeten Platten nicht zur Darstellung gelangen konnten.) Der übrige Hohlraum der Zelle ist von homogenem, hellgrünem Plasma und von einer wässrigen Zellflüssigkeit erfüllt, die stellenweise zwischen Amylonkernen und Chlorophyllplatten einerseits und der Membran andererseits unregelmässige Vacuolen bildet, in denen zahlreiche dunkle Körnchen mit tanzender Bewegung suspendirt sind. Dergleichen tanzende Körperchen kann man in lebhaft wachsenden Zellen häufig auch ausserhalb jener Vacuolen, in den wässrigen Inhaltspartien dicht bei den Chlorophyllplatten und Amylonkernen sehen. Nebst den genannten Inhaltsbestandtheilen finden sich häufig auch stark lichtbrechende Oeltröpfchen in grösserer oder kleinerer Zahl durch das Lumen zerstreut.

Fig. 1, 2 und 3. — Theilungsvorgang bei *Cosmarium Botrytis* nach De Bary und nach eigenen Beobachtungen. Vergrösserung 4400 ($4400\times$)

Fig. 1. Schwesterzellenpaar bald nach der Theilung, in der linken Zelle Einschnürung der Amylonkerne. (Um 10 Uhr 30 Minuten).

Fig. 2. Dasselbe um 11 Uhr. Die Theilung der Amylonkerne ist weiter vorgeschritten. Es beginnt grünes Plasma in die junge Hälfte überzutreten.

Fig. 3. Dasselbe um 12 Uhr. Die Amylonkerne sind fast völlig getheilt und übergetreten. Dasselbe von De Bary beobachtete Paar war um 8 Uhr Abends ausgewachsen und zeigte in den neuen Hälften die erste Andeutung des undulirten (warzigen) Umrisses.

Bei *Cosmarium* reisst vor der Theilung die derbe Membran der Zelle in der eingeschnürten Mitte ringförmig auf. Das Mittelstück (der Isthmus), welches beide Hälften verbindet (Fig. 4), verlängert sich etwas; die beiden Hälften erscheinen daher auseinander gerückt. Das Mittelstück selbst besitzt eine zarte Membran, welche in die Innenflächen der derben, beide Hälften umkleidenden Zellhaut übergeht. Bald erscheint in ihm eine zarte Querwand, welche die ganze Zelle in zwei Tochterzellen von der Form der Mutterzellhälften theilt. Die Querwand, anfangs nur als eine zarte Linie angedeutet, spaltet sich in zwei Lamellen, die sich sofort gegen einander vorwölben. Der durch sie begrenzte kleine convexe Auswuchs der neugebildeten Zellen vergrössert sich nun allmähig in der Art, dass zuletzt eine jede Tochterzelle in gleicher Weise wie die Mutterzelle wiederum aus zwei symmetrischen Hälften besteht.

Zu der Zeit, da das Mittelstück sich zu strecken beginnt, sehen wir das Plasma zu beiden Seiten der zarten Trennungswand in einen dicken Wandbeleg angesammelt. Je mehr die neugebildeten Stücke wachsen, desto mehr nimmt dieser plasmatische Wandbeleg an Mächtigkeit ab. (Vergl. Fig. 1, 2 und 3, p. p.)

Bald nach der Theilung der Mutterzelle treten die benachbarten Enden der Chlorophyllkörper in die jungen, zartwandigen und mit mächtigem Wandplasma versehenen Zellhälften hinein (Fig. 2); je mehr die neue Hälfte anschwillt, desto mehr nehmen die übergetretenen Partien an Masse zu, die in der alten Hälfte befindlichen ab. Mit beginnendem Uebertritt des Chlorophylls dehnen sich beide Amylonkerne der ältern Hälfte nach der jüngern hin in die Länge und schnüren sich in der Mitte ein (Fig. 1 und 2). Einer nach dem andern rückt gegen die Zellmitte vor: sein

für die neue Zellhälfte bestimmter Theil tritt in diese über, indem er sich von dem andern, der ältern Hälfte verbleibenden trennt (Fig. 3). Alle vier Amylonkerne rücken an die in der erwachsenen Zelle ihnen zukommenden Plätze“ (De Bary). Auch die dunkeln tanzenden Körnchen wandern zum grössten Theil von der alten Zellhälfte in die neue über.

Fig. 4. Ein ausgewachsenes Individuum, mit zahlreichen tanzenden Körperchen in den hellen Vacuolen (beobachtet den 1. Decbr. 1874).

-
- Literatur:** **Nägeli, Carl.** Gattungen einzelliger Algen. (Zürich 1849).
De Bary, A. Die Familie der Conjugaten. (Leipzig 1858).
Sachs, Julius. Lehrbuch der Botanik. (Leipzig 1874.)
Duchartre. *Éléments de Botanique.* (1875 und 1876).

Chara fragilis (Alex. Braun) Desvaux.

Wohl keine andere Kryptogamen-Gruppe hat den Systematikern so viel Schwierigkeiten für eine befriedigende Einreihung in's natürliche System bereitet, wie die Gruppe der Characeen, Armleuchtergewächse. A. L. Jussieu placirte sie unter die monocotylen Blütenpflanzen und zwar in die Reihe der Najadeen; Rob. Brown stellte sie in die Nachbarschaft der Hydrocharideen, wieder andere Botaniker reihten sie den Myriophyllen und Ceratophyllen an, mit welcher letzteren die Characeen im Habitus — bei microscopischer Betrachtung allerdings einige Aehnlichkeit haben. Die entwicklungsgeschichtliche microscopische Untersuchung ergab jedoch, dass die Characeen durchaus nicht zu den Blütenpflanzen, sondern zu den Zellenkryptogamen zu rechnen sind. Demgemäss wurden sie von den neuern Botanikern (Linné rechnete sie zuerst zu den Kryptogamen, später aber wieder zu den Blütenpflanzen) den Algen angereiht, so von Wallroth, Martius, Endlicher und Agardh. Adrian v. Jussieu lehnte sich dieser Auffassung an. M. Brognart wollte sie am besten bei den höchsten Kryptogamen, in der Nähe der Farne und Marsiliaceen, oder doch wenigstens bei den Moosen untergebracht wissen. Le Maoût und Decaisne (Traité général de Botanique) stellen sie zwischen die Moose und die Isoëten, also zwischen die höchst differenzirten Zellenkryptogamen und die Gefässkryptogamen. — Auch bei den deutschen Botanikern der Neuzeit macht sich die verschiedenste Auffassung über die Stellung der Characeen geltend. Während letztere von den einen Autoren in die alte „Classe“ der Algen untergebracht wurden, wollten sie andere Autoren zu einer eigenen, selbständigen Classe erheben. Wieder andere kamen zu der Ansicht, dass man die Characeen am besten bei den Carposporeen der neuern Systeme unterbringe. Noch andere Autoren reihten sie gleichzeitig den Oosporeen des gleichen Systemes an. Gegenwärtig scheint in Deutschland diese letztere Ansicht die Oberhand zu gewinnen. De Bary gibt ihnen (in seinem „Beitrag zur Systematik der Thallophyten“, Bot. Zeitung 1881 Nr. 1) als eigenartiger Gruppe, welche sich weder nach Oben noch nach Unten leicht an andere Kryptogamen anreihen lässt, eine isolirte Stellung.

Wenn wir die vorerwähnte De Bary'sche Systematik der Thallophyten acceptiren, so erheben wir die zuerst von Richard und Kunth aufgestellte „Familie“ der Characeen am besten zu einer besondern Classe, welche zu allen andern Gruppen der Thallophyten nur in entfernter Verwandtschaft steht, mit den Ei-bildenden Chlorosporeen allerdings einige verwandte Züge aufweist, aber keineswegs hinreichend, um sie mit diesen letzteren vereinigen zu können.

Da die Characeen über alle Theile der Erde und meist in grossen Massen — gesellig zusammenlebend — verbreitet sind und meistens einen charakteristischen Bestandtheil der untergetauchten Süswasserflora bilden, so wäre dies allein schon Grund genug, ihnen in unserem „Atlas“ eine besondere Tafel zu widmen. Nun kommt aber noch hinzu, dass die

lebendigen Zellen der Armleuchtergewächse eine ganz eigenartige Strömung im Zellinhalte zeigen, welche nebst den Plasmaströmungen in den Zellen von Elodea (vergl. die Tafel dieses Namens), von Vallisneria und in den Staubfadenhaaren von Tradescantia mit zu den interessantesten physiologischen Erscheinungen des Pflanzenreiches gehört. Diesem letzteren Momente haben wir in der Herstellung unserer Chara-Tafel ganz besondere Aufmerksamkeit gewidmet.

Die in unserer Tafel dargestellte Chara wurde von Linné und den älteren Botanikern mit der später von Alex. Braun aufgestellten Chara foetida zusammen unter dem Namen Chara vulgaris beschrieben. Beide von A. Braun als verschiedene Species auseinander gehaltenen Formen sind äusserst variabel und es ist ein wesentlicher Unterschied zwischen den Gliedern beider Reihen schwer zu finden, so dass die von uns dargestellten Objecte wohl als typische Erscheinungen für die Formenreihe beider Arten, nämlich von Chara fragilis und Ch. foetida gelten können.

Chara fragilis, der zerbrechliche Armleuchter, findet sich in Süswässern aller Erdtheile, ist also ein Kosmopolit. Sie ist eine untergetauchte, buschige Rasen bildende Süswasserpflanze und erreicht je nach dem Standort und den Nahrungsverhältnissen eine Höhe von 15–30 Centimeter. Im schlammigen Grunde stehender oder langsam fliessender Gewässer fussend, bildet sie — höher organisirten Pflanzen entsprechend, aufstrebende steife „Stengel“ (st, st Fig. 1), an denen in grösseren oder kleineren Abständen von einander entfernte Quirle sogenannter „Blätter“ (B, B Fig. 1) stehen. Diese Blätter, meist zu 6 (oder auch 8) je einen Quirl bildend, tragen ihrerseits selbst wieder mehrere Quirle eigenartiger Gebilde, die man mit dem Namen „Blättchen“ (b, b Fig. 1 und b b' b'' Fig. 2 & 3) belegt hat. Die Zweige (z in Fig. 1) wiederholen im Wesentlichen den morphologischen Aufbau des Stengels und entstehen an diesem letztern in der Achsel der Blätter. Wie der Hauptstengel, so verlängern sich auch die Zweige durch unbegrenztes Spitzenwachsthum.

Zum Verständniss der Fig. 1 & 2 unserer Tafel diene der hierauf anwendbare Theil einer beschreibenden Darstellung, wie sie z. B. das Lehrbuch der Botanik von Julius Sachs und die medicinisch-pharmaceutische Botanik von Chr. Lürssen enthält.

„Der Stamm sämtlicher Characeen wächst mittelst einer nahezu halbkugeligen Scheitelzelle, welche durch eine horizontale Wand jedesmal in eine neue Scheitelzelle und eine scheibenförmige Segmentzelle zerfällt. Letztere theilt sich noch einmal durch eine Querwand in zwei über einander stehende scheibenförmige Zellen, von denen die untere ohne weitere Theilungen sich zu dem langen Internodium streckt, die obere sich zu einem niedrigen Knoten umbildet, der zuerst durch eine senkrechte Wand halbirt und darauf durch weitere peripherische (tangentiale), senkrechte Wände in eine ziemlich complicirt gebaute Zellenscheibe umgewandelt wird. Aus den peripherischen Zellen

jedes solchen Knotens entwickeln sich die „Blätter“ (**B B** in Fig. 1), das erste Blatt stets aus der ältesten, das zweite Blatt desselben Quirles etwas später aus der nächst jüngeren Knotenzelle und so fort, so dass die Glieder eines Blattquirles ungleich alt sind. In den jüngsten Blattwirteln macht sich dieses verschiedene Alter der Blätter noch durch die verschiedene Grösse und Ausbildung der letztern bemerkbar; im dritt- oder viertjüngsten Quirle zeigen sich davon nur noch Spuren, die später ganz verwischt werden.“ (In unserer Fig. 1 ist bei keinem einzigen Blattquirle mehr zu unterscheiden, welches Blatt das älteste und welches das jüngste ist).

Die erste Anlage des Blattes tritt in Form einer Pappille auf, zu welcher sich die Aussenwand der betreffenden Knotenzelle emporwölbt. Das junge Blatt erhält sofort eine Scheitelzelle, welche in derselben Weise, wie diejenige des Stammes, **Blattknoten** und Blatt-Internodien erzeugt. Das erste sehr kurze Internodium jedes Blattes bleibt im Stengelknoten verborgen, jedes Blatt beginnt daher an der Oberfläche des Stammes mit einem Knoten, dem **Basilarknoten**. Die Blattknoten entwickeln wieder „Blättchen“ (**b b' b''** in Fig. 2 & 3) in der beim Stengel angegebenen Weise; ihre Quirle alterniren aber nicht wie die Blattquirle des Stammes und seiner Zweige. Das **Scheitelwachstum** der Blätter und Blättchen ist ferner begrenzt; denn schliesslich stellt die Scheitelzelle derselben ihre Theilungen ein und wächst zu der meist zugespitzten Endzelle des Blattes aus (**S** in Fig. 2).

„Das älteste Blatt jedes am Stengel (Stamm) erzeugten Wirtels kann in seiner Achsel aus einer Zelle des Basilarknotens einen Seitenast, **Zweig (z** in Fig. 1) entwickeln, der alle Verhältnisse des Stammes genau wiederholt. Die Achselprosse der auf einander folgenden, mit einander alternirenden Blattwirtel stehen in einer Spirallinie um den Stamm, der gewöhnlich auch im Sinne dieser Spirale eine nachträgliche Drehung (**Torsion**) erfährt.“ (Man vergleiche die zwei untern Internodien **st st** in Fig. 1).

Bei den meisten Arten von *Chara*, auch bei unserer *Ch. fragilis* und bei *Ch. foetida* sind die langgestreckten Internodien des Stengels und der Blätter auf eine eigenthümliche Art berindet, „so dass sie auf dem Querschnitte eine grosse centrale Zelle (die ursprüngliche Internodialzelle) — **cr** in Fig. 2 — allseitig von einem Kranze kleiner peripherischer Zellen **r r**, den Rindenzellen oder Rindenröhrchen, umgeben zeigen, welche den am Internodium herablaufenden und mit ihm verwachsenen „Rindenlappen“ angehören. Letztere nehmen beim Stengel ihren Ursprung aus den **Basilarknoten** der Blätter, indem von jedem Blatte ein Rindenlappen aufsteigend an das nächst obere und einer absteigend an das nächst untere Internodium sich anlegt. Nur dem ältesten Blatte des Knotens, in dessen Achsel der Seitenzweig entsteht, fehlt der aufsteigende Rindenlappen. Die von einem Knoten absteigenden Rindenlappen verwachsen in der Mitte des unter dem betreffenden Knoten befindlichen Gliedes mit den an diesem Internodium von dem nächst unteren Knoten aufsteigenden Rindenlappen.“ Dieser Vorgang der Rindenbildung am Stengel wiederholt sich im Wesentlichen auch an den Blättern. Wir sehen daher bei

Chara fragilis und den verwandten Formen bei den ausgewachsenen Blättern die Internodien ebenfalls durch röhrenartige Zellen berindet und zwar so, dass ungefähr auf halber Länge des Internodiums die von Oben und von Unten gegen die Mitte wachsenden Rindenzellen hier gegenseitig aufeinander stossen (vergl. Fig. 2).

Der ganze Vorgang der Berindung ist jedoch nicht etwa so zu verstehen, als ob das zuvor gestreckte und noch nackte Internodium von seinen beiden begrenzenden Knoten aus erst nachträglich mit den Rindenlappen bekleidet würde, sondern die Entstehung der Rinde beginnt stets mit einem sehr frühen Entwicklungsstadium unmittelbar nach der Anlage des Gliedes.

Die **Characeen** bilden schlauchartige, haarähnliche Organe, welche die physiologischen Funktionen von Wurzeln übernehmen und als Rhizoiden zu bezeichnen sind. Sie entstehen aus oberflächlichen Zellen der untern Stengelknoten und erscheinen durch entfernt stehende schiefe Querwände in mehrere lange Zellen getheilt.

Ausser den Blättern, normalen Zweigen und Rhizoiden treffen wir bei manchen älteren Pflanzen von *Chara fragilis* noch andere, ganz eigenthümlich entwickelte seitliche Organe, die als sogenannte **Zweigvorkeime** und als **nacktfüssige Zweige** zum Theil der ungeschlechtlichen Vermehrung dienen (vergl. hierüber die ausführlicheren Lehrbücher der Botanik).

Die **Characeen** besitzen **Geschlechtsorgane**, welche von denjenigen aller andern Pflanzengruppen bedeutend abweichen, wodurch die isolirte Stellung dieser Wasserpflanzen im natürlichen System begründet ist. Das **männliche Organ** wird **Antheridium** genannt und steht bei *Chara fragilis* seitlich an den Gelenken des vielgliederigen Blattes (**a a** Fig. 1 und Fig. 2) und zwar einzeln an den Knoten auf der Ober- oder Bauchseite der Blätter. Das Antheridium nimmt hier die Stelle eines Blättchens ein und zwar diejenige des ältesten vom ganzen Blättchenquirle. Es erscheint dem unbewaffneten Auge als orange- oder ziegelrothes Kügelchen (**a a** in Fig. 1 & 2), dessen rothgefärbte mit Zickzackrändern an einander grenzende Rindenzellen zur Zeit der Reife am Scheitel des Antheridiums oder auch total auseinander weichen, um den 2000—4000 Spermatozoiden, welche sich im Innern des Antheridiums gebildet haben, möglich zu machen, in Freiheit zu treten. Die Spermatozoiden sind lange spiralig gewundene, im Wasser sich lebhaft bewegende Plasmafäden, die an der Spitze der vorderen ihrer 2—4 Windungen 2 lange, sehr zarte Wimpercilien tragen, mit Hülfe welcher sie sich im Wasser von der Stelle bewegen. Sie gleichen in hohem Grade den Spermatozoiden der Moose.

Das **weibliche Organ** erhielt je nach der verschiedenen Auffassung über die natürliche systematische Stellung der Characeen von verschiedenen Autoren verschiedene Namen: Oogonium, Carpogon, Eiknospe, Sporenknospe. An De Bary anlehnd, wählen wir den Ausdruck **Eiknospe (sk sk** in Fig. 1).

Bei *Chara* entspringen die Eiknospen aus den Basilarknoten der Blättchen, meist in der Achsel des ältesten Blättchens oder des Stellvertreters dieses letzteren. Da bei *Chara fragilis* in den fertilen Blättchenquirlen das älteste Blättchen nicht vorhanden, sondern

in ein Antheridium verwandelt ist, so steht die Eiknospe hier unmittelbar über dem Antheridium, scheinbar in der Achsel dieses letzteren (vergleiche in Fig. 2 die zwei noch jungen Sporenknospen über den Antheridien **a a.** zwischen den zwei längsten Blättchen **b b.**). Immer befinden sich die Eiknospen bei Chara auf der Ober- oder Bauchseite der Blätter, was namentlich in unserem Habitusbild (Fig. 1) deutlich hervortritt, wo jedes Blatt (**B**) in seinem unteren und mittleren Theile 4 in regelmässigen Zwischenräumen auf einander folgende fruchtbare Blättchenquirl trägt. Die Eiknospe von Chara fragilis repräsentirt somit einen Spross. In ganz jungem unberindetem Zustand besteht sie aus drei über einander liegenden Zellen: einer kurzen Stielzelle (in keiner unserer Figuren sichtbar), ferner einer ebenso kurzen, mittleren Zelle, welche man passend die Knotenzellen nannte (ebenfalls in unseren Figuren unsichtbar), und endlich der Scheitelzelle, die zur künftigen, das Ei bildenden Centralzelle (**Os** in Fig. 2 & 3) wird. An der Basis der letztern, unmittelbar über der Knotenzelle, wird bei Chara frühzeitig eine niedrige, hyaline Zelle abgegrenzt, die „basale Wendungszelle“ (in keiner unserer Abbildungen sichtbar). Aus der Knotenzelle sprossen 5 schlauchförmige Zellen, welche als spiralig aufsteigende „Hüllschläuche“ (**WW** in Fig. 2 & 3) sich dicht der Centralzelle (**Os Os** Fig. 2 & 3) anschmiegen und später mit dieser verwachsend, endlich über dem Scheitel derselben zusammenneigen, die Centralzelle lückenlos einschliessend. Die obere Theile dieser fünf gewundenen Hüllschläuche werden bei Chara durch eine Querwand von den gewundenen Theilen abgegrenzt und zusammen als aufrecht stehendes, aus 5 kurzen Zellen zusammengesetztes „Krönchen“ (**Kr** in Fig. 2 & 3) über den Scheitel der Centralzelle emporgehoben. Es bildet sich während der Entwicklung der Eiknospe unmittelbar unter dem Krönchen **Kr** ein Interzellularraum, der unter der Krönchenmitte ziemlich weit ist, weiter abwärts aber zu einem engen Canal wird, um dicht über dem Scheitel der Centralzelle sich schwach trichterförmig zu erweitern. Dieser Interzellularraum ist von einer wässerigen, farblosen Substanz erfüllt.

Die Centralzelle der Eiknospe ist eine riesige, eiförmige Zelle, die von Protoplasma, Oeltropfen und Stärkekörnern dicht erfüllt ist (**Os** in Fig. 3). Hat die Eiknospe eine gewisse Entwicklungsstufe erreicht, so tritt am Scheitel der Centralzelle eine gallertartige Erweichung der Membran ein; auch wird dort ein heller Empfängnissfleck sichtbar, wodurch die Plasmamasse der Centralzelle den Charakter eines einzigen grossen empfängnissfähigen Eies annimmt. Nun weichen unterhalb des Krönchens die 5 Hüllschläuche derart auseinander, dass 5 Spalten von Aussen her zum empfängnissfähigen Scheitel des Eies Zutritt gestatten. Hier dringen denn auch die Spermatozoiden hinein und bewirken, indem sich das eine oder das andere Spermakörperchen mit dem Ei vereinigt, die Befruchtung. Während die nicht zur Eizelle gelangte Mehrzahl der Spermatozoiden rasch zerfällt, umgibt sich das Ei ringsum mit einer allmählig derber werdenden, festen Cellulose-Membran.

Das Produkt der geschlechtlichen Vereinigung (von Spermatozoid und Eizelle) ist eine mit eigener Membran ausgestattete, bis zur völligen Reife aber

von den Rindenschläuchen umgebene und vom Krönchen **Kr** überkrönte Eispore, Oospore. Während dieselbe, mit der mütterlichen Pflanze in Zusammenhang bleibend, ihrer Reife entgegen geht, nehmen die vorher grünen, in Reihen angeordneten Chlorophyllkörner, die der Innenwand der 5 Hüllschläuche und der 5 Krönchenzellen fest anliegen, allmählig eine braune oder braungelbe Farbe an, wobei zu bemerken ist, dass bei Chara fragilis sich die Krönchenzellen bedeutend später umfärben als die 5 gewundenen Hüllschläuche, wie aus der Hauptfigur unserer Tafel zu ersehen ist.

Die reife Oospore, welche schliesslich von der Mutterpflanze sich lostrennt und auf den Grund des Wassers sinkt, ist eine von mässig dicker farbloser Cellulosewand umgebene, von farblosem Fett und Stärkekörnern dicht erfüllte Zelle. Aber diese nach Hülle und Inhalt ganz farblose Zelle wird überall eng umschlossen von der dicken, bei Chara fragilis schwarzbraunen Schale, welche sich nach der Befruchtung entwickelt aus den der Oospore angrenzenden Wandstücken der Hüllschläuche, indem diese Wandstücke sich verdicken und erhärten, während der übrige Theil der Wände jener Hüllschläuche erst gallertartig aufquillt und dann sammt dem Inhalte zerfliesst und verschwindet. Zunächst sind in allen Fällen die ganzen, der Oospore anliegenden und sie mit einander lückenlos bedeckenden inneren Wandstücke der 5 gewundenen Hüllschläuche und die der Oospore unten angrenzende Wand der basalen „Wendungszelle“ an der Schalenbildung betheiligt und von ihnen aus erstreckt sich die Membranverdickung, gegen die Oberfläche hin abnehmend, eine Strecke weit auf die Seitenwände der Hüllschläuche, letzteres derart, dass die persistirenden Stücke der Seitenwände als mehr oder weniger scharfe, der Windung der Schläuche entsprechend verlaufende spiralige Leisten auf der Schalenoberfläche vorspringen (Fig. 4, wo links eine geplatze Oospore mit den ausgetretenen Oeltropfen **ol** und Stärkekörnern am dargestellt ist, während rechts eine unverletzte reife Spore nur die dunkelbraune, verholzte, mit Spiralkanten ausgestattete Schale, nicht aber den Inhalt zeigt). Bei Chara fragilis ist diese harte braune Schale aussen von einer mehr oder minder starken Lage bedeckt, welche von Körnchen kohlen-sauren Kalkes dicht durchlagert und daher Kalkschale zu nennen ist. Solche Schalen sind undurchsichtig und zeigen im reflektirten Lichte eine matte graue oder weisse Oberfläche. Wird das Kalksalz durch eine Säure vorsichtig gelöst, so zeigt sich, dass es in einer hyalinen, weichen Membran eingelagert ist, welche die verholzte, braune überall umkleidet und zarte Schichtung erkennen lässt (Fig. 4).

Man vergleiche hierüber, sowie über die Keimungsgeschichte der Charasporen die diesbezügliche Abhandlung von De Bary (Bot. Zeitung 1875 Nr. 23—25).

Zu den interessantesten Erscheinungen der lebenden Pflanzenwelt gehören die zuerst von dem Italiener Corti im Jahr 1773 entdeckten, im folgenden Jahr von ihm beschriebenen, später von Treviranus 1807 zum zweiten Mal entdeckten und seither von verschiedenen Forschern untersuchten **Rotationsbewegungen** in den Zellen der Characeen. Ueber die Art dieser Bewegungen und die dabei sich geltend machenden

Gesetze verbreiten sich namentlich die zwei verdienstlichen Abhandlungen von Alexander Braun (1852/53) und von Carl Nägeli (1860) — vergl. Literaturangabe am Fuss dieses Textes.

Diese Rotationsströme sind bei günstiger Temperatur, namentlich in allen langgestreckten, röhrenförmigen, mit grünen Plasmakörnern ausgestatteten Zellen der Characeen sehr leicht zu beobachten, also vor Allem in den röhrenförmigen Zellen der Stengel-Internodien und der Blätter, sodann auch in den langgestreckten „Blättchen“, ferner in den spiralig ansteigenden fünf Hülschläuchen der Eiknospe (Fig. 3). Nichts destoweniger zeigt sich die Strömung auch in manchen kurzen Zellen, so z. B. in den 5 Zellen des Krönchens von *Chara fragilis*, während sie nicht beobachtet wird bei Zellen, die noch sehr jung und in Theilung begriffen sind, ferner bei verkümmerten Zellen, dann in Zellen, die sich früh mit Fett und Amylumkörnern füllen, endlich in den zu fädigen Gebilden aneinander gereihten Spermatozoiden-Mutterzellen, die den grössten Theil des Antheridiumraumes erfüllen. Ich habe in unserer vorliegenden Tafel bei der Hauptfigur 3 bei sämtlichen mit rotirender Strömung begabten Zellen die Bewegung des Inhaltes durch Pfeile angedeutet und zwar derart, dass durch diese Pfeile so gut, als es anging, die Stromrichtung, wie sie in den verschiedenen Zellen sich gesetzmässig geltend macht, bezeichnet wurde.

Ehe die Rotation eintritt, füllt das Protoplasma die (jungen) Zellen gleichförmig aus, einen meist deutlich sichtbaren Zellkern umhüllend. Später treten im Zellinhalt Vacuolen auf, welche von farbloser, wässriger Flüssigkeit erfüllt sind; das Protoplasma erhält dadurch ein schaumiges, oft netzartiges Aussehen. Durch das Grösserwerden und endliche Zusammenfliessen der Vacuolen entsteht eine ununterbrochene, von wässriger Zellflüssigkeit erfüllte Höhle im Protoplasma und nun erst beginnt die Rotation des letztern, wobei man (nach Alexander Braun) in den jungen Zellen noch den vom Protoplasma im Kreise herumgeführten Zellkern bemerkt. Erst später erscheinen in der vom wandständigen Protoplasma umschlossenen wässrigen Flüssigkeit zahlreiche freie protoplasmatische Kugeln (vergl. in Fig. 3 die farblosen kugeligen Körper in den grünen Zellen und den 5 Hülschläuchen der Eiknospe). Manche dieser Protoplasmaklumpen haben unregelmässige Formen, indess viele kugelige mit zarten Stacheln besetzt erscheinen und daher Wimperkörperchen genannt werden. Die Bewegungserscheinungen dieser freien Kügelchen und Klumpen führen zu dem Schluss, dass das rotirende Protoplasma mit zunehmendem Wachstum der Zelle sich in eine sehr wasserreiche und in eine wasserärmere, dichtere Portion differenzirt. Die wasserreiche Portion erscheint unter dem Microscop wie hyaliner Zellsaft, in welchem die wasserärmern dichtern Portionen eben in Form jener runden, kleinern und grössern Klumpen schwimmen. Indem diese dichteren Körper von dem rotirenden wasserhellen Protoplasma passiv mit fortgeschleppt werden, was man an ihren sich überstüzenden Bewegungen erkennt, entsteht der Schein, als ob der Zellsaft die rotirende Bewegung ausführte.“ —

Die ganze rotirende Masse wird nach Aussen, gegen die Zellmembran hin begrenzt von einer dünnen

ruhenden Plasmaschichte, welche wie eine Tapete die Innenseite der Zellmembran überzieht. In diesem ruhenden Wandplasma (Primordialschlauch) liegen die grün gefärbten Plasmakörner in parallelen Längsreihen angeordnet. Die Chlorophyllkörner nehmen daher an der Rotation nicht theil, sondern haften mittelbar durch das ruhende Plasma fest auf der Membran, diese oft ganz bedeckend und daher die Beobachtung der Rotationsbewegung oft sehr erschwerend.

Da viele Characeen sich schon bei Lebzeiten stark mit kohlenurem Kalk incrustiren, der die Membranen undurchsichtig macht, so ist oft an älteren Theilen der lebenden Characeen die Rotationsbewegung unserer Beobachtung nicht zugänglich. Indess gelangen wir jederzeit zum geeigneten Beobachtungsmaterial, wenn wir lebende *Chara*-Stöcke aus der freien Natur in Zimmercultur versetzen, wobei nach wenig Tagen jüngere, noch wenig incrustirte Blätter, Blättchen und Stengel-Internodien sich so weit differenziren, dass die Plasmaströmungen wegen unterbliebener weiterer Incrustation sehr leicht zu beobachten sind.

Die Rotationsströmung in den Zellen der Characeen ist nach Nägeli's Untersuchungen nächst der ruhenden Wandschicht am schnellsten und wird nach Innen immer langsamer; „daher überstürzen sich die farblosen Kugeln und Ballen, welche in dem wasserreichen rotirenden Protoplasma schwimmen, weil sie mit verschiedenen Stellen ihrer Oberfläche in Schichten von verschiedener Rotationsgeschwindigkeit eintauchen.“ „Mit Ausnahme einer Flüssigkeitsschicht von bestimmter Mächtigkeit, welche als Indifferenz-Schicht bezeichnet wird, findet die Bewegung in allen Theilen des Zelllumens statt.“ — In der Hauptfigur 3 unserer Chara-Tafel ist unten im schiefen Querschnitt des Blattes B, in der grossen centralen Röhren-Zelle Ar, die in Wirklichkeit selbstverständlich nicht sichtbare Indifferenzschichte durch 2 parallele, quer über die centrale Röhrenzelle verlaufende Punktirte und perspektivisch durch eine leichte Schraffirung angedeutet. In den langgestreckten röhrenförmigen Zellen verläuft die Indifferenzschichte in der Längsaxe der Zelle und stösst rechts und links in 2 einander diametral gegenüberliegenden Streifen auf die röhriige Längswand. Hier, wo also die Indifferenzschicht auf die Innenseite der Röhrenwand stösst, beobachtet man keine Bewegung; hier fehlen häufig auch die sonst die ganze Innenwand bekleidenden Chlorophyllkörner, so dass also an der langgestreckten Zelle die Indifferenzschichte sich (von Aussen gesehen) durch 2 Längsstreifen auf der röhriigen Wand bemerkbar macht, woselbst die Chlorophyllkörner fehlen; indess die letztern an den übrigen Stellen der Röhrenwand in Reihen angeordnet erscheinen, die parallel mit der Richtung des Rotationsstromes liegen. Jene zwei farblosen Streifen werden **Indifferenzstreifen** genannt, und sind in den Röhrenzellen der verschiedenen Characeen bald deutlicher, bald undeutlicher. In den von mir zur Herstellung dieser Tafel untersuchten Objecten von *Chara fragilis* waren die Indifferenzstreifen kaum bemerkbar, wesshalb ich unterliess, sie darzustellen.

Was nun die Strömungsrichtung betrifft, so ist zu bemerken, dass die Rotation in den Charazellen immer den längsten Weg einschlägt. „Ist

die Zelle scheibenförmig niedergedrückt, so geht die Strömung rings um die Zelle. Ist die Zelle röhrenförmig verlängert, so läuft die Strömungsebene parallel mit der Zellen-Achse. Alle Inhaltsteile, die zusammen einen Strom bilden, beschreiben, von Aussen gesehen, genau parallele Bahnen, wie die Wassertheilchen in einem regelmässigen Canal in gerader Richtung und ohne Wirbel dahin gleiten.“

Die Stromrichtung der Rotation in den Zellen der Characeen ist aber auch eine ganz gesetzmässige zwischen den benachbarten Zellen, aus denen die verschiedenen Organe des ganzen Individuums aufgebaut sind; mit andern Worten: sie steht in gesetzmässiger Beziehung zum morphologischen Aufbau des gesammten Pflanzenkörpers. Hierüber hat Alex. Braun die umfassendsten Untersuchungen angestellt und die Resultate derselben in präzise Sätze gefasst. Wir geben hier die zum Verständniss unserer Tafel nothwendigen in kürzester Form:

1. In den Internodialzellen (d. h. den centralen Röhrenzellen) des Stengels ist die Strömungsebene, ebenso die Indifferenzebene, welche sich mit der Strömungsebene rechtwinklig kreuzt, der Wachstumsrichtung des Stengels und der Längendehnung seiner Glieder parallel, somit, wenn der Stengel aufrecht gedacht wird, senkrecht. Die Seite des aufsteigenden und somit auch des absteigenden Stromes wird bestimmt durch den Beginn und die Aufeinanderfolge in der Bildung der Blätter des von dem Internodium getragenen Quirles, in der Weise, dass der aufsteigende Strom auf der Seite des zuerst entstehenden, der absteigende Strom auf der Seite der zuletzt entstehenden Blätter des Quirles sich befindet. Die Verkettung der Ströme in den aufeinander folgenden Internodien folgt der alternirenden Stellung der Quirle. Die Richtung, in welcher die Stromebenen sich von Glied zu Glied gegeneinander verschieben, entspricht einer links aufsteigenden Spirale; in derselben Richtung drehen sich häufig die Stromebenen innerhalb der einzelnen Internodialzellen, indem der Stengel sich während seines Längenwachstums allmählig links dreht.
2. In den scheibenförmig plattgedrückten Zellen des Stengelknotens, den sogen. Gelenkzellen des Stengels, hat die Strömungsebene eine horizontale Lage.
3. Im ersten Internodium (centrale Röhrenzelle) des Hauptzweiges (des Zweiges aus der Achsel des ersten Blattes (z in Fig. 1) schliesst sich der Strom nach derselben Regel an den des nächstuntern Internodiums des Stammes an, wie der des nächstobern Internodiums des Stammes selbst.
4. In allen Gliederzellen des Blattes, sowohl in den unberindeten an der Spitze des Blattes (s in Fig. 2), als auch in den (berindeten) centralen Röhrenzellen der Blattinternodien, ist die Strömungs-Ebene im Verhältniss zur Basis des Blattes senkrecht, im Verhältniss zum Stengel radial (den Stengel senkrecht in der Richtung des Radius schneidend) und zwar so, dass der aufsteigende Strom sich aussen (auf der Rückenseite), der absteigende Strom innen (auf der Bauchseite des Blattes) befindet. Letztere ist zugleich die Seite, auf welcher in den

Knoten des Blattes die Bildung der Blättchen (b b, b' b' in Fig. 2 & 3) beginnt und auf welcher diese sich kräftiger ausbilden, (was aus unserer Hauptfigur 3 bei Vergleichung der Blättchen b b mit b' b' deutlich hervorgeht), so dass also der absteigende Strom sich auf der Seite der geförderten Bildung befindet.

Die angedeutete Rotationsströmung scheint mit derjenigen im Stengel in direktem Widerspruch zu stehen. Sie erklärt sich aber durch den Umstand, dass die endgültige Ausbildung der jungen Blatttheile an der Blattspitze beginnt und von da angehen die Blattbasis vorschreitet, die Stellen der geförderten Bildung treten also beim Blatt zu der Zeit, da die Rotation in den Zellen beginnt, chronologisch in umgekehrter Folge wie im Stengel, d. h. also in basipetaler Folge auf.

5. In den kegelförmigen oder pfriemlichen Zellen, welche die Blättchenquirle (b b, b' b' & b'' b'' Fig. 2 & 3) bilden, verhält sich die Stromrichtung zu der vorhin besprochenen des Blattes, wie in den centralen Röhrenzellen des Blattes zum Stengel: der Strom geht auf der Rückenseite aufwärts, auf der Bauchseite abwärts (vergl. die Pfeile bei den Blättchen b b, b' b' & b'' b'' in Fig. 3). In den Blättchen der Gattung Chara fehlt der Indifferenzstreifen, es ist daher die Strömungsrichtung hier häufig schwer zu bestimmen.
6. In den röhrenartig sich verlängernden Rindenzellen des Stengels ist die Strömungsebene parallel der Peripherie des Stengels (die Indifferenzebene also radial); die in derselben Längsreihe über einander liegenden, ebenso wie die in derselben Querreihe befindlichen Rindenzellen des Stengels zeigen häufig abwechselnd Rechtswendung und Linkswendung des Stromes. Nur bei wenigen Chara-Arten zeigen die Rindenzellen einen Indifferenzstreifen.
7. In den Rindenzellen der Blätter ist die Strömungsebene senkrecht in Beziehung zum Blatt und parallel der Peripherie desselben, horizontal in Beziehung auf die Blättchen, von deren Basis die Berindung ausgeht. (Die Indifferenz-Ebene liegt also in den Rindenzellen des Blattes jeweilen radial). Je vier zusammengehörige, unter der Ursprungsstelle eines Blättchens zusammenstossenden Rindenzellen zeigen unter sich ein symmetrisches Strömungsverhältniss, indem je 2 benachbarte gegenläufig sind und zwar so, dass der Strom der (vom Beschauer aus) rechten oberen Zelle linkswendig, der linken oberen jedoch rechtswendig, der linken untern linkswendig, der rechten untern dagegen rechtswendig ist, woraus folgt, dass in dem Berührungskreuz der 4 Rindenzellen die 4 Ströme in senkrechter Richtung gegen den Mittelpunkt einlaufen, in wagrechter Richtung vom Mittelpunkt nach der Peripherie auslaufen. (Man vergl. die 4 Rindenzellen r r r r, welche unter dem vorderen, dem Beschauer zugekehrten Blättchen b' in Fig. 3 zusammentreffen und die zugehörigen Pfeile).
8. In den äusserst langgestreckten Gliedern der (nur einfache Zellreihen darstellenden) Rhizoiden ist die Strömungsebene senkrecht zur Basis und radial

zum Knoten, aus welchem das Rhizoid entspringt und zwar so, dass der Strom auf der Innenseite nach der Spitze des Rhizoids absteigt, auf der Aussenseite zum Stengel zurückführt.

9. Während die grosse mit Oeltropfen und Stärkekörnern erfüllte Centralzelle (Eizelle) des weiblichen Organes bei Chara keine Rotationsbewegung zeigt, finden wir dagegen in den 5 Hüllschläuchen (**W W** in Fig. 3) der Eiknospe den Inhalt in lebhafter Bewegung begriffen. Auch hier sind die in jungen Organen grün gefärbten Plasmakörner in der ruhenden Schichte des Wandplasmas eingebettet und sie nehmen an der Rotation nicht theil. Sie behalten ihre reihenweise Anordnung bei und zwar bis zur Zeit, wo sich die Chlorophyllkörner in ein liches Braun umfärben, ja bis zum Eintritt des Todes dieser Hüllschläuche. Dasselbe gilt von den 5 Krönchenzellen: in beiderlei Organen dauert die Rotation fort, so lange die betreffenden Zellen leben. In den spiralig gewundenen Hüllschläuchen sowohl, als in den 5 aufrecht stehenden Zellen des Krönchens ist der Strom (abgesehen von der Windung), wie bei vegetativen Blättern, senkrecht und radial, auf der äussern, von der Spore abgewendeten Seite aufsteigend, auf der innern, der Spore zugewendeten Seite absteigend (vergl. Fig. 3 die Pfeile zu den Zellen **W W** und beim Krönchen **Kr**).

Von allen Organen der lebenden Pflanze von Chara fragilis bietet keines in Hinsicht auf die Rotationsströmung des Zell-Inhaltes einen so überraschenden Anblick, wie die Eiknospe. Bei günstiger Einstellung scheinen die gesammten Inhaltstheile der spiraligen Hüllschläuche in (anscheinend) mannigfaltiger Bewegung lebhaft auf- und niederzusteigen. Doch zeigt sich bei längerem und ruhigem Beobachten alsbald, dass diese Strömungen in den mehreren Zellen alle in gleichem Sinne sich verhalten.

Noch ist zu bemerken, dass die Rotationsströmung der Characeen nur innerhalb gewisser Temperaturgrenzen stattfindet und zwar so, dass die Bewegung, von der untersten Temperaturgrenze an langsam sich steigernd, gegen die obere Temperaturgrenze hin an Raschheit immer zunimmt, um beim Ueberschreiten dieser Grenze plötzlich sistirt zu werden. Bei einer von Nägeli untersuchten Characee, nämlich bei Nittella syncarpa stand die Bewegung bei 0° ganz still. Bei 1° C. wurde von den an der Oberfläche befindlichen Inhaltsgebilden der Endzelle eines Blattes $\frac{1}{10}$ Millimeter in 60 Sekunden, bei 2° C. in 47 Sekunden, bei 5° C. in 24 Sekunden, bei 10° C. in 8 Sekunden, bei 18° C. in 4 Sekunden, bei 24° C. in 2,8 Sekunden, bei 31° C. in 1½ Sekunden, bei 34° in 1 Sekunde, bei 37 Grad in 0,6 Sekunden durchlaufen. Sowie die Temperatur etwas höher stieg, hörte die Bewegung sofort auf.

Die Geschwindigkeit der Strömung wird vom Licht nicht (oder nur indirekt durch die Wärmestrahlen) beeinflusst. Vom Licht in's Dunkle gebrachte lebendige Charazellen zeigen in den Rotationströmen keine Veränderung.

Fig. 1. Fragment einer fructificirenden Pflanze von Chara fragilis bei 10-facher Vergrösserung.

st st — Stengel-Internodien, **z** — Zweig, aus der Achsel des ältesten Blattes im untern Quirl entspringend. **B B** — Blätter, je 6 zusammen einen Quirl bildend. **b b** — Blättchen. **sk sk** — Sporenknospen, Eiknospen. **a a a** — Antheridien, an den Blättern der untern 2 Quirle bereits abgefallen, an den obern 2 Quirlen noch vorhanden. (Jedes Blatt trägt in der Regel 4 fertile Blättchenwirtel, also 4 Sporenknospen und 4 Antheridien.

Fig. 2. Fragment eines jungen Blattes derselben Pflanze mit den 2 obern fertilen Blättchenwirteln **b b' b''**, den zugehörigen Antheridien **a a** und den Eiknospen **Os-W-Kr**. Die Eiknospen stehen unmittelbar über, d. h. in der Achsel der Antheridien. **cr** — centrale Röhrenzelle des Blattinternodiums, **r r** — Rindenzellen des Blattes, **S** — Scheitelzelle an der Spitze des Blattes. **b b** — die ältesten, **b' b'** jüngere, **b'' b''** die jüngsten Blättchen der fertilen Quirle. Vergrösserung $\frac{28}{1}$.

Fig. 3. Fragment eines fertilen Blattes **B** mit einem Blättchen-Quirl und einer fast reifen Sporenknospe, 400-fach vergrössert, um die Rotationsströme in den verschiedenen Zellen zu veranschaulichen. In allen Zellen sind die weissen, verschieden grossen kugeligen Körper innerhalb der wandständigen, reihenweise angeordneten Chlorophyllkörner nichts anderes als die mit dem farblosen Plasma wandernden, in der Richtung der Pfeile sich bewegenden dichtern Plasmakörper. In einer dem Beschauer zugekehrten Rindenzelle **r** des Blattes **B** sind zwischen **y—y** die Chlorophyllkörner absichtlich weggelassen worden, um die Strömungsrichtung der farblosen Plasmakügelchen durch Pfeile besser andeuten zu können. **Ar** — centrale Röhrenzelle mit auf der Bauchseite (links) absteigendem, auf der Rückenseite (rechts) aufsteigendem Strom. **r r r r** — Rindenzellen des Blattes. **b b** — die 2 ältesten, grössten, der Bauchseite des Blattes angehörenden Blättchen, **b' b'** — die nächstfolgenden, etwas jüngeren, **b''** eines der jüngsten, dem Rückentheil des Blattes angehörenden Blättchen. **Os** — Eispore, erfüllt von Oeltropfen und Stärkekörnern, die nur schwach durch die dunkelbraune Sporenschale durchschimmern. **W W** — die 5 spiralig aufsteigenden Hüllschläuche, mit den reihenweise angeordneten, braun gewordenen Chlorophyllkörnern und den rotirenden farblosen Plasmakügelchen. **Kr** — Krönchen mit den noch grünen Chlorophyllkörnerreihen.

Fig. 4. Eine liegende und eine aufrecht stehende reife Eispore von Chara fragilis bei 200-facher Vergrösserung. **B** — Basis der reifen Sporen, **S** — Scheitel derselben. **ol** — Oeltropfen, die aus der geborstenen Spore (links) ausgetreten sind; **am** — Amylumkörner des ausgetretenen Sporen-Inhaltes.

(Alle Figuren sind nach der Natur gezeichnet).

- Literatur:** **Alex. Braun.** Ueber die Richtungsverhältnisse der Saftströme in den Zellen der Characeen. Verhandlungen der preussischen Academie der Wissenschaften zu Berlin. Mai 1852 und 1853.
- Cari Nägeli.** Die Rotationsströmung der Characeen, Beiträge zur wissenschaftlichen Botanik. II. pag. 60—84.
- Pringsheim, N.** Ueber die Vorkerne und die nacktfüssigen Zweige der Charen. Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik III. Bd.
- De Bary.** Ueber den Befruchtungsvorgang der Charen. Monatsbericht der Berliner Academie Mai 1871 und Bot. Zeitung 1871 pag. 871.
- De Bary.** Zur Keimungsgeschichte der Charen. Bot. Zeitung 1875. Nr. 23—25.
- Duchartre.** Eléments de Botanique, Paris. 1876—1877 pag. 1018 ff.
- Le Maout et Decaisne.** Traité général de Botanique, Paris 1868.
- Jul. Sachs.** Lehrbuch der Botanik. 4. Auflage. 1874 pag. 295 ff.
- Lürssen.** Medicinisch-pharmaceutische Botanik. I. Bd. Kryptogamen. 1879.
- Nordstedt.** Nagra jakttagelser öfver Characeernas groning. Lunds Univ. Arsskrift. II. 1866.
- Nordstedt und Wahlstedt.** Ueber die Keimung der Characeen. Flora 1875.
- N. J. C. Müller.** Handbuch der Botanik, II. Bd. Heidelberg 1880 pag. 178 ff.
-

Cystosira barbata, J. Ag.

In unserem Tafelwerk haben wir etliche Blätter den wichtigsten Repräsentanten von Grün-Algen des Süsswassers gewidmet. Die Tafel mit *Polysiphonia subulata* repräsentirt jene grosse Gruppe von Meer-tangen, bei denen der grüne Farbstoff, das Chlorophyll, mehr oder weniger intensiv von einem rothen Farbstoff, dem Phyco-Erythrin, verdeckt wird, was jener Algen-gruppe wegen der prächtigen Farben-Effecte den Namen „Florideen“ — Blüthentange eingetragen hat.

Nun gibt es aber bekanntlich noch eine vielgestaltige Gruppe von Meertangen, bei denen nebst dem Chlorophyll ein brauner Farbstoff an der Färbung des Protoplasmas theilnimmt, wodurch jene Algen zumeist in mehr oder weniger intensiver Braunfärbung erscheinen. Nach dem Namen jenes braunen Farbstoffes, des Phyco-Phaein's, haben jene Brauntange den Namen Phaeophyceen (auch Melanophyceen) erhalten.

Die Gruppe der Brauntange ist durchaus auf das Meer beschränkt; aber sie ist biologisch nicht minder interessant und nicht minder wichtig, als die grosse Abtheilung der Chlorophyceen (Grüntange), welche letzteren wir in unserem Atlas eine besondere Berücksichtigung zu Theil werden liessen. So erschien es uns denn durchaus nothwendig, unserem Werk wenigstens eine Tafel einzuverleiben, welche die wichtigsten Momente aus der Entwicklungsgeschichte eines ansehnlichen Brauntanges illustriren sollte. Da zur Bearbeitung einer solchen Tafel trotz einiger brillanter Untersuchungen anderer Forscher über verschiedene Brauntange das durchaus wünschenswerthe Material in der bisherigen Literatur nicht vorlag, so entschloss sich der Herausgeber des „Atlas“, zur Gewinnung einer instructiven Entwicklungsreihe selbst an lebendiges Untersuchungsmaterial heranzutreten. Er hielt sich daher im März und April 1881 eigens zu diesem Zwecke forschend an der zoologischen Station in Triest auf, und es ist ihm trotz der Ungunst der dortigen Verhältnisse für algologische Forschungen und nach mehreren widerwärtigen Erfahrungen endlich gelungen, alle wünschbaren Resultate zu erhalten. In der vorliegenden Tafel sind nur die allerwichtigsten und dem Zwecke unseres Atlas am meisten entsprechenden Verhältnisse aus dem Entwicklungsgang von *Cystosira barbata* zur Anschauung gebracht worden. Eine ausführlichere Illustration und Besprechung der ganzen Untersuchungsreihe werde ich demnächst (nach Vollendung des Atlas) in einer besonderen Monographie an anderer Stelle publiciren.

Cystosira barbata. J. Ag. — die bärtige Blasenkette — gehört zur höchst differenzirten Gruppe der Phaeophyceen, nämlich zur Familie der Fucaceen, die sich bekanntlich durch eine lederige Consistenz auszeichnen und daher auch „Ledertange“ genannt wurden. Im Vergleich zu unseren Süsswasser-Algen erscheint *Cystosira barbata* als Riesentange. Sie liebt ruhige, flache Buchten mit schwach angesüstem oder auch (wie in Seehäfen) verunreinigtem Wasser und bildet bald grössere Bestände, sozusagen untergetauchte Hochwälder, bald kleinere Gruppen, untermischt mit einigen anderen *Cystosira*-Arten, deren

zum Beispiel die *Adria* vier zählt. In der Bucht von Triest ist sie massenhaft vorhanden und sie gewährt bei einer Barkenfahrt durch die seichten Meerestheile ausserhalb des Campo Marzo einen wunderbaren Anblick. Dort bildet sie am Grunde des krystallklaren Salzwassers förmliche Wälder und da sie häufig von einer Unzahl anderer Meertange von grüner, brauner, rother und violetter Farbe als Unterlage benützt wird, so gewährt sie jederzeit dem sammelnden Algologen reiche Ausbeute. Hauck zählt in seinem Verzeichniss adriatischer Algen nicht weniger als 115 Arten der verschiedensten Tange auf, die sich als Epiphyten auf *Cystosira barbata* ansiedeln.

Ich habe in Fig. 1. unserer vorliegenden Tafel drei verschiedene Stücke der bärtigen Blasenkette in natürlicher Grösse und natürlichem Colorit (nach lebenden Exemplaren gezeichnet) zur Anschauung gebracht. In solchem Zustande trifft man im März und April jeden Jahres *Cystosira barbata* in Tausenden von Exemplaren ausserhalb des Campo Marzo der Triester Bucht.

Unsere Pflanze lässt deutlich ein haftwurzelartiges Organ, einen Stamm, Hauptäste und Zweige unterscheiden — sie ist morphologisch schon hoch differenzirt. Der Stamm (**st, st', st''**, in Fig. 1.) erscheint in seiner ganzen Länge ziemlich von gleicher Dicke, nur an seiner Basis etwas verjüngt. Er ist cylindrisch und besteht aus einem soliden parenchymatischen Gewebekörper, der sich an seiner Basis zu einer, nicht selten am Rande gelappten Haftscheibe (**h h**) verbreitert. Bei einer Dicke von 4—5 Mm. erreicht der Stamm meist nur eine Länge von 5—8 oder 10 Ctm. Unter Hunderten von Exemplaren fand ich einen einzigen Stock, dessen Stamm die ausserordentliche Länge von 50 Ctm. erreichte; es ist der in Fig. 1. dargestellte Stamm **st st st**. In seinem oberen, jüngsten Theil ist der Stamm von *Cystosira barbata* hell gefärbt, gelblich-olivengrün, lehmgelb, in den älteren Theilen dagegen rothbraun bis schwarzbraun, oft sehr uneben, an der Oberfläche rau und sehr häufig besetzt von zahlreichen Exemplaren eines zierlichen Röhrenwurmes (*Spirorbis*, **sp sp** Fig. 1.), dessen schneckenartig gekrümmten Kalkröhren (**sp**) blendend weiss vom schwarzbraunen Grund ihrer pflanzlichen Unterlage (des *Cystosirastammes*) abstechen. Am Scheitel (**s s s** Fig. 1.) ist der Stamm plötzlich verjüngt und schliesst dort mit einem Ringwall der jüngsten Gewebe ab, die sich in letzter Zeit aus dem in Mitte des Ringwalles am Grunde einer trichterförmigen Vertiefung liegenden Vegetationspunkt entwickelt haben.

In der Regel erscheint der Stamm einfach; indess gibt es ausnahmsweise auch dichotomisch verzweigte Hauptstämme, deren zwei Gabeläste ähnlich wie bei manchen *Lycopodiaceen* gleichstark entwickelt und wohl ebenbürtig sind (Fig. 1. **st' st'** rechts). Am dicken Hauptstamm (**st st'** Fig. 1.) stehen in spiraliger Anordnung die unbegrenzt in die Länge wachsenden Hauptäste **a a a**, welche oft 2 Meter lang werden und wie der erste Blick zeigt, sich am Hauptstamm in acropetaler Folge entwickeln. An alten, wohl mehrere Jahre zählenden Stöcken sind die unteren

Hauptäste schon längst abgeworfen (resp. durch die Bewegung bei stürmischer See abgerissen worden) und bloss noch durch kurze dunkelbraune Stämmeln vertreten, während am obern Theil des Stammes noch zahlreiche jüngere Aeste in allen möglichen Grössen zu sehen sind. Häufig findet man auch alte Hauptäste, die ihrer sämtlichen Seitenzweige beraubt sind, ohne dass sie selbst sich vom Stamme lostrennen (vergl. das mittlere, grösste Exemplar unserer *Cystosira* in Fig. 1). Die Hauptäste sind bedeutend weniger dick als der Stamm und wie dieser fast auf ihrer ganzen Länge gleich stark, in den unteren, älteren Theilen dunkelbraun, weiter aufwärts gelbbraun und an den obersten Partien licht-olivfarben.

An den Hauptästen **a a**, den Zweigen I. Ordnung, entspringen Seitenzweige **z z** mit begrenztem Wachstum; sie sind selbst wieder verzweigt; auch diese Zweige letzter Ordnung sind in ihrem Wachstum beschränkt. Diese Zweige II. und III. Ordnung repräsentiren wohl das Laubwerk und sind die Analoga der Blätter bei *Sargassum* oder auch der Blätter bei *Caulerpa*. Sowohl die Zweige II., als auch diejenigen III. Ordnung sind stellenweise blasig aufgetrieben und zwar derart, dass oft 5—8 blasig aufgetriebene Partien reihenweise aufeinander folgen, Blase von Blase nur durch eine kurze Einschnürung getrennt. Die Zweige II. und III. Ordnung sind nämlich in ihrer grössten Ausdehnung solide, meist cylindrische Gewebekörper, bei denen nur stellenweise im Innern luftführende Hohlräume von langgestreckter, sackartiger Form gebildet werden, welche mit kürzern oder längern soliden Zweigstücken abwechselnd, eben jene reihenweise angeordneten, aufgedunsenen Blasen bilden, woraus der Name „Blasenkette“ abgeleitet wurde. Jene luftgefüllten Hohlräume bilden sich an den Hauptästen in der Regel nicht, auch entstehen sie an den Zweigen II. und III. Ordnung erst in einem späten Entwicklungsstadium (man vergl. die jungen Hauptäste an den beiden *Cystosira*-Stöcken **st'** und **st''** Fig. 1). Es leuchtet ein, dass die physiologische Bedeutung jener luftgefüllten Blasen bei *Cystosira barbata* dieselbe ist, wie bei den gestielten Blasen von *Sargassum* und bei den blasigen Auftreibungen im Thallus von *Fucus vesiculosus*: sie dienen als Schwimmorgane, welche das spezifische Gewicht des mächtigen Tangkörpers verkleinern und diesem letzteren ermöglichen, im Wasser eine aufrechte Stellung anzunehmen.

Sowohl an den soliden, als an den blasig aufgedunsenen Zweigtheilen finden sich zahlreiche, unregelmässig vertheilte kleine Höckerchen, die nach allen Richtungen an der Oberfläche vorspringen und aus einem Porus an ihrem Scheitel je ein Büschel zarter, farbloser Fäden nach Aussen senden, **fg fg** in Fig. 2 und 3. Jedes dieser mit einem Bärtchen ausgestatteten Höckerchen entspricht einer kleinen Grube im Gewebe des betreffenden Zweigstückes. Kützing nannte diese Gebilde passend Fasergrübchen. Die aus denselben hervorguckenden Bärtchen verleihen der lebendigen Pflanze ein ungemein zierliches Aussehen und gaben zu der Art-Benennung „*barbata*“ Anlass. Es ist zu bemerken, dass die Fasergrübchen an den unbegrenzt in die Länge wachsenden Hauptästen (**a a**), d. h. an den Zweigen I. Ordnung, fehlen oder höchstens nur an den obersten Enden in geringer Zahl vertreten sind.

Im März und April beginnt *Cystosira barbata* auch zahlreiche Geschlechtsorgane zu bilden. Diese letzteren entstehen in rundlichen Höhlungen der nicht-hohlen, nicht blasig aufgetriebenen, aber doch etwas angeschwollenen, cylindrischen Zweig-Enden (**f, f, f** in Fig. 1 und 2). Auch hier an den fertilen Zweig-Enden finden sich zerstreute Fasergrübchen **fg** in Fig. 2), aber viel zahlreicher sind hier die Höhlungen, welche als sogenannte Conceptakeln die männlichen und weiblichen Geschlechtsorgane enthalten. Wenn man einen fructificirenden Stock von *Cystosira barbata* am Morgen frisch aus dem Meere nimmt und in frischem Meerwasser ruhig im Zimmer stehen lässt, so kann man schon am Abend des gleichen Tages, noch mehr aber am folgenden Morgen die fertilen Zweig-Enden bedeckt sehen von unregelmässig zerstreuten punktförmigen Schleimklümpchen orangegelber Farbe, die nichts Anderes sind als Häufchen zahlloser, aus den darunter liegenden Conceptakeln ausgestossener Antheridien (**an an** in Fig. 2). Auf dem Grunde des Gefässes liegen aber auch zahlreiche ausgestossene Eisporen (Oosporen) und wohl auch unbefruchtete Eikugeln (Oosphaeren).

Der Querschnitt durch ein fertiles Zweig-Ende der frisch dem Meer entnommenen Pflanze zeigt uns den anatomischen Bau der Fructifications-Organe (Fig. 3). Das Gewebe dieses Zweigstückes erscheint in vier verschiedene Partien differenzirt: im Centrum (in der Axe des Organes) findet sich ein Strang von kleinen und zartwandigen Zellen, welcher an seiner Peripherie mit dickwandigeren, etwas grösseren Zellen abschliesst, resp: hier allmählig in das grossmaschige Gewebe übergeht, das zwischen dem centralen, farblosen Strang **F** und dem gefärbten, assimilirenden Gewebe der peripherischen Rinde liegt. Die Zellen dieses grossmaschigen, ebenfalls farblosen Füllgewebes **pa, pa** sind zartwandig. Letzteres geht nach Aussen allmählig in das olivengrüne oder bräunliche Rindengewebe über, dessen Zellen gegen die Peripherie des Querschnittes hin an Durchmesser mehr und mehr abnehmen, während der plasmatische, gefärbte Inhalt in gleichem Masse zunimmt. Hier enthalten die Zellen scharf umschriebene, durch Chlorophyll und Phyco-Phaeinschmutzig braungrüne Körner, welche meist dem plasmatischen Wandbeleg eingelagert, oft auch in grösserer Zahl um den farblosen Kern gruppiert sind. Die vierte Gewebepartie ist die scharf differenzirte Epidermis **ep**, deren Zellen sehr klein erscheinen, dicht zusammenschliessen, radial etwas verlängert, und von assimilirendem Plasma intensiv gefärbt sind. Die Zellmembranen sämtlicher Gewebe sind farblos; luftführende Interzellularräume fehlen vollständig. Die oberflächlich gelegenen Membranen der Epidermis sind stärker verdickt, als die seitlichen und nach Innen grenzenden Membranstücke.

Gute Querschnitte zeigen auch ohne Weiteres, dass sowohl die Fasergrübchen (**fg** in Fig. 3), als auch die Conceptacula (**con con con** in Fig. 3) nichts Anderes sind, als tief in's Zweig-Innere eindringende Vertiefungen der ununterbrochenen Zweig-Oberfläche (vergl. **con** und **fa** in Fig. 3). In der That setzt sich die Epidermis continuirlich auch in's Innere der Fasergrübchen und Conceptakeln hinein fort, wo sie die Wand der betreffenden Höhlungen auskleidet, allerdings hier in ihrer Structur mancherlei Modificationen erleidend. Nur wenn das Conceptaculum nicht in der Mediane

vom Schnitt getroffen wird (**con con** Fig. 3), macht es den Eindruck, als ob die Höhlungen der Conceptakeln, nach allen Seiten total abgeschlossen, mehr oder weniger tief unter der Epidermis und im lebendigen Gewebe des Zweig-Inneren entstanden seien. Meistens aber trifft man in einem Querschnitt mit mehreren Conceptakeln oder aber in mehreren aufeinander folgenden Querschnitten eine Partie, welche den Zusammenhang zwischen der peripherischen Epidermis (**ep**) und der das Conceptaculum auskleidenden Wandschicht leicht erkennen lässt (vergl. **Con** in Fig. 3).

Jedes Conceptaculum mündet durch einen Porus, das sogenannte Ostiolum (**ost** bei **Con** Fig. 3) nach Aussen. Diese Oeffnung liegt am Scheitel eines mehr oder weniger nach Aussen vorspringenden abgerundeten Wärcchens und erscheint, von Aussen gesehen, kreisrund. Die den mehr oder weniger scharfen Rand des Ostiolums umgebenden Epidermiszellen ragen papillenartig gegen den Ostiolum-Raum vor; die nächstfolgenden, innerhalb der Oeffnung liegenden, also schon dem Conceptaculum angehörenden Epidermiszellen sind in kürzere und längere, unverzweigte Haare ausgewachsen; da sie jener Region angehören, in deren Nähe gewöhnlich die Antheridien entstehen, so wollen wir diese unverzweigten Haare kurzweg **Androceal-Paraphysen** nennen im Gegensatz zu jenen verzweigten fädigen Zellreihen, welche im Grunde des Conceptaculums zwischen den Oogonien stehen und die wir mit dem Ausdruck **Gynaecal-Paraphysen** bezeichnen.

Meistens enthält das Conceptaculum beiderlei Geschlechtsorgane: die weiblichen Organe, Oogonien, nehmen stets die der Axe des fertilen Zweiges zugekehrte Partie, also die Basis des Conceptaculums ein und sind stets in grösserer Zahl vorhanden; die männlichen Organe dagegen, die Antheridien, entspringen den Seitenwänden und den gegen das Ostiolum hin gelegenen Wandpartien des Conceptaculums; sie bilden sich in noch viel grösserer Zahl als die Oogonien (vergl. in Fig. 3: **an** — Antheridien, **og** — Oogonien). Das Conceptaculum ist in diesem Falle, welcher der häufigste ist, hermaphrodit. Nicht selten trifft man auch fructificirende Zweig-Enden, wo die Conceptacula nur Oogonien enthalten, also weiblich sind. An Stelle der Antheridien finden sich dann nur sterile Androceal-Paraphysen. Andererseits gibt es auch fertile Zweig-Enden, deren Conceptakeln nur Antheridienstände enthalten und also männlich sind; dann treffen wir in der Basis des Conceptaculums an der Stelle von Oogonien nur die verzweigten Gynaecal-Paraphysen (**par** und **pa** in Fig. 5). Es macht sich also bei *Cystosira barbata* eine Tendenz zur Trennung der Geschlechter in verschiedene Conceptakeln, und auf verschiedene Thalluszweige geltend. Ob diese Tendenz sich auch auf die Trennung der Geschlechter in verschiedene Pflanzenstöcke geltend macht, habe ich bis jetzt noch nicht vermittelt und muss eine nachträgliche Untersuchung noch entscheiden.

Die männlichen Organe, die Antheridien, entstehen in grösserer Zahl an gabelig verzweigten farblosen Zellreihen (**ast — ast** Fig. 4), bald endständig, bald seitlich an den kurzgliedrigen Zweigen der dichtstehenden Antheridienstände. Im jungen Zustande stellt das Antheridium eine eiförmige oder birnenförmige Zelle (**an⁴ an⁴** in Fig. 4) dar, die dicht erfüllt ist von

farblosem, feinkörnigem Protoplasma und einen kugeligen Zellkern enthält. Während die sterilen Zellen des gabelig verzweigten Antheridienstandes mehrere grosse Vacuolen enthalten, treffen wir solche in den Antheridienzellen nicht (**an⁴, an³, an²**, Fig. 4). Haben letztere eine gewisse Grösse erreicht, so treten im Innern des wachsenden Antheridiums alsbald kugelige Körperchen auf (**an^{''}, an[']**), die sich in der Folge zu Spermatozoiden entwickeln. Wahrscheinlich sind letztere das Resultat succedaner Zweitheilungen des ursprünglich einzigen Zellkernes der Antheridium-Anlage und einer nach dem letzten Kerntheilungsprocess statthabenden Bildung von Zellen um die Kerne letzter Generation.

Beim Ausreifen der Antheridien nimmt der Inhalt eine granulirte Orangefärbung an. Bald nachher sind die den ganzen Antheridium-Raum erfüllenden Spermatozoiden reif und nun beginnt die zurte, ungeschichtete, doppelconturirte Antheridium-Wand aufzuquellen, wobei sich das ganze, noch geschlossene Antheridium von seinem Bildungsorgan ablöst. Auf Quer- oder Längsschnitten durch Conceptakeln mit reifen und fastreifen Antheridien trifft man von letzteren immer eine grössere Anzahl total isolirt. Häufig sind sie langgestreckt und fast wurstartig gekrümmt. Kurze Zeit nachher kann man Antheridien in allen Stadien der Auflösung sehen. Die Wand nimmt reichlich Wasser auf, die Spermatozoiden, vorher dicht zusammenliegend und oft durch gegenseitigen Druck erst polyedrisch erscheinend, runden sich nach und nach zu kugeligen und birnförmigen Körpern ab, rücken mehr und mehr aus einander, während die innere Contur der Antheridiumwand immer undeutlicher wird und endlich ganz verschwindet. Zuletzt zeigt das ganze, in Auflösung (Verschleimung) begriffene Antheridium selbst eine kugelige Gestalt (**An**, links in Fig. 4). Die Grenze der Antheridiumwand erweitert sich mehr und mehr: das Ganze stellt nun einen farblosen Gallertklumpen dar, in welchem die Spermatozoiden erst ruckweise und intermittirend sich zu bewegen anfangen, bis schliesslich die Grenze des Gallertklumpens total unsichtbar wird, worauf die Spermatozoiden sich von einander trennen und auseinander eilen (**s, s** und **s' s'** in Fig. 4 und 6).

Das einzelne Spermatozoid besitzt im ausgereiften, freien, beweglichen Zustande eine langgestreckte birnförmige Gestalt. Ungefähr auf halber Länge des oft leicht gekrümmten birnförmigen Körpers sieht man im Innern des farblosen Spermatozoids meistens 1, selten 2 stark lichtbrechende, farblose Kügelchen, in deren Nähe an der Oberfläche des glashellen Plasmakörperchens 2 ungleichlange Cilien inserirt sind, die hier also seitlich, nicht etwa am einen Pol der beweglichen Zelle eingefügt sind. Von der Insertionsstelle der Cilien an nach Rückwärts, am hintern Theil des Spermatozoids findet sich oberflächlich ein orangefarbenes Plasmaklumpchen, das Analogon des rothen „Augenflecks“ bei den Schwärmsporen mancher Grünalgen.

Bei der freien Bewegung im Meerwasser ist der spitze Pol des Spermatozoids meistens nach Vorn gerichtet; ein Gleiches gilt von der einen der beiden peitschenförmig sich bewegenden Cilien, während die andere Cilie nach Hinten, also in entgegengesetztem Sinne gerichtet ist. Die Bewegung selbst ist wie bei

den Zoosporen anderer Algen eine doppelte: eine Rotation um die Längsaxe und eine locomotorische.

Zur Ruhe kommend runden sich die Spermatozoiden zu kugeligen Körpern ab. Von gleicher Gestalt erscheinen die durch künstlichen Eingriff zu früh entleerten, also unreif oder frühgeborenen Spermatozoiden, die dann meist eine sehr träge Bewegung zeigen.

Die weiblichen Organe, die Oogonien, nehmen aus der Basis des Conceptaculum ihren Ursprung und sind Ende März und Anfangs April in allen wünschbaren Entwicklungsstadien in einem und demselben Conceptaculum anzutreffen. Das einzelne Oogonium beginnt als unscheinbare Papille, welche aus einer Zelle der peripherischen Wandschichte des Conceptaculum gegen den Hohlraum des letzteren vorragt. Hat diese Papille eine gewisse Grösse erreicht, so grenzt sie sich gegen ihre Mutterzelle durch eine Wand ab, welche parallel zur Innenfläche der Conceptaculumwand verläuft. Dann streckt sich die halbkugelige Papille und theilt sich bald durch eine andere Querwand in 2 Tochterzellen, von denen die untere kurz bleibt und zur Stiel- oder Fusszelle des Oogoniums (**Fu** in Fig. 5), die obere aber zur Oogoniumzelle selbst wird. Jene vergrössert sich nicht mehr wesentlich, während die Oogoniumzelle alsbald gewaltig anschwillt, sich reichlich mit olivenbraunem, körnigem Protoplasma dicht anfüllt und binnen kurzer Zeit birnenförmige Gestalt annimmt, indem sie sich gegen die Scheitelregion etwas verjüngt. In jüngeren Stadien ist die Wand der Oogonium-Zelle zart und überall gleich dick; doch differenzirt sie sich alsbald in zwei deutliche Schichten, von denen die äussere eine grössere Mächtigkeit besitzt und namentlich in der Scheitelregion des Oogoniums frühzeitig anzuquellen beginnt, indess die innere, weniger mächtige Schichte längere Zeit überall gleich dick bleibt und auch erst im letzten Reifestadium des Oogoniums zu quellen anfängt (vergl. **Ogw** in Fig. 5). So lange das Oogonium wächst, bezeichnet ein central gelegener hellerer Fleck, der von dunkelgefärbtem Plasma rings umgeben ist, die Lage und Ausdehnung des nicht direkte wahrnehmbaren Zellkernes (vergl. Fig. 5). Seine Deutlichkeit nimmt mit zunehmender Reife mehr und mehr ab, bis man ihn oft gar nicht mehr andeutet findet.

Der ganze Inhalt des Oogoniums differenzirt sich zu einer einzigen, erst birnförmigen, später kugelig werdenden Eimasse (Oosphaere). Letztere besteht (abgesehen vom grossen Zellkern) aus drei verschiedenen Substanzen: einer farblosen, zähflüssigen Grundmasse, aus kleinen olivenfarbenen Plasmaportionen ohne bestimmte Form und aus grösseren und kleineren, scharf umschriebenen kugeligen und ovoiden, stark lichtbrechenden Körnern. Auffallend ist die Thatsache, dass solche farblose, kugelige oder eiförmige Körner fast regelmässig beim Ausreifen der Oogonien von der Eimasse an verschiedenen Stellen nach Aussen gestossen werden, indem sie sich zuerst warzenförmig über die Contur der braungrünen Plasmamasse erheben (**x x** in Fig. 5), dann nach Aussen vorrückend die innere Membranschichte der Oogoniumwand durchbrechen und in die verschleimende Gallertmasse der äusseren Oogonium-Wandschichte eintreten (**x' x'' x'''** in Fig. 6). Ich habe diese räthselhaften Körper an allen ausreifenden und zur Befruchtung bereiten Oogonien von

Cystosira barbata beobachtet und zwar durchweg an ganz frischem, eben vorher dem Meere entnommenem Material, so dass hier unmöglich eine pathologische Erscheinung, sondern ein normaler Vorgang zu constatiren ist. Am häufigsten fand ich diese austretenden Körper in der Scheitelregion des Oogoniums, bald am Scheitel des birnförmigen Körpers selbst, bald etwas unterhalb desselben, bald seitlich auf halber Höhe an der Eimasse, in manchen Fällen auch am untern, basalen Theil des Oogoniums, oft gleichzeitig an einem und demselben Objekt an all den genannten Stellen und zwar in verschiedener Entfernung von der braungelben Eimasse. Bei längerer Beobachtung ganz frischer Objekte kann man auch eine allmähliche Bewegung der fraglichen Körner verfolgen, die sich langsam mehr und mehr von der Eimasse entfernen und gegen die Peripherie der quellenden Oogoniumwand vordringen. Es ist zu bemerken, dass schon **Thuret**, bei einer andern *Cystosira* (*C. fibrosa*) gelegentlich ähnliche Körper beobachtete, doch über deren Natur nicht in's Klare kam; er vermuthete, dass sie vielleicht die Reste derjenigen Materien seien, welche zur Bildung der Oogoniumwand gelegen haben. Dass diese Vermuthung nicht richtig sein kann, braucht wohl kaum einlässlich begründet zu werden, wenn ich constatiere, dass man den Austritt jener Körper aus der Eimasse selbst direkt beobachten kann. Wir haben es hier ohne Zweifel mit dem Ausstossen von Eisubstanz vor der Befruchtung zu thun, welcher Vorgang in verschiedenen andern Kryptogamen-Abtheilungen seine Analoga hat, bis jetzt aber meines Wissens an *Fucoil*-leeren noch übersehen (oder wie bei **Thuret** unrichtig gedeutet) worden ist. In meiner demnächst erscheinenden Monographie von *Cystosira barbata* werde ich an der Hand zahlreicher Figuren genauer auf diese Frage eintreten. An dieser Stelle möge mir gestattet sein, jene aus der Eimasse ausgestossenen Körper in Vergleich zu stellen mit den aus dem Ei niedriger Thiere austretenden „Richtungskörpern“. Oft adhäriren diesen „Richtungskörpern“ der *Cystosira barbata* einige kleinere farblose Körnchen; oft findet sich im einzelnen Richtungskörper selbst ein, oder auch 2—3 kugelige kleine Körperchen eingelagert, indess die Hauptmasse des scharf umschriebenen Richtungskörpers farblos und glashell erscheint.

In der Umgebung der Oogonien finden sich mehr oder weniger zahlreiche, verzweigte Zellreihen, die aus langgestreckten, farblosen Zellen bestehen (**par & pa** Fig. 5): wir haben sie bereits schon oben als *Gynaeceal-Paraphysen* kennen gelernt.

Wenn das Oogonium (Fig. 5) reif ist, so löst es sich von seiner Fusszelle ab, indess seine Membran (**Ww** Fig. 5 & 6) alsbald stark anschwillt, wobei der birnförmige Körper als Ganzes nach und nach Kugelgestalt annimmt (Fig. 6). Die Oogoniumwand nimmt nun sehr viel Wasser auf und zwar geschieht dies erst vorwiegend von der äusseren Membranschichte, dann aber auch von der Innenschichte und zwar dert, dass alsbald die Grenze zwischen beiden Schichten (**Ww**) verschwindet und letztere in eine homogene Gallerthülle verwandelt wird (Fig. 6). In dieser Zeit ist das von der Mutterpflanze abgelöste Oogonium in hohem Grade geeignet, Spermatozoiden, die mit ihm zusammenstossen, an der Peripherie seiner Gallerthülle festzuhalten, wie die nach dem Leben gezeichnete

Figur 6 andeutet. Hierbei zeigt sich die auffällige Erscheinung, dass die meisten der activ beweglichen Spermatozoiden (**s" s" s"** Fig. 6) sich mit ihren spitzen Vorder-Enden an die Gallertoberfläche anbohren und lebhaft rotirend ihren stumpfern hintern Pol von der Gallerthülle abwenden. Selbstverständlich macht es bei höherer Einstellung den Eindruck, als würden einzelne Spermatozoiden in die Gallerte selbst und durch diese bis zur Eikugel vordringen, (Fig. 6), was wohl gelegentlich auch stattfindet, da ja die Befruchtung in nichts Anderem besteht, als in der Vereinigung eines Spermatozoides oder einiger Spermazellen mit der grossen Eimasse. Ebenso wenig als es Thuret und andern Algologen gelang, bei den für diesen Zweck ungünstigen Objecten der Fucaceen das Vordringen eines Spermatozoids bis in's Innere der Eimasse zu verfolgen, ebenso wenig gelang es mir, bei *Cystosira barbata* die direkte Verschmelzung der Spermazellen mit der Eikugel zu beobachten. Aber es kann kein Zweifel sein, dass hier dieser Vorgang stattfindet, indess die Gallerthülle, d. h. die zerfliessende Oogoniumwand total im Meerwasser aufgelöst wird.

Es ist auch keine Frage, dass der Vorgang der Befruchtung ausserhalb der Conceptakeln stattfindet, nicht etwa im Innern derselben. Thatsache ist, dass die reifen Antheridien in Masse aus den Conceptakeln austreten und sich erst vor dem Ostiolum in die einzelne Spermatozoiden auflösen; ebenso ist Thatsache, dass reife Oogonien von den Conceptakeln ausgestossen werden. Hier liegen allerdings die Verhältnisse nun etwas anders, als bei den Fucus-Arten; denn *Cystosira* bleibt bei Ebbe und Fluth continuirlich untergetaucht, was verhindert, dass von Zeit zu Zeit grosse Haufen reifer Oogonien und Antheridien vor der Oeffnung des Conceptaculums die Wiederkehr günstiger Verhältnisse für die stattzuhabende Befruchtung abwarten, wie dies bei Fucus der Fall ist. Da hier, bei *Cystosira barbata*, die Paraphysen des Conceptaculums, d. h. die Androeceal- und die Gynaeceal-Paraphysen nur kurz sind und in keinem Fall aus dem Ostiolum als bärtige Fäden nach Aussen vorragen, so können hier, vor dem Ostiolum auch nie grosse Haufen von Antheridien und Oogonien längere Zeit liegen bleiben. Die ausgestossenen Sexualorgane werden wegen ihres grössern specif. Gewichtes längs der aufrecht im Meerwasser stehenden Pflanze langsam abwärts gleiten und nun werden die bärtigen Paraphysen der sogen. Fasergrübchen ihre guten Dienste leisten. Hier werden die ausgestossenen reifen Antheridien und Oogonien gelegentlich hängen und liegen bleiben, bis die Spermatozoiden frei geworden und an den ihr Gefängniss abwerfenden Oosphären ihres Amtes gewaltet haben. Dies erklärt wohl hinreichend die Bildung so zahlloser Fasergrübchen mit ihren zierlichen Haarbärtchen zur Zeit, da *Cystosira barbata* fructificirt. Der Auffassung von Reinke, wonach die unverzweigten gegliederten Fäden der Fasergrübchen die physiologische Rolle von Wurzelhaaren übernehmen, kann ich nicht beipflichten.

Sobald die Eikugel befruchtet ist, bekleidet sie sich mit einer zarten Cellulose-Membran, nachdem schon vorher die Gallerthülle (von der Oogoniumwand herrührend) vollständig verschwunden. Ohne eine Ruheperiode durchzumachen, beginnt die Eispore sofort zu keimen. Innerhalb weniger Tage kann man

leicht alle in Fig. 7 A—E dargestellten Keimungsstadien beobachten. Schon im ersten Wachstumsstadium macht sich die Tendenz geltend, ein Haftorgan (**rh rh** in B, C & D zu bilden, in dessen schlauchartig verlängerten Zellen die gefärbten Plasmamassen mehr und mehr zurücktreten, indess im oberen, assimilirenden Theil der Keimpflanze die Chlorophyll- und Phycophaein-haltenden Plasmatheile sich vermehren, die Zellkerne und auch die Zellen sich rasch hinter einander theilen, um den kleinzelligen Anfang zu dem später verzweigten Thallus der jungen *Cystosira* zu bilden. Anfänglich sind nur 4 schlauchförmige Rhizoidzellen vorhanden. Zu ihnen gesellen sich alsbald, von Oben nach Unten wachsend, secundäre Rhizoidzellen (**rh"** in E), welche mit jenen ersteren zusammen den Anfang zur Bildung der Haftscheibe darstellen.

Weiteres über die Keimungserscheinungen bei *Cystosira barbata* wird meine diesbezügliche Monographie enthalten (vergl. auch unten die Erklärung der Figuren).

Fig. 1. Habitusbild von *Cystosira barbata* zur Zeit der Fructification (März und April).

Rechts ein kurzstämmiges Individuum mit gabeltheiligem Stamm **st' st'**, noch jung. An den Zweigen **z, z** finden sich noch keine Blasen. Links ein kurzstämmiges Individuum mit einfachem Stamm **st"**. Der untere Hauptast **a"** besitzt noch keine Blasen, wohl aber an seinen Zweigen **z z** bereits zahlreiche Fasergrübchen. In der Mitte ein abnorm-langstämmiges Individuum mit einfachem Stamm **st st st**, dessen Hauptäste **a a a** zum Theil ihre Zweige schon verloren haben, während links oben einer derselben zahlreiche Zweige **z z z** mit Blasenketten und fructificirenden Zweig-Enden **f f f** trägt. **h h h** — Haftscheibe. **ca** — ein Kalkstein, zum Theil mit Florideen-Krusten bewachsen, an welchen die Haftscheiben festsitzen. Die Stämme **st, st', st"** endigen am Scheitel **s, s, s** je mit lichtolivengrüner, plötzlicher Verjüngung; oft ist am Scheitel selbst eine grubenartige Vertiefung wahrnehmbar. Die älteren, dicken Stämme, sowie die Hauptäste **a a a** sind oft ganz von weissen Kalkröhrchen einer Spirorbis (Röhrenwurm) **sp sp** bedeckt.

z, z, z — Zweige, die sich in Blasenketten entwickeln und selbst wieder verästelt sind. Die äussersten Enden der Zweige sind nicht blasig aufgetrieben, sondern solid und bilden die Conceptakeln mit Antheridien und Oogonien, nebst Fasergrübchen. Letztere finden sich auch an den Blasenketten und zwar hier meist zahlreicher, als an nicht blasig verdickten Zweigtheilen. **f, f, f** — fructificirende Enden der Zweige letzter Ordnung.

Die ganze Figur wurde in natürlicher Grösse nach lebenden Pflanzen in Triest aufgenommen (23./28. März 1881).

Fig. 2. Fragment eines fructificirenden Zweiges **z z** mit den fertilen Enden **f f**. Aus den zahlreichen Conceptakeln sind viele reife Antheridien **an** ausgetreten, welche als orangegelbe Häufchen die Oeffnungen decken. **fg fg** — Fasergrübchen mit den langen Paraphysen. **cy cy** — blasig aufgetriebene Stellen der

- Zweige. In 6facher Vergrößerung nach dem Leben gezeichnet: Triest 1. April 1881.
- Fig. 3.** Querschnitt durch ein fructificirendes Zweig-Ende bei 120facher Vergrößerung. **F** — centrales, feinmaschiges Gewebebündel. **pa pa** — Parenchym; **ep ep** — Epidermis. In diesem Querschnitt sind 6 Conceptakeln (**con con**) und ein Fasergrübchen **fg** sichtbar. **an, an** — Antheridien; **og, og** — Oogonien; **par, par** — Paraphysen der Conceptakeln. Bei **Con** ist ein Conceptaculum in der Mediane geschnitten worden, so dass man das Ostiolum **ost** sieht; vor letzterem liegen die ausgetretenen Antheridien **an'**. **fa** — die langen Paraphysen des Fasergrübchens **fg**.
- Fig. 4.** Ein Antheridium-Stand **ast ast** mit einem ganz reifen Antheridium **an** und mehreren unreifen Antheridien in verschiedenen Entwicklungsstadien. **an'** — fast reifes Antheridium, **an''** jüngeres Antheridium, **an'''** und **an⁴** noch jüngere Antheridien. **An** — ein im Wasser zerfliessendes reifes Antheridium mit den freiwerdenden Spermatozoiden **s s s**. **s' s' s'** — frei gewordene Spermatozoiden. Vergrößerung 1900. *)
- Fig. 5.** Ein reifes Oogonium noch in der Basis des Conceptaculums auf der Fusszelle **Fu** festsitzend, umgeben von farblosen, verzweigten Paraphysen. **Ogw** — Oogonium-Wand, deutlich zweischichtig. **W** — die äussere, **w** — die innere Schichte der Oogoniumwand. **xx** — farblose Körperchen im Anfang ihrer Wanderung nach Aussen begriffen. **N, N** — Zellkerne, **va va**, — Vacuolen in den Paraphysenzellen. Vergr. 1900.
- Fig. 6.** Ein reifes, losgetrenntes Oogonium, unmittelbar vor der Befruchtung. **Ww, Ww**, — die in eine Gallerte zerfliessende Wand des Oogoniums, an deren Oberfläche sich zahlreiche, bohrende Spermatozoiden **s'' s''** ansammeln. **x'** — ein farbloses Körperchen im Beginne seiner Wanderung nach Aussen; **x''** — ein ebensolches, bereits aus der Oosphaere ausgetreten; **x'''** **x'''** — zwei andere von fast kugelig Gestalt, schon mehr oder weniger von der Oosphaere entfernt. Vergrößerung 1900. *)
- Fig. 7.** Keimende Oosporen im Alter von 1–5 Tagen. **A** — Oospore kurz nach ihrer Befruchtung; sie besitzt eine doppelt conturirte Membran. **B** — Erste Zelltheilungen in der keimenden Oospore, **rh** — Rhizoidzelle. **C** — weiter vorgeschrittenes Keimstadium; es sind bereits zwei Rhizoidzellen **rh** wahrnehmbar. **D** — ein weiteres Stadium; die 4 primären Rhizoidzellen strecken sich und werden schlauchförmig. **E** — eine noch weiter entwickelte Keimpflanze; zu den 4 primären Rhizoidzellen **rh** gesellen sich secundäre **rh''**. Vergrößerung 486.

Sämmtliche Figuren sind vom Herausgeber des „Atlas“ während eines extra hierfür bestimmten Aufenthaltes auf der zoologischen Station in Triest (März — April 1881) nach lebendem Untersuchungsmaterial gezeichnet worden.

- Literatur:** Thuret, Recherches sur la fécondation des Fucacées. Ann. des sciences naturelles. IV. Série Tome 2. 1854.
- Pringsheim, Ueber Befruchtung und Keimung der Algen und das Wesen des Zeugungs-Actes. Monatsberichte der Berliner Acad. 1855.
- Thuret, Etudes phycologiques; analyses d'algues marines. Publiées par les soins de M. le Dr. Edouard Bornet. (mit 50 mustergültigen Kupfertafeln; ein Prachtwerk einzig in seiner Art.) Paris 1878.
- Bower, On the development of conceptacle in the Fucaceae. Quart. Journal of Microscop. Science 1880.
- Sachs, Vorlesungen über Pflanzenphysiologie. 1882.
- Göbel, Grundzüge der Systematik und speciellen Pflanzen-Morphologie. 1882.

*) Erst nach dem Druck der Auflage wurde (leider zu spät) wahrgenommen, dass der Lithograph an einigen der vielen Spermatozoiden bei Fig. 4 und 6 anstatt bloss 2, irrtümlich 3 Cilien gezeichnet hat, was wir gefälligst zu corrigiren bitten.

Polysiphonia subulata J. Ag.

Wir haben auf einer andern Tafel dieses Werkes die Entwicklungsgeschichte von *Ulothrix zonata* skizzirt, als ein Beispiel jener niedern Algen, die an der untern Schwelle des pflanzlichen Geschlechtslebens stehen, indem sie durch die Copulation zweier ganz gleicher Schwärmsporen den primitivsten Sexual-Akt zeigen. Als Gegenstück zur *Ulothrix*-Tafel bieten wir im vorliegenden Blatt die wichtigsten Momente der Entwicklungsgeschichte einer der **höchstdifferenzierten** Algen aus der Ordnung der **Florideen, Rothtange**.

Diese Kryptogamen-Ordnung zeichnet sich bekanntlich durch einen ungeheuern Formen-Reichthum, wie auch durch ganz eigenthümliche Fortpflanzungsarten aus. Der rothe Farbstoff, welcher allen Florideen eigen ist, das sogen. Phyco-Erythrin, verdeckt in der Regel den an das Plasma gebundenen Blattgrün-Farbstoff (Chlorophyll) derart, dass alle Theile dieser Gewächse bald mehr bald weniger intensiv roth oder violett gefärbt erscheinen. Diese Färbung verleiht den Rothtangen jenen wunderbaren Lichtzauber, den Niemand vergessen wird, der einmal in die geheimnissvolle Flora der von Ebbe und Fluth ewig beunruhigten felsigen Meeresküste einen Blick geworfen hat.

Polysiphonia subulata J. Ag. findet sich an den Ufern der Adria an Stellen, die während der Ebbe im Niveau oder unter dem Wasserspiegel sich befinden, an Felsen, Mauern, Hafenspählen etc. Im Hafen von Triest fand ich sie mehrere Meter unter dem Ebbspiegel. In lebendem Zustand bildet sie dunkelpurpurne oder braunrothe Sträucher, die allseitig verzweigt sind und 10—20 oder mehr Centimeter hoch werden. (Getrocknet erscheint diese Floridee beinahe ganz schwarz, dunkel-braunroth).

Im Frühjahr (März und April) trifft man dreierlei Individuen: ungeschlechtliche, d. h. tetrasporenbildende, und männliche (mit Antheridien), sowie weibliche (mit Früchten). Der architectonische Aufbau ist bei diesen verschiedenen Individuen derselbe, so dass bei oberflächlicher Betrachtung mit unbewaffnetem Auge die geschlechtslosen von den geschlechtlichen Individuen kaum zu unterscheiden sind; einzig die weiblichen Exemplare geben sich bei Anwesenheit reifer Früchte alsbald zu erkennen, indem die letzteren für das unbewaffnete Auge als schwarze oder braunrothe Kügelchen erscheinen, die unregelmässig am Strauchwerk des Thallus zerstreut sind.

In Fig. 1 habe ich bei 84-facher Vergrößerung den obern Theil eines fructificirenden Thalluszweiges dargestellt. Er zeigt uns den Habitus der ganzen Pflanze, da die Art der Verzweigung am ganzen Stock dieselbe ist. Sämmtliche Aeste sind polysiphon, d. h. aus cylindrischen Zellkörpern bestehend, die aus mehreren parallel neben einander verlaufenden röhrenartigen Zellen aufgebaut sind. In der Axe jedes Zweiges verläuft eine Reihe centraler Zellen (**ax** in Fig. 3, unten auf dem Diagramm), welche von 4 peripherischen Zellreihen umgeben wird **pe pe** Fig. 3. Diese letzteren stehen auf gleicher Höhe und sind gleich lang wie die Axenzellen; letztere sind aber an jungen Thalluszweigen immer von geringerem Durchmesser als die peripherischen Zellen, was auf dem Querschnitt (Diagr.) bei Fig. 3 sofort bemerkbar wird. Ganz alte Thalluszweige

bilden ausser diesen typisch vorhandenen Röhrenzellen noch besondere Rindenzellen.

Der Zellinhalt besteht in seiner grössten Masse aus einem farblosen Zellsaft und aus wandständigen rothen Plasmakörnern. Letztere sind in den Röhrenzellen ungleich gross und ungleich geformt, wie Figg. 3 und 4 zeigen. Die farblose Membran ist geschichtet und beträchtlich dick.

Die **männlichen Fortpflanzungsorgane**, die also auf besonderen Individuen — getrennt von den weiblichen — vorkommen, sind zapfenartige **Antheridien**. Sie erscheinen oft in grosser Zahl an den oberen Zweig-Enden, also in der Nähe des fortwachsenden Scheitels an der Stelle von vegetativen Zweigen. Wie diese letzteren, so stellen auch die Antheridien im jüngsten Stadium eine einfache Zellreihe dar. Durch wiederholte Längs- und Quertheilungen differenzirt sich aber alsbald ein langgestreckter, vielzelliger Gewebekörper, der auf einer kurzen Stielzelle (**st** Fig. 2) sitzt und auf der dem Thalluszweig abgekehrten Seite von einem Gabelhaar (**gh** in Fig. 2) geschützt ist. Das letztere entspringt an der Basis des Antheridiums aus dem obern Ende der Stielzelle **st**. Das reife Antheridium von *Polysiphonia subulata* erinnert durch seine äussere Erscheinung an den Bau eines reifen Maiszapfens. In der Längsaxe des zapfenartigen Antheridiums repräsentirt eine Reihe von 4—6 cylindrischen Zellen **aa** die schlanke Zapfenspindel. Ihre ganze Oberfläche ist von zahlreichen Spermatozoiden-Mutterzellen **m m** bedeckt. Letztere sind beim unreifen Antheridium polyedrisch, gegen einander abgeplattet und stellen eine compacte parenchymatische Zellschicht dar. Das ganze Antheridium sammt der Stielzelle **st** und dem Gabelhaar **gh** ist von Anfang an farblos. Beim Heranreifen runden sich die Spermatozoiden-Mutterzellen so viel, als es der Raum gestattet, ab, indem die Wandungen sich stark über die Peripherie des Antheridiums nach aussen vorwölben. Der feinkörnige plasmatische Inhalt jeder Mutterzelle differenzirt sich zu einem kugeligen Körper, der endlich aus der Membran der Mutterzelle als Spermatozoid austritt, **s s** in Fig. 2. Das reife Antheridium entlässt in kurzer Zeit sämmtliche 400—800 kugeligen Spermatozoiden in das umgebende Meerwasser.

Das einzelne Spermatozoid ist ein membranloses Plasmakügelchen ohne jegliches Bewegungsorgan. Im Centrum dieser kugeligen Primordialzelle erkennt man bei starker Vergrößerung ein stark lichtbrechendes Kügelchen, um welches sich einige kleinere farblose Plasmakörnchen gruppieren; vergleiche **s s** in Fig. 2 und **s' s'** in Fig. 3.*)

Das **weibliche Organ** von *Polysiphonia subulata* ist ein mehrzelliges **Carpogon** von relativ hoher Differenzirung. Es entsteht auf der weiblichen Pflanze ebenfalls dicht unter dem Scheitel der Thallus-Zweige

*) Während die einen Algologen, die sich mit den Befruchtungs-Vorgängen der Florideen beschäftigten, den Spermatozoiden eine zarte Membran zuschreiben, behaupten andere Algologen, dass die das Antheridium verlassenden Spermatozoiden der von ihnen untersuchten Florideen der Membran entbehren. Es ist auch mir nicht gelungen, an den frischen Spermatozoiden von *Polysiphonia subulata* irgend eine Membran zu erkennen.

und zwar — ähnlich wie die Antheridien auf den männlichen Pflanzen — an der Stelle von jungen vegetativen Zweigen; vergl. **ca ca** in Fig. 1. Der Raum unserer Tafel gestattet nicht, auch die Entwicklungsgeschichte des Carpogons von der ersten Zelle an bis zur Empfängnissfähigkeit in etlichen Figuren zu skizziren. Da ich dies an anderer Stelle in einer ausführlicheren Arbeit thun werde, so beschränke ich mich hier darauf, das Carpogon auf jenem Entwicklungsstadium zu beschreiben, auf welchem es zur Zeit der Befruchtung steht; vergleiche Fig. 3 **Ca**. Auf dieser Entwicklungsstufe lässt das Carpogon drei wesentlich verschiedene Theile unterscheiden:

- a) den Fuss **f**,
- b) den fertilen sporenbildenden Theil **cg**,
- c) den Haar-Apparat **trg** und **gh**.

Der Fuss (**f** in Fig. 3) besteht wie das Glied eines vegetativen Thallusstückes aus einer centralen und aus 4 um dieselbe gruppirten peripherischen Röhrenzellen; sein Querschnitt entspricht also demjenigen irgend eines jüngern Thalluszweiges (vergl. Diagr. in Fig. 3, rechts unten). In unserer Figur sehen wir selbstverständlich nur die zwei uns zugekehrten peripherischen Röhrenzellen des Fusses **f**, während die centrale Zelle und die zwei hinten liegenden Röhrenzellen unserem Blick entzogen sind. Der Fuss des Carpogons ruht an jener Stelle auf dem mütterlichen Thalluszweig, wo zwei tiefere peripherische Röhrenzellen mit den zwei nächstfolgenden höheren Röhrenzellen gleicher Axe zusammenstossen. Das Carpogon entspringt somit an der Grenze zweier Internodien und erhält seine Baustoffe aus 4 peripherischen Röhren der Mutterpflanze.

Ueber dem Fuss folgt der fertile Theil **cg** des Carpogons. Dieser ist ein verkehrt-eiförmiger Zellkörper, der zur Zeit der Befruchtung aus 20—26 Zellen besteht. Eine centrale Zelle, die reichlich mit körnigem Plasma erfüllt ist, wird von einer grössern Zahl unregelmässiger peripherischer Zellen umgeben und harrt der Befruchtung, um hernach zum sporenbildenden Apparat heranzuwachsen, indess die 19—25 peripherischen Zellen durch weitere Theilungen zur vielzelligen Wand der Sporenrucht werden. (In unserer Fig. 3 sehen wir von dem fertilen Theil des Carpogons bloss die uns zugekehrte Hälfte der peripherischen Zellen).

Der oberste Theil des weiblichen Organes ist der Haar-Apparat, der bei *Polysiphonia subulata* aus dem Gabelhaar **gh** und aus der Trichogyne **trg** besteht. Das Gabelhaar differenzirt sich schon sehr frühe am jungen Carpogon und zwar lange, bevor die Trichogyne sich bildet. Es ist, wie sich aus seiner Entwicklungsgeschichte ergibt, durchaus scheidelständig, obschon es bisweilen anscheinend neben dem Scheitel inserirt ist, und besteht aus einer verzweigten, selten bloss einfachen Zellreihe. Sein gesetzmässiges Vorhandensein und die Dauer seiner Existenz — es verschwindet kurz nach der Befruchtung — sprechen dafür, dass es ein bei der Befruchtung nützlich mitwirkendes Hilfsorgan ist.

Der wesentlichste Theil des Haarapparates ist jedoch die Trichogyne **trg** Fig. 3, das Empfängnisorgan, welchem ja bei den Florideen eine ähnliche Bedeutung zukommt, wie dem stielartig verlängerten Griffel so vieler höherer Blütenpflanzen.

Die Trichogyne ist ein zartes, farbloses, aus einer einzigen Zelle bestehendes Haar, das neben dem Scheitel des Carpogons sich aus letzterem erhebt und nicht völlig die Länge des Gabelhaares **gh** erreicht. Von unten bis oben gleich dick, erscheint es am Scheitel plötzlich abgerundet. In seinem engen Canal liegt feinkörniges farbloses Plasma.

Befruchtung. Wenn eben aus den Antheridien benachbarter männlicher Pflanzen entleerte Spermatozoiden zufällig mit dem obern Theil der Trichogyne in Berührung kommen, so bleiben sie an der zarten farblosen Membran der letzteren festhaften. Besonders der Scheitel der Trichogyne besitzt die Fähigkeit, das kugelige Spermatozoid festzuhalten. Es erfolgt dann eine Verschmelzung der beiden sich berührenden Theile derart, dass der körnige plasmatische Inhalt des Spermatozoids in das Innere der Trichogyne selbst übertritt, vergleiche **s'''** in Fig. 3.*) Der ganze Körper der männlichen Geschlechtszelle geht hiebei eine Copulation mit der Trichogyne ein: ein Theil seines plasmatischen Inhaltes wandert in Trichogynen-Canal abwärts in den fertilen Theil des Carpogons, um dort an die eigentliche weibliche Zelle, die (in unserer Figur nicht sichtbare) Centralzelle den befruchtenden Impuls abzugeben. Da den Spermatozoiden der Florideen active Bewegungsorgane und somit eigene Beweglichkeit abgeht, so beruht die Möglichkeit der Befruchtung, d. h. die Berührung und Copulation des Spermatozoids mit der Trichogyne auf einem glücklichen Zufall. Die Spermatozoiden gelangen passiv, entweder durch ihre eigene Schwere oder durch die Strömungen des Meerwassers in Folge Wellenschlags oder von Ebbe und Fluth, in vielen Fällen gewiss auch durch kleine Thiere, wie Infusorien, Krebse und dergl., die zufällig sich im Buschwerk der Florideen herumtreiben, hinüber zu den weiblichen Organen. Je grösser die Entfernung zwischen Antheridien und Carpogonien, desto geringer die Chancen der Befruchtung; je lebhafter die Wasserbewegung in der Nähe und zwischen den getrennten Sexualorganen, desto wahrscheinlicher die Befruchtung. Es lag daher die Vermuthung sehr nahe, dass in manchen Fällen bei den Florideen eine unbewusste Mitwirkung von Wasserthieren die Befruchtung begünstigt, ähnlich wie es bei den Landpflanzen zur Zeit der Blüthe durch die Honig- und pollensuchenden Insekten stattfindet. In der That ist es mir denn auch gelungen, die ganz wesentliche Mitwirkung von Wasserthieren bei der Befruchtung von *Polysiphonia subulata* zu beobachten. Da dies meines Wissens die erste diesbezügliche Beobachtung ist und wie ich glaube, kein Zweifel mehr bestehen kann, dass im vorliegenden Falle die Anwesenheit von Glockenthierchen in der Nähe der Sexualorgane von *Polysiphonia* die Chancen der Befruchtung ungemein

*) Jene Algologen, die dem Spermatozoid eine zarte Membran zuschreiben, schildern die Copulation von Spermatozoid und Trichogyne als eine Verschmelzung und Auflösung der Membran dieser beiden Körper an ihren Berührungsstellen und nachherige Vereinigung der plasmatischen Parteen, während hingegen die andern Autoren, die den bewegungslosen Spermatozoiden eine eigene Membran absprechen, schlechtweg von einer Verschmelzung beider Körper reden. Eine dritte Auffassung geht dahin, dass das vorher nackte Spermatozoid erst bei der Verschmelzung mit der Trichogyne eine Membran erhält, indess der plasmatische Inhalt in den Trichogynen-Canal wandert.

steigert, so habe ich nicht gezögert, die von mir wiederholt beobachtete Mitwirkung einer Vorticella auf unserer Tafel zur Anschauung zu bringen. Bei der mehrwöchentlichen Untersuchung dieser Floridee fand ich fast regelmässig auf den fructificirenden weiblichen Pflanzen, die eine Menge reifer, halbreifer und auch erst in der Anlage vorhandener Früchte besaßen, eine Unzahl von langgestielten Glockenthierchen, die an allen Theilen des verzweigten Thallus, ganz besonders zahlreich aber an den obern jüngsten Zweigen (mit den Carpogonien) sich festgesetzt hatten und da ihr munteres Wesen trieben. Diese, oft zu Dutzenden auf demselben Gesichtsfeld erscheinenden Infusorien, waren häufig bei der mikroskopischen Arbeit sehr störend und mir bis zu jener Stunde unliebsame Gäste, da ich ihre freundliche Mitwirkung bei der Befruchtung direkt beobachtet hatte. Nachdem ich frische weibliche und männliche Exemplare von Polysiphonia, deren Sexualorgane das Reifestadium für die Befruchtung erreicht hatten, in einer Glasschale mit frischem Meerwasser vereinigt hatte, brachte ich Zweigstücke mit den beiderlei Geschlechtsorganen unter das Mikroskop, sie mit Wasser versetzend, in welches vorher zahlreiche reife Spermatozoiden entleert wurden. Während der folgenden paar Stunden war es mir leicht, alle Stadien der Befruchtung zu beobachten und in zahlreichen Figuren zu fixiren. Wiederholt sah ich den in Fig. 3 dargestellten Vorgang, bei welchem zahlreiche Spermatozoiden in dem Strudel mittanzten, den ein in der Nähe des Carpogons feststehendes Glockenthierchen abwechselnd in Bewegung versetzte, wobei häufig Spermatozoiden mit der Trichogyne *trg* in Berührung kamen und dort kürzere oder längere Zeit haften blieben. Diesen munteren Thierchen hatte ich es zu verdanken, wenn mir gelang, die Vorgänge der Copulation von Spermatozoid und Trichogyne von Anfang bis zu Ende zu verfolgen.

Durch die Anwesenheit zahlreicher Infusorien, welche einen Wasserwirbel zu erzeugen gewohnt sind, gerathen die passiven Spermatozoiden selbstverständlich in eine Art schwärmender Bewegung, wie jene Spermazellen der andern Kryptogamen, die mit Cilien behaftet und selbständig, activ beweglich sind. Daraus ergibt sich selbstverständlich mit mathematischer Gewissheit eine immens grössere Wahrscheinlichkeit für die Copulation von Spermatozoid und Trichogyne, als wenn keine Thiere anwesend wären. Gleichzeitig wird einleuchten, dass diese Wahrscheinlichkeit bei Polysiphonia subulata noch gesteigert wird durch die Anwesenheit des in nächster Nähe der Trichogyne stehenden und diese letztere überragenden Gabelhaares (*gh* Fig. 3), welches in vielen Fällen sekundären Wasserströmen rufen muss und oft den von der Vorticella veranlassten Wirbel spalten wird. Häufig trifft man bei Polysiphonia subulata unbefruchtet gebliebene Carpogone (*ca' ca'* Fig. 1) und es wird nach dem oben Mitgetheilten nicht befremden, wenn dies namentlich an Stöcken beobachtet wird, die weniger stark von Vorticella bevölkert sind.

Auf der andern Seite darf es uns nicht befremden, wenn diese Vorticella mit Vorliebe auf Polysiphonia subulata Platz nimmt, da sie sich gerne mit den Spermatozoiden dieser Floridee füttert (*s" s"* in der Vorticella Fig. 3 sind zwei solcher verschlungener Spermatozoiden). Wir haben hier also ein analoges Verhält-

niss vor uns, wie es diejenigen Blumen darbieten, welche von pollensuchenden Insekten besucht und bestäubt werden. Vielleicht wird es in der Folge gelingen, bei verschiedenen Florideen noch ausgesprochenere Anpassungen an Wasserthiere zu ermitteln, als wie sie uns hier Polysiphonia darbietet. Ganz gewiss ist diese Floridee nicht der einzige Meeresbewohner, dem die Anwesenheit von kleinen Thieren in ähnlicher Weise zu Nutzen gereicht, wie den buntblühenden Landpflanzen die Anwesenheit von Insekten.

Nach vollzogener Befruchtung verschwindet der Haarapparat, das Gabelhaar *gh* sowohl als die Trichogyne *trg*. Die Wandzellen des Carpogons beginnen nun rasch zu wachsen und wiederholt durch Wände, senkrecht zur Oberfläche sich zu theilen. Sie werden zur kapselartigen parenchymatischen Hülle, *hh* Fig. 4, welche frühzeitig, lange bevor die Sporen reif sind, am Scheitel ein rundes Loch besitzt (Fig. 4). Mittlerweile beginnt die Centralzelle des befruchteten Carpogons eine Menge dicht stehender kurzer Zweige zu bilden, die als Zellreihen — nach allen Richtungen ausstrahlend — die Basis der kapselförmigen Frucht erfüllen. Jene Centralzelle wird daher Placenta genannt. An den Enden der von ihr ausstrahlenden verzweigten Zellreihen bilden sich birnförmige, dunkelroth gefärbte Sporen, die sogenannten Carposporen, welche, sobald sie eine gewisse Grösse erreicht haben, sich ablösen und durch die Oeffnung am Scheitel der Kapsel Frucht ins Freie treten (*sp sp* Fig. 4). Letztere wird bei den Florideen Cystocarp genannt (*cy cy* in Fig. 1).

Unmittelbar nach dem Austritt der Carposoren aus dem Cystocarp beginnt die Keimung, die ich in Fig. 5 A und 5 B dargestellt habe. Erst rundet sich die birnförmige Spore ab, die anfänglich sehr zarte, kaum sichtbare Membran wird dicker, dann streckt sich die Spore; es macht sich ein Gegensatz zwischen farbigem Scheitel und farbloser Basis geltend. Letztere wird zum wurzelartigen Haftorgan, indess der farbige, plasmareiche dickere Theil sich keulenförmig streckt, aufwärts strebend und sich wiederholt durch Querwände theilend. Es resultirt zunächst eine einfache Zellreihe, bestehend aus einer farblosen Rhizoidzelle und 5—6 farbigen Gliederzellen. Eine Scheitelzelle vermittelt in der Folge das Längenwachsthum, indess die unteren Zellen in acropetaler Folge sich durch Längswände weiter theilen und dadurch den Thallus in einen cylindrischen Zellkörper verwandeln. Auffallend ist der Umstand, dass die Keimung in ihren ersten Stadien bis zur Bildung eines Zellkörpers bei den Carposporen ganz dieselbe ist, wie die Keimung der ungeschlechtlich entstehenden, auf geschlechtslosen Pflanzen in besonderen Thalluszweigen, Stichidien, erzeugten Tetrasporen. Fig. 6 & 7.

Ich habe in Fig. 6 einen Tetrasporen-bildenden Zweig (Stichidie) dargestellt. Die 5 aufeinander folgenden fertilen Glieder des ungeschlechtlichen Thallusstückes sind dicker, als die nicht-fertilen Glieder desselben Thallus-Fragmentes. In jedem jener 5 Glieder entstanden unter den peripherischen Röhrenzellen je 4 tetraëdrisch angeordnete Sporen. Die zwei untern fertilen Glieder sind bereits entleert; die Tetrasporen treten nämlich durch einen Riss zwischen den peripherischen Zellen (*r* in Fig. 6) heraus. Ihre Keimungs-

geschichte ist in den 4 Figuren **7 A B C & D** in chronologischer Folge (alphabetisch geordnet) dargestellt.

Fig. 1. Fragment einer weiblichen Pflanze von *Polysiphonia subulata*. **ca, ca** — junge Carpogonien, **ca' ca'** — unbefruchtete abortirte Carpogonien; **cy'** — noch nicht ganz reifes Cystocarp von aussen gesehen; **cy cy** — Carposporen entlassende Cystocarpien. Vergrößerung $84/1$. (Nach dem Leben gezeichnet, Triest und Zürich 1878/79).

Fig. 2. Reifes Antheridium. **st** — Stielzelle; **gh** — Gabelhaar; **a a** — Axenzellen des zapfenförmigen Antheridiums. **m m** — Spermatozoiden-Mutterzellen; **s s** — Spermatozoiden. Vergrößerung $2000/1$.

Fig. 3. Ein Carpogon-tragendes Thallus-Stück mit dem Carpogon **Ca** (während der Befruchtung) und der Vorticella **Vort.**, welche durch den Wasserstrudel in der Region der Pfeile die passiven Spermatozoiden **s' s'** in eine kreisende Bewegung versetzt.

Diagr. — rechts unten der Querschnitt durch den Thalluszweig. **pe pe pe pe** — die 4 peripherischen Röhrenzellen; **ax** — die centrale Röhrenzelle. An der Innenseite der Zellmembran sitzen die rothgefärbten Plasmakörner. **f** — Fuss des Carpogons. **cg** — fertiler, mittlerer Theil des Carpogons; **gh** das scheidelständige Gabelhaar; **trg** — die Trichogyne mit dem copulirenden Spermatozoid **s'''** am Scheitel. **s''''** — ein vom Wasserstrudel durch die Vorticella an die Trichogyne geschleudertes Spermatozoid.

Vort. — Die gestielte Vorticella mit ihrem

lebhaft agirenden Wimperkranz am Deckel. Die Pfeile geben die durch das Peitschen der Wimpern veranlasste Wirbelströmung des Wassers an. **s' s' s'** — die in den Wasserwirbel hineingerathenen rotirenden Spermatozoiden, die gelegentlich an der Trichogyne **trg** hängen bleiben. **pv** — pulsirende Vacuole der Vorticella, **s'' s''** — zwei von der Vorticella verschlungene Spermatozoiden von *Polysiphonia*. Vergrößerung $3840/1$.

Fig. 4. Reifes, Carposporen entleeres Cystocarp. **h h** — Hülle der kapselartigen Frucht. Im Grunde der letztern die zahlreichen sporenbildenden Zweige der Placenta. **sp sp** — ausgetretene Sporen. Vergrößerung $600/1$.

Fig. 5. **A** — Keimende Carpospore im ersten Stadium. $900/1$.

B — Keimpflänzchen aus einer Carpospore. Durch beginnende Längstheilungen geht die einfache Zellreihe in einen Zellkörper über. $2400/1$.

Fig. 6. Fragment eines Tetrasporen-bildenden Zweiges (Stichidie) mit den Tetrasporen **tsp, tsp**. Bei **r** der Riss über einer entleerten Tetrasporen-Mutterzelle; **tm** — eine zweite entleerte Tetrasporen-Mutterzelle. $480/1$.

Fig. 7. Die nach den Buchstaben **A B C & D** geordneten, aufeinander folgenden Keimungs-Stadien der Tetrasporen. $600/1$

(Sämmtliche Figuren sind mit einem Hartnack'schen Mikroskop durch das Prisma nach dem Leben gezeichnet).

Literatur: Nägeli. Die neuern Algen-Systeme. 1847.

Nägeli. Beiträge zur Morphologie und Systematik der Ceramiaceen. (Sitz.-Ber. d. math.-phys. Classe der k. bayerisch. Acad. der Wissenschaften vom 12. Dez. 1861).

Bornet & Thuret. Rech. sur la fécondation des Floridées. (Annales des sc. nat. 5me série t. 7) 1867.

Bornet & Thuret. Notes algologiques. Paris. G. Masson 1876.

E. de Janczewski. Notes sur le dév. du cystocarpe des Floridées. (Mémoires de la société des sc. nat. de Cherbourg, t. 20. 1877.

Thuret. Etudes phycologiques. Paris 1878.

Dodel-Port. Infusorien als Befruchtungs-Vermittler bei Florideen. (Kosmos, III. Jahrgang, Juni 1879. pag. 182—190.

Sachs. Lehrbuch der Botanik. Neueste Auflage.

Lürssen. Medicinisch-pharmaceutische Botanik. I. Band 1879.

Mucor Mucedo.

Der Knopfschimmel (*Mucor Mucedo*) ist wohl der gemeinste Schimmelpilz; er wächst auf den verschiedensten Substraten. Es gibt kaum eine in Zersetzung begriffene organische Substanz, auf welcher sich nicht alsbald der Knopfschimmel anzusiedeln versucht. Wir finden diesen Kosmopoliten namentlich auf verdorbenen feuchten Nahrungsmitteln. Ein Stückchen Brod an feuchtem Ort vor Verdunstung geschützt, bedeckt sich bald mit einem dicken Filzrasen von *Mucor*, dessen Fruchttträger sich nicht selten so üppig entwickeln, dass sie 12—15 Centimeter lang werden. Das Gleiche gilt von feuchten Knochen und von thierischen Excrementen, auf denen er sich um so schneller entwickelt, als die Keimfähigkeit der mit den Nahrungsmitteln in den Körper gelangten Sporen auf dem Wege durch den Verdauungskanal nicht geschädigt, sondern im Gegentheil begünstigt wird. In feuchten Wohnungen siedelt sich der Knopfschimmel während des Winters sogar auf den tapezirten Mauern an, wo er oft ganze Wände vollständig bedeckt und die Tapeten der Vermoderung unterwirft.

Mucor Mucedo verdankt seine Allgegenwart und seine rasche Ausbreitung den ungeschlechtlichen Generationen, die sich beispiellos rasch entwickeln und in grosser Zahl auf einander folgen, ehe einmal unter günstigen Verhältnissen wieder geschlechtliche Fortpflanzung eintritt. Die grösste Zahl der Glieder in der ununterbrochenen Kette des Generations-Wechsels besteht somit aus ungeschlechtlichen Generationen, deren Entwicklungsgeschichte wir in vorliegender Tafel zur Darstellung gebracht haben. (Die geschlechtliche Fortpflanzung von *Mucor* wird auf einer Tafel der 1. Supplementlieferung zur Anschauung gebracht werden).

Die Sporen der ungeschlechtlichen Generation sind mit der Reife sofort keimfähig; ihre Länge beträgt 0,0066—0,0099 Mm., ihre Breite 0,0033—0,0040 Millimeter. Bei der Keimung schwellen sie an und gehen aus der Eiform in die Kugelform über (Fig. 5 und 6. a), wobei sie 6 bis 10 mal grösser werden. Die Membran ist zart und einfach, der Inhalt der einzelnen Spore farblos und vor der Keimung homogen, aus lichtbrechendem Protoplasma bestehend; beim Beginn der Keimung zieht sich das Plasma als feinkörniger Beleg auf die Zellwand zurück, während in der Sporenmittle eine grosse Vacuole sichtbar wird. Dann treten nach einer, in der Regel jedoch nach mehreren Seiten Keimschläuche hervor (Fig. 5 und 6. b und b'), die mit grosser Schnelligkeit wachsen und sich alsbald regellos nach allen Richtungen verzweigen, so dass sie schon in der Frist eines Tages ein vielfach verästeltes Mycelium darstellen, welches mit dem Wurzelsystem einer höhern Pflanze grosse Aehnlichkeit hat. „Die Aeste zweiter und dritter Ordnung werden allmählig schmaler und enger und geben in weiteren Verzweigungen den zarten Fäden Ursprung, die man an einem ausgewachsenen Mycelium als letzte Verästelungen (Fig. 1) mit starker Vergrösserung verfolgen kann.“ (Brefeld.)

Das ganze Mycelium stellt eine einzige, vielfach verzweigte schlauchförmige Zelle dar. Hat es eine gewisse Grösse erreicht, so hört sein Wachstum auf; der erste Abschnitt in der Entwicklung des Pilzes, das vegetative Leben als Mycelium ist beendet. So entwickelt sich der Knopfschimmel unbeachtet in modernden Substanzen, in dicken Fruchtsäften, im Innern des Brodes, des Kleisters etc.

Es folgt der zweite Abschnitt, die Periode der reproductiven Entwicklung: Aus allen Theilen des verästelten Myceliums drängt sich der plasmatische Inhalt gegen den Centralpunkt des Myceliums. Am stärksten Theil des Schlauches entsteht eine Erweiterung, von welcher sich allmählig ein dicker Ast (Fig. 1. b) in die Höhe erhebt. Er tritt aus der Oberfläche des nähernden Substrates in die Luft über und schwillt an seinem obern Ende kopfartig an; dies ist der junge Fruchttträger, dessen oberer knopfartiger Theil zum sporenbildenden Apparat, zum Sporangium wird. Fast alles Protoplasma des Myceliums wandert in diesen reproductiven Theil, während die Schläuche des Myceliums sich mit wässriger Flüssigkeit füllen.

Hat das Knöpfchen am obern Ende des jungen Fruchttägers eine gewisse Grösse erreicht, so entsteht in seinem Grunde eine nach oben gewölbte conische Wand, die als säulenartige Fortsetzung des Fruchttägers in den kugeligen Raum des Sporangiums hineinwächst und *Columella* genannt wird. (co in Fig. 2 und 4.) Dann zeigen sich auf der Aussenseite des kugeligen Sporangiums feine nadelförmig zugespitzte steife Stachelchen (Fig. 2 und 3), die aus oxalsaurem Kalk bestehen und die Farbe des ganzen Organes erheblich verdunkeln. Mit der gleichen Substanz ist die äusserste Schicht der Sporangiumwand incrustirt, während die innerste Schicht der letzteren aus Cellulose besteht. Mittlerweile differenzirt sich das Plasma im Sporangium-Raum zu zahlreichen Sporen, die sich alsbald mit einer Cellulose-Membran bekleiden. Die Sporen berühren sich nicht, sondern liegen in einer homogenen Substanz (Demarkationssubstanz).

Nach der Ausbildung des Sporangiums schiebst der Fruchttträger bis zu einer 10fachen Länge heran, wobei er sich dem Lichte zuwendet. Während dieser Zeit treten nun auch im verästelten Mycelium an vielen Stellen Scheidewände auf, so dass im letzten Stadium das Mycelium vielzellig ist.

Nach vollendeter Streckung und nachlassendem Turgor folgen die Sporangien dem Zuge der Schwerkraft und sinken um, wobei auch die thauartig sich niederschlagende Feuchtigkeit der Luft wesentlich mitwirkt. Die innere Membranschicht der Sporangiumwand und die zwischen den Sporen liegende Demarkationssubstanz nehmen sehr viel Wasser auf; sie sind ungemein quellungsfähig und zwar derart, dass bei Anwesenheit von tropfbarflüssigem Wasser das Volumen jener beiden Substanzen sehr rasch zunimmt. Die äusserste Schicht der Sporangiumwand, welche von oxalsaurem Kalk incrustirt ist, vermag sich aber gar nicht auszudehnen; sie geht daher beim Aufquellen der Demarkationssubstanz und der innern Schicht der

Sporangiumwand in Stücken, wobei die Sporen in Freiheit gelangen, d. h. mit sammt den aufquellenden und in Wasser zerfließenden Substanzen des geplatzten Sporangiums der Schwerkraft folgen. Die Sporen von *Mucor Mucedo* können austrocknen, ohne ihre Keimfähigkeit zu verlieren. Ihre Kleinheit befähigt sie, mit dem leisesten Windhauch weite Wanderungen anzutreten, bis sie zufällig wieder auf ein geeignetes Substrat gelangen, um einer neuen Generation das Dasein zu geben. **Brefeld** hat auch gezeigt, dass die ungeschlechtliche Generation unter günstigen Verhältnissen sich innerhalb 2—3 Tagen von der Aussaat der Spore an bis zur Reife der neuen Sporen entwickelt, so dass in günstigen Jahreszeiten während 10 Tagen 3—5 ungeschlechtliche Generationen unmittelbar aufeinander folgen können. Die Vermehrung des Knopfschimmels beläuft sich in dieser Zeit auf das Milliardefache.

Fig. 1. Vergr. $150\times$. Gestalt und Verzweigung eines ausgewachsenen Myceliums von *Mucor Mucedo*, aus der Spore **a** gezüchtet. **b** — der Fruchträger, welcher sich aus dem Mycelium erhebt und am oberen Ende das Sporangium **c** trägt.

Letzteres enthält schon die Sporen und wird durch eine nachfolgende Streckung des Fruchträgers 5 bis 6 mal höher emporgehoben.

Fig. 2. $1800\times$. Fruchträger mit jungem Sporangium, in dem bereits die Sporen gebildet, doch noch nicht gereift sind. **co** — die Columella, **m** — Sporangium-Wand mit den zarten Nadeln auf der Aussenfläche, **d** — die lichthelle Demarkationssubstanz zwischen den Sporen.

Fig. 3. $1000\times$. Reifes Sporangium von aussen gesehen, nach der Streckung des Fruchträgers. Um alle Theile zur Anschauung zu bringen, ist auch der Inhalt des kugeligen Sporangiums sammt der Columella dargestellt, von den Sporen jedoch nur die peripherische Schichte, welche der Innenfläche der Kugelwand anliegt.

Fig. 4. $1800\times$. Fruchträger mit Columella **co** und dem untersten Fragment der stacheligen Bekleidung des geplatzten Sporangiums. An der Columella einige hängen gebliebene Sporen.

Fig. 5. und **6.** $6600\times$. Keimende Sporen in verschiedenen Stadien, sehr stark vergrößert.

Literatur: **Oskar Brefeld.** Botanische Untersuchungen über Schimmelpilze. I. Heft. (Leipzig. 1874).
Julius Sachs. Lehrbuch der Botanik. 4. Auflage. 1874.

Peziza.

Unter den höheren Pilzen nehmen die Ascomyceten (Schlauchpilze) eine der hervorstechendsten Stellen ein. Trotz ihrer fast beispiellosen Variation im morphologischen Ausbau und in der Mannigfaltigkeit ihrer Entwicklungsgeschichte stimmen sie doch alle darin überein, dass sie in gewissen Entwicklungsstadien sogenannte Fruchtkörper bilden, deren wesentlichste und wichtigste Bestandtheile schlauchartige Zellen (Asci) darstellen, in welchen eine gesetzmässige Zahl von Sporen liegen, die sogen. Ascosporen (Schlauchsporen). Die Ascomyceten sind durch dieses Merkmal als besondere Pilz-Ordnung gegen die übrigen höhern Pilze scharf abgegrenzt.

Als Unterordnung der Schlauchpilze wird in den neuern Systemen die artenreiche Gruppe der Discomyceten, Scheibenpilze, aufgeführt und einlässlich beschrieben. Hier treffen wir auf diejenigen Repräsentanten der höhern Pilze, welche bis jetzt am besten erforscht sind und deren Entwicklungsgeschichte — obschon noch keineswegs in befriedigender Weise blossgelegt — die interessantesten Aufschlüsse über die Sexualität der höhern Pilze überhaupt abgab. Daher hat sich denn in neuester Zeit das biologische Interesse der Mycologen in bedeutendem Masse auf die Gruppe der Discomyceten concentrirt. Wenn es trotzdem noch nicht ganz gelungen ist, alle Zweifel über die Deutung der sexuellen Vorgänge im Entwicklungs-Cyclus dieser hochdifferenzirten Pilze zu zerstreuen, so kann sich doch beim Ueberblick der bis jetzt gewonnenen Untersuchungs-Resultate kein Botaniker mehr mit Ernst dem Zweifel hingeben, ob den höhern Pilzen überhaupt Sexualität zukomme oder nicht. Alle Beobachtungen vertrauenswürdiger Forscher, die sich mit dieser Frage beschäftigt haben, deuten darauf hin, dass die sogen. Fruchtkörper der Ascomyceten ihre Entstehung einem geschlechtlichen Vorgang verdanken, welcher an dem unscheinbaren Thallus, an dem in oder auf dem nährenden Substrat vegetirenden Mycelium stattfindet.

Es lag nicht in unserer Absicht, schon jetzt, da die Deutung jener Vorgänge immer noch mehr oder weniger angezweifelt wird, in unserem Tafelwerk eine diesbezügliche Darstellung zur Anschauung zu bringen; dagegen erschien es uns unabweisbar, ein Hauptmoment aus der Entwicklungsgeschichte der Ascomyceten, nämlich die **Entwicklungsgeschichte des Ascus und der Ascosporen** in einem lehrreichen Beispiel zu illustriren. Wir wählten zu diesem Zweck einen der schönsten Discomyceten, eine prächtige *Peziza*-Art, deren Fruchtkörper uns in der zweiten Hälfte des Monats September (1881) lebend zur Disposition standen und uns Gelegenheit gaben, die ganze Entwicklungsgeschichte des Ascus und seines Inhaltes bis zur Sporenreife in allen wünschbaren Abstufungen kennen zu lernen und in zahlreichen Figuren zu fixiren.

Die Fruchtkörper dieses Pilzes, den wir für *Peziza aurantia* (Oeder) halten, variiren in Grösse und Form ungemein, wie aus den Figuren **I A** und **I B** hervorgeht, wo wir 8 reife Fruchtkörper, **a b c d e f g** und **h**, in verschiedenen Stellungen, alle

bei $3\frac{1}{2}$ -maliger Vergrösserung, nach lebenden Exemplaren gezeichnet, zur Anschauung bringen. Sie alle fanden sich an freien, nur spärlich mit Moosen bewachsenen Waldstellen, auf lehmigem Substrat sitzend oder doch sehr kurz-, kaum gestielt. Die kleineren dieser reifen Fruchtkörper, welche alle ohne Unterschied ein wohlentwickeltes, orangegelbes Hymenium besaßen, sind schüsselförmig, mit dickwulstigem Schüsselrand, der um die glänzende, glatte Hymenialfläche einen fleischigen, blasser gelben Ringwall bildet (Fig. **I A**, **a b c** und **d**). Die etwas grösseren, anscheinend weiter entwickelten Fruchtkörper dagegen sind kurzgestielte, fleischige Trichter, deren oberer Rand bald einwärts, bald auswärts umgebogen (umgekrämpt) ist, Fig. **I A e** und **I B g**, während die grössten Fruchtkörper scheiben- oder teller- oder schildförmig, bald ganz flach, bald nach Oben etwas concav, bald convex sind und in letzterem Falle die Ränder dicht auf das Substrat zurückbiegen, so dass eine fast schirmförmige Hymenialfläche mit nach Unten umgekrämptem Rande den ganzen Fruchtkörper deckt (Fig. **I A f** und **I B h**). In Beschreibungen anderer Autoren wird von dieser Species weiterhin angegeben, dass die Fruchtkörper etwas unregelmässig und am Rande oft zerschlitzt seien, womit unsere durchaus genauen Zeichnungen zum Theil übereinstimmen, da ja z. B. bei Fig. **I B** der Pilz **h** eine excentrische Anheftungsstelle und in Fig. **I A** der Pilz **f** in der That einen zerschlitzten Rand besitzt. Die Angaben der Grösse dieser Fruchtkörper variiren beträchtlich; bei einigen Autoren werden folgende Dimensionen angegeben: Höhe bis 3 Centimeter, Durchmesser der Scheibe oder Schüssel bis 7 Centimeter, während die Höhe unserer grössten abgebildeten Form nicht ganz 2 Centimeter, die Breite der grössten Scheibe (in Fig. **I B h**) etwas mehr als $3\frac{1}{2}$ Centimeter erreichte.

Bei all diesen Formen war der Rand der Scheibe oder Schüssel anfangs eingerollt, also nach Oben und Innen umgekrämpt. Die definitive Form, wie sie die reifen, sporenentleerenden Fruchtkörper besitzen, resultirt durch eine sekundäre, in centrifugaler Richtung fortschreitende Dehnung der Gewebe-Elemente, aus denen sich der Fruchtkörper aufbaut.

Ueber die Entwicklungsgeschichte des ganzen Fruchtkörpers von *Peziza aurantia* kann ich aus eigener Anschauung Nichts mittheilen, weil mir das hiezu nothwendige Untersuchungsmaterial fehlte. Indessen existiren ja über andere Discomyceten diesbezügliche Abhandlungen der berufensten Mycologen und verweise ich daher auf jene unten in der „Literatur“ verzeichneten Arbeiten.

Der reife Fruchtkörper ist mit stumpfer, entweder kegelförmiger (Fig. **2**) oder in einen stielartigen kurzen Cylinder ausgezogener Basis (Fig. **I B h**) versehen. Hier gehen von seiner Aussenfläche zahlreiche farblose Hyphen ab, durch welche der Fruchtkörper mit seinem Substrat (in unserem Falle mit der lehmigen Erde) in Verbindung steht. Ohne Zweifel dienen diese Hyphen (**rh** in Fig. **2**) nicht bloss als Haftorgane, sondern wie die Rhizoiden anderer Zellenkryptogamen

zur Aufnahme und Zuleitung von Nährstoffen, welche dem Substrat entnommen und dem Fruchtkörper durch jene Organe zugeführt werden. Ueber dem kurzen Stiel (**st** in Fig. 1 B h) folgt bei den becher-, schüssel- oder scheibenförmigen Fruchtkörpern der plötzlich sich ausweitende, über das Substrat erhobene Haupttheil in Form eines dickwandigen Bechers oder einer weit geöffneten Schüssel oder einer fleischigen Scheibe. Bei den trichterförmigen Fruchtkörpern mit stumpfkegeliger Basis (Fig. 2) dagegen geht die letztere unmerklich in den sich mehr oder weniger und nur allmählig ausweitenden Haupttheil über.

In allen Fällen ist die Innenseite des Bechers und der Schüssel, sowie die Oberseite des Tellers oder der Scheibe anders gefärbt, als die Aussenseite oder die Unterseite der Haupttheile jener Fruchtformen. Dort, wo die Oberfläche intensiv orange-gelb gefärbt ist und einen wachsartigen Glanz besitzt, ist der sporenbildende Apparat, das Hymenium des Fruchtkörpers (**h h** in Fig. 2). Die ganze Oberfläche des letzteren ist, soweit sie nicht vom Hymenium bedeckt wird, blassgelb gefärbt und mit farblosen, microscopisch kleinen, dichtstehenden Haaren besetzt (**co co** Fig. 2). Stellen wir einen medianen Längsschnitt her (Fig. 2), so überzeugen wir uns von der fleischigen, aber keineswegs saftigen, sondern mehr wachsartigen Consistenz der Gewebe. Schon bei relativ schwacher Vergrößerung können wir auf dem Längsschnitt vier verschiedene Gewebeschichten unterscheiden, die von Unten nach Oben, und was gleichbedeutend bei den trichter- und becherförmigen Fruchtkörpern: von Aussen nach Innen in folgender Weise angeordnet sind:

- 1) Die Rindenschicht oder Corticalschicht, **co co** Fig. 2 und 3.
- 2) Die Markschicht oder Medullarschicht, **m m** Fig. 2 und 3.
- 3) Die schlauchbildende oder Subhymenialschicht, **sh sh** Fig. 2, 3 und 4.
- 4) Die Fruchtschicht oder Hymenialschicht, schlechtweg auch Hymenium genannt. **h h** Fig. 2 und 3.

Ein zur Hymenialschicht senkrecht geführter Schnitt (z. B. in der Richtung $x-y$ Fig. 2 geführt), wie wir ihn in Fig. 3 dargestellt haben, gibt uns hinreichend Aufschluss über den Charakter der vier verschiedenen Gewebeschichten. Bekanntlich besteht der Fruchtkörper aller Pilze aus microscopisch zarten Fäden, den sog. Hyphen, die ein selbständiges Wachstum besitzen und nur dadurch, dass sie, in grosser Menge vereinigt, gesellschaftlich wachsen, durch ihre verschiedene Anordnung und Gruppierung grössere, mehr oder weniger compacte Gewebekörper bilden helfen, welche von den Gewebekörpern der höheren Gewächse durchaus verschieden sind und passend mit dem Ausdruck Scheingewebe belegt wurden.

So besteht denn der Fruchtkörper von *Peziza aurantia* ausschliesslich aus verschiedenartig verzweigten, ungleich dicken und mannigfaltig angeordneten Pilzfäden, die sich in den 4 oben aufgezählten Schichten folgendermassen verhalten.

In der Rindenschicht, Corticalschicht (**co** Fig. 3) bestehen die Hyphen aus kurzen, zartwandigen, farblosen Zellen von mannigfaltiger Gestalt. Bald sind diese Zellen tonnenförmig, bald kurz cylindrisch,

bald quersackartig gekrümmt, meist von krummen Flächen begrenzt, nicht oder nur selten polyedrisch, wenig länger oder selten doppelt so lang als dick. An der Peripherie des Fruchtkörpers schliessen diese Rindenzellen mehr oder weniger dicht zusammen und bilden ein compactes Scheingewebe, das jedoch auf keinem Schnitte ein parenchymatisches Aussehen besitzt, sondern jederzeit den Aufbau aus unregelmässig geformten und unregelmässig angeordneten Hyphen erkennen lässt. Einzelne Hyphenzweige ragen nach Aussen vor als Papillen und als zwei- bis mehrzellige Haare von keulenförmiger oder sackartiger Gestalt (**kk** Fig. 3). Der Zellinhalt ist wässerig, farblos; nur trifft man da und dort auch auf Zellen mit körnigem Plasma, welches durch grössere und kleinere Vacuolen in verschiedenartiger Weise segmentirt erscheint.

Die Rindenschicht, deren Zellen sich von allen übrigen des Fruchtkörpers durch den grossen Querdurchmesser auszeichnen, geht unmerklich in die Markschicht (Medullarschicht **m** Fig. 3) über. Die Hyphen werden schlanker, schwächtiger; während der Querschnitt der einzelnen Zellen abnimmt, nimmt der Längsdurchmesser zu; die Querwände sind aus einander gerückt, die einzelnen Hyphen ebenfalls verzweigt, die Zweige von gleicher Dicke, wie die Mutterhyphen; alle diese fädigen farblosen Gebilde sind wirr in einander gewirkt, aber ziemlich locker, sie bilden das typische Filzgewebe der höhern Pilze. Auch diese Zellen sind dünnwandig, der Zellinhalt ist wässerig, farblos; selten trifft man kleinere Plasmakörnchen; der plasmatische Inhalt ist zumeist homogen und kann nur durch Reagenzien sichtbar gemacht werden.

Wie aus Fig. 2 unserer Tafel ersichtlich ist, besteht der grösste Theil des Fruchtkörpers aus dem Filzgewebe der Markschicht. Dieses reicht von der Rindenschicht bis hinauf zur wenig dicken Subhymenialschicht (**sh** Fig. 2 und 3). Wenn der Durchmesser der Markschichtthyphen ein bedeutend kleinerer ist, als der Querdurchmesser der Corticalthyphen, so sind hinwieder die Hyphen der Subhymenialschicht bedeutend schwächtiger, von geringerem Durchmesser, als die Markthyphen. Der Uebergang von der lockeren Medullarschicht zu der dichteren, compacteren Subhymenialschicht ist aber ebenfalls ein allmählicher (vergl. die Partie zwischen **sh** und **m** in Fig. 3). Hier, in der Subhymenialschicht, sind die schlanken Hyphen reichlicher verzweigt und viel dichter in einander geknäuelte, als in der Markschicht; auch enthalten die Zellen hier reichlicher körniges Plasma, als in dem lockeren Filzgewebe des Markes. Der Längsschnitt durch den reifen Fruchtkörper (Fig. 2 und 3) lässt die Subhymenialschicht als dichtere und plasmareichere auf den ersten Blick durch die dunklere, graue Farbe erkennen. Viele Hyphen dieser Schichte verlaufen in wirren Gängen horizontal, d. h. in der Ebene der ganzen Schichte. Aber an der oberen Grenze dieser Schichte entspringen aus den Subhymenial-Hyphen eine Menge von senkrecht aufstrebenden, parallel verlaufenden, dicht neben einander stehenden Zweigen, welche in ihrer Gesamtheit eben die nächst folgende, die Hymenialschicht bilden (**h** in Fig. 2 und 3). Letztere besteht, wie aus unseren Figuren 2, 3 und 4 hervorgeht, aus zwei wesentlich verschiedenen Elementen: aus sterilen, schlanken, am obern

Ende etwas kopfig oder keulig angeschwollenen Fäden, die man Paraphysen (P P in Fig. 4) nennt, und aus dickeren, schon von ihrer Basis an sich keulig erweiternden, schlauchförmigen Gebilden, in welchen die Sporen entstehen. Man nennt diese sporenbildenden Elemente der Hymenialschicht passend Schläuche, Sporenschläuche (Asci); sie bilden bei *Peziza aurantia* vielleicht ein Drittel der ganzen Masse, aus denen das Hymenium aufgebaut ist, während die andern zwei Drittheile aus Paraphysen bestehen.

Letztere sind im ausgewachsenen Zustand feine Röhren (P' in Fig. 4) mit farbloser Membran und feinkörnigem plasmatischem Inhalt, in welchem — unregelmässig zerstreut — zahlreiche, stark lichtbrechende, orangegelbe Fettkörperchen liegen, die sich bei Zusatz von Aether oder Weingeist auflösen. Sowohl im untern, engen Theil der röhriigen Paraphysen, als auch in der obern, kopffartig oder keulig erweiterten Partie derselben finden sich grössere und kleinere, kugelige oder ovale oder langgestreckte Vacuolen (va in Fig. 4 bei P' und P), welche von einer farblosen Flüssigkeit erfüllt sind. Durch die Anwesenheit jener gefärbten Fettkörperchen im plasmatischen Zellinhalt erhält der letztere einen orangegelben Schimmer, welcher bei *Peziza aurantia* alle Paraphysen von den übrigen Elementen des Fruchtkörpers auszeichnet und die Ursache des tieforangefarbenen Colorites der Hymenialfläche ist. Die sämtlichen Paraphysen erreichen dieselbe Länge; am reifen Fruchtkörper reichen sie bis zur Hymenialfläche (Oberseite der Hymenialschichte) hinauf; nur selten trifft man da und dort eine kürzere Paraphyse, die mit ihrem Scheitelende mehr oder weniger hinter den andern zurücksteht.

Die wichtigsten Theile des ganzen Fruchtkörpers sind die Sporenschläuche, Asci, A B C D E F bis L in Fig. 4. Der reife Fruchtkörper von *Peziza aurantia* bietet uns auf dem senkrechten Längsschnitt durch die Hymenialschichte alle Entwicklungsstadien, die der einzelne Sporenschlauch, von der ersten Spur seiner Entstehung an bis zur völligen Reife der Sporen durchläuft. Wir haben in unserer Hauptfigur 4 die wichtigsten Stadien, nach den Buchstaben A—L aufeinander folgend, dargestellt. Auch in Fig. 3, die mit Hilfe des Prismas und mit Benützung eines Hartnack'schen Immersionssystemes direkt vom lebenden Object gewonnen wurde, wird man bei genauerer Betrachtung leicht die verschiedenen Entwicklungsstadien des Ascus herausfinden.

Wie die schlanken Paraphysen, so nehmen auch die dickeren Schlauchzellen ihren Ursprung aus den Hyphen der Subhymenialschichte. Aber aus den bewunderungswürdigen Untersuchungen, die De Bary, Woronin und Janczewski an andern Ascomyceten angestellt haben (s. unten Literaturangaben), muss geschlossen werden, dass auch bei *Peziza aurantia* die Asci von andern Hyphen des Fruchtkörpers entspringen, als die Paraphysen, obschon im Subhymenialgewebe die beiderlei Hyphen, aus denen die Paraphysen einer- und die Sporenschläuche andererseits hervorgehen, nicht von einander zu unterscheiden sind. Es ist mehr als wahrscheinlich, dass bei den sämtlichen Discomyceten die Sporenschläuche aus Hyphen entspringen, die ihrerseits den Ursprung aus der befruchteten weiblichen Zelle nehmen, die vor und während der ersten Entstehung

des Fruchtkörpers bei verschiedenen Ascomyceten beobachtet wurde und ohne Zweifel auch bei *Peziza* nicht fehlt. Diese aus der befruchteten weiblichen Zelle entspringenden Hyphen sind daher passend ascogene Hyphen genannt worden (ag in Fig. 4 links unten); sie dringen, zwischen dem Filzgewebe, welches aus Hyphen andern Ursprungs besteht, hinauf bis zur Höhe der Subhymenialschichte, um, sich dort verzweigend, die Schläuche zu bilden, lange nachdem die Paraphysen angelegt wurden.

Jeder Ascus entsteht aus dem obern, reich verzweigten Ende einer ascogenen Hyphe (ag in Fig. 4) und wird zuerst als unscheinbare Papille sichtbar. Diese Papille wächst rasch in eine langgestreckte Zelle aus, die sich schon frühzeitig durch eine Querwand von ihrer Mutterzelle abgrenzt (A A A Fig. 4) und reichlich mit körnigem, von Vacuolen zerklüftetem Protoplasma versehen ist. Diese Zelle erhält beim weitem Wachsen eine keulenförmige Gestalt (B B) und zeigt, wenn sie ungefähr den vierten Theil der Länge eines reifen Schlauches erreicht hat (C Fig. 4), im Innern einen kugeligen Zellkern, n' im Ascus C.

Mit dem weitem Wachsthum des Schlauches werden die Vacuolen im körnigen Plasma nicht nur zahlreicher, sondern es vergrössern sich dieselben so stark, dass weite Räume erscheinen, die nur von einer wässerigen Flüssigkeit angefüllt sind (va va im Ascus D Fig. 4). Die grösste Masse des körnigen, von kleineren Vacuolen zerklüfteten Plasma's rückt in den obern Theil des immer rascher wachsenden Schlauches; hat der letztere etwa $\frac{2}{3}$ seiner definitiven Länge erreicht, so theilt sich der primäre Zellkern (n' im Ascus C) in zwei Tochterkerne, n'' n'' im Ascus D. Jeder dieser secundären Zellkerne besitzt dieselbe kugelige Gestalt und ein kleines, stark lichtbrechendes Kernkörperchen, wie der primäre Zellkern n': aber die Tochterkerne sind um ein Merkliches kleiner und rings umgeben von feinkörnigem Plasma. Nun folgt rasch eine weitere Kerntheilung, indem die zwei secundären Zellkerne (n'' n'' in D) in 4 kleinere Zellkerne (n''' n''' Ascus E) zerfallen. Diese vier tertiären Kerne rücken in gleiche Abstände auseinander und vertheilen sich im obern Drittel des Ascus derart, dass sie alle im körnigen, nur von kleineren Vacuolen zerklüfteten Plasma liegen. Kurze Zeit darauf folgt eine abermalige Kerntheilung: Die vier tertiären Kerne zerfallen nun in acht wiederum etwas kleinere Tochterkerne (n⁴ n⁴ n⁴ n⁴ im Ascus F). Diese acht quartären Kerne, kurz nach der Theilung paarweise genähert, rücken nun ebenfalls aus einander, doch nicht ganz derart, dass man nicht noch die zusammengehörenden Paare durch ihre kleinere Entfernung von einander unterscheiden könnte. Doch rücken die untersten Kerne immer tiefer in den mittleren und untern Ascus-Theil hinunter, so dass dort die grossen, langgestreckten Vacuolen mehr und mehr reducirt erscheinen (F in Fig. 4) und schliesslich ganz verschwinden, indem körniges, nur von kleineren Vacuolen zerklüftetes Plasma an die Stelle tritt (Ascus G in Fig. 4). Nun lagert sich um diese acht Zellkerne der letzten Kerntheilung farbloses, homogenes Plasma, das sich durch eine scharfe Grenzlinie von dem körnigen Plasma der Umgebung schroff abhebt: es entstehen jetzt die jungen Ascosporen, welche gleich von Anfang

an einen elliptischen Umriss zeigen, während die Zellkerne, um welche herum sie entstanden sind, kugelig waren. Diese Sporenanlagen erscheinen im ersten Stadium durchaus homogen, stark lichtbrechend, farblos; auch findet man in der ersten Zeit weder einen deutlich unterscheidbaren Zellkern, noch ein Kernkörperchen, noch ein Oeltröpfchen, noch irgend eine andere geformte Substanz in ihnen. Ohne Zweifel löst sich der Zellkern sammt seinem Kernkörperchen bei der Entstehung der Sporenanlage in der homogenen Plasmamasse der letzteren ganz auf. Aber kurze Zeit nach dem Sichtbarwerden dieser glashellen Sporenanlagen tritt im einen Brennpunkt der letztern je ein kleines Oeltröpfchen auf (s. Ascus G Fig. 4); dann erscheint ein solches auch im andern Brennpunkt (Ascus H) und nun ordnen sich die jungen Sporen in eine Längsreihe, meistens alle nach derselben Richtung sich neigend. Während der Ascus weiter wächst, vergrößern sich auch die Sporen und das im Ascus noch vorhandene Plasma vertheilt sich gleichmässig, indess die Vacuolen verschwinden (vergl. Ascus H mit Ascus G). Während nun der Ascus rasch seine definitive Länge erreicht, nehmen die jungen, erst mit einer äusserst zarten Membran bekleideten Sporen an Volumen zu; die Oeltröpfchen in den beiden Brennpunkten der einzelnen Spore werden ebenfalls grösser (ol ol im Ascus J Fig. 4) und treten als stark lichtbrechende Kugeln scharf aus dem Sporenhalt hervor. Mittlerweile verschwindet das feinkörnige Plasma (das „Epiplasma“ de Bary's), welches nebst den Sporenanlagen bis vor Kurzem noch im ganzen Ascus zerstreut war; nur ein feiner Wandebeleg bleibt als „Primordialschlauch“ der Innenseite des Ascus anhaften. Der übrige ganze Raum des Schlauchlumens ist ausserhalb der Sporen nur eine farblose wässrige Flüssigkeit, welche den untern Theil des Ascus, bis über die halbe Länge hinauf, ausschliesslich erfüllt (Asci J K L). Die in die obere Hälfte oder den oberen Drittel des Schlauches hinaufgerückten Sporen haben alsbald ihre definitive Grösse erreicht; ihre farblose Membran verdickt sich erst gleichmässig, dann treten gallertartige Anschwellungen an einzelnen Membranstücken auf (sp⁴ im Ascus K Fig. 4); schliesslich verdickt sich die äussere Membranschicht (das Exosporium, Episporium) leistenförmig und zwar derart, dass ein regelmässiges Netzwerk von Leisten, die nach Aussen vorragen, dem Epispor ein äusserst zierliches Aussehen verleiht (sp⁵ im Ascus L Fig. 4). Der Sporenhalt verändert sich nicht weiter, sondern erscheint von homogenem Plasma erfüllt, in welchem an den beiden Brennpunkten des länglichen Sporenkörpers je ein grosser farbloser Oeltropfen liegt. Es ist mir nicht gelungen, im Inhalt der reifen Spore einen Zellkern nachzuweisen.

Dimensionen der Sporenanlagen zur Zeit, da im einen Brennpunkt das erste Oeltröpfchen sichtbar wird:

Längsaxe = 10—12 Micromillimeter.
 Queraxe = 6—7 „ „

Dimensionen der reifen Sporen:

Längsaxe = 14—16 Micromillimeter.
 Queraxe = 9—11 „ „

Bis zur vollständigen Sporenreife haben sich die Asci so stark verlängert, dass sie die Oberfläche des Hymeniums erreichen. Nun verlängern sich die Schläuche

noch etwas und zwar so, dass ihr Scheitel circa um die Länge einer Spore über die Hymenialfläche hinausragt. Dann kann die Entleerung der Asci, die Sporenaussaat vor sich gehen. Diese erfolgt plötzlich und zwar in der von De Bary für die Discomyceten beschriebenen Weise: In gleichem Masse, wie die Asci während der Sporenreife an Umfang zunehmen, nimmt auch die Menge des wässrigen Schlauchinhaltes zu. „Die ungeschichtete, ziemlich dünne und wenig quellbare Membran des Schlauches, welche stets von dem Primordialschlauch ausgekleidet bleibt, mag der Vermehrung der Inhaltsflüssigkeit anfangs durch Flächenwachsthum folgen; jedenfalls wird sie aber durch die sich anhäufende Inhaltsflüssigkeit in hohem Grade mechanisch ausgedehnt. Sie behält dabei eine hohe Elasticität. Eine Stelle, die als Rissstelle bezeichnet werden soll, ist von der übrigen Wand durch geringere Dehnbarkeit und Festigkeit ausgezeichnet. Sie liegt in oder nahe dem Scheitel des Ascus. Eine Zeit lang widersteht die ganze Membran dem steigenden Drucke der Inhaltsflüssigkeit. Endlich wird dieser Widerstand in der Rissstelle überwunden, diese geöffnet und die Spannung aufgehoben, die elastische Wand des Ascus schnurrt daher in demselben Augenblick zusammen, die Sporen werden hierdurch miteinander und mit einem Theile der Inhaltsflüssigkeit aus dem Risse hervorgespritzt. Der zusammengeschnurte Ascus zieht sich in Momente der Entleerung unter das Niveau des Hymeniums zurück und entschwindet somit der oberflächlichen Beobachtung.“

Man kann diese spritzende Entleerung der Schläuche direkt beobachten, wenn man Längsschnitte von frischen reifen Peziza-Fruchtkörpern rasch in einem Tropfen Wasser unter das Microscop bringt. Bei frischen Schnitten von Peziza aurantia dauert die Ejaculation der reifen Sporen ziemlich lange fort. Nach einer Stunde findet man zahlreiche reife Sporen in einen Streifen angeordnet, der etwas vom Rand der Hymenialfläche entfernt absteht und mit der Schnittkante parallel auf dem Objekträger verläuft. Alle diese Sporen haben sich in dieser kurzen Zeit auf obige Weise aus den im Wasser stark turgescirenden Schläuchen entleert. „In reifenden Hymenien von Peziza, vielleicht von allen Discomyceten, werden fortwährend einzelne Asci successive entleert. Befindet sich der Pilz in abgeschlossener feuchter Luft, so findet man auf einer über oder neben das Hymenium gebrachten Glasplatte nach kurzer Zeit einzelne Sporen, meist zu acht in einem Flüssigkeitstropfen liegend und allmählig wird die Platte mit Sporen immer dichter bestreut. Ausser dieser allmählichen Entleerung zeigen viele Discomyceten die Eigenthümlichkeit zu stäuben, d. h. plötzlich eine ganze Wolke von Sporen auszustossen, wenn man sie bewegt, oder den Behälter öffnet, in denen sie aufbewahrt werden.“ (Ueber diesen Vorgang und die Bedingungen, unter denen er stattfindet — auch Peziza aurantia gehört zu den stäubenden Discomyceten — wolle man nachsehen in: De Bary, Morphologie und Physiologie der Pilze pag. 441 und 442).

Es ist wohl unnöthig, hier auf das Schicksal des Fruchtkörpers einzutreten, dem dieser nach vollendeter Sporenaussaat anheimfällt. Auch liegt es nicht in unserer Aufgabe, das Schicksal der entleerten Sporen

weiter zu verfolgen. Hierüber wolle man De Bary, l. c. pag. 147 ff. „Keimung der Sporen“ zu Rathe ziehen.

Fig. 1 A & B. Ungleich grosse und verschieden geformte Fruchtkörper von *Peziza aurantia* in verschiedenen Ansichten nach dem Leben gezeichnet den 18. Septbr. 1881. Vergr. 3,5.

Fig. 2. Senkrechter Längsschnitt durch den in Fig. 1 A dargestellten Pilz **c** bei 44-facher Vergrößerung. **h h** — Hymenium, **sh** — Subhymenialschichte, **m** — Mark oder Medullarschichte; **co co** — Rinden- oder Corticalschichte; **rh** — Rhizoiden-artige Hyphen an der Basis des Fruchtkörpers.

Fig. 3. Fragment des in der Richtung **x—y** Fig. 2 geführten Längsschnittes mit der Rindenschicht **co**, der Markschrift **m**, der Subhymenialschicht **sh** und der Hymenialschicht **h**, in welcher letzterer Sporenschläuche auf ver-

schiedenen Entwicklungsstadien. **k k** — Haare an der Aussenfläche der Rindenschicht. Vergrößerung 550. (Diese Figur wurde mit Hilfe eines Hartnack'schen Immersionssystemes IX direkt nach dem Prisma gezeichnet).

Fig. 4. Fragment der Hymenial- und Subhymenialschichte eines reifen Fruchtkörpers mit den hauptsächlichsten Entwicklungsstadien der Sporenschläuche und ihres Inhaltes, diese nach den Buchstaben **A B C** bis **L** auf einander folgend. **P P** — Paraphysen, **P'** — eine isolirte Paraphyse. **va va** überall-Vacuolen. **n' n'' n'''** und **n⁴** — die auf einander folgenden Zellkern-Generationen der jungen Ascii. **sp' sp'' sp'''** und **sp⁴** — die auf einander folgenden Entwicklungsstadien der Sporen. **sh sh** — Hyphen der Subhymenialschichte. **ag** — ascogene Hyphen. Vergrößerung 2400.

Alle Figuren sind nach dem Leben gezeichnet.

Literatur. De Bary. Ueber die Entwicklung der Ascomyceten. Leipzig 1863.

Woronin. Zur Entwicklungsgeschichte des *Ascobolus pulcherrimus* und einiger *Pezizen*, in De Bary und Woronin, Beiträge zur Morphologie und Physiologie der Pilze. Heft II. 1866.

De Bary. Morphologie und Physiologie der Pilze, Flechten und Myxomyceten. Leipzig 1866.

Janczewski. Morphologische Untersuchungen über *Ascobolus furfuraceus*. Bot. Zeitung 1871. Nr. 17 u. 18.

Sachs. Lehrbuch der Botanik, 4. Auflage 1874.

Lürssen. Medicinisch-pharmaceutische Botanik Bd. I. Kryptogamen. 1879.

Pfeffer. Pflanzen-Physiologie II. Bd. 1881. Ueber die Sporen-Entleerung bei Ascomyceten. pag. 282 u. 283.

Behrens, W. J. Methodisches Lehrbuch der allgemeinen Botanik für höhere Lehranstalten. II. Auflage. pag. 307 und 308. (Braunschweig 1882).

(Dieses eigenartige, ungemein anregende Lehrbuch mit seinen beispiellos gut ausgeführten Illustrationen enthält eine treffliche Figur vom Hymenium der *Peziza aurantia*, nebst kurzgefasster, präziser Beschreibung der dargestellten Theile, beide in ihrer Art tadellos).

Endocarpon pusillum, Hedw.

(Winzige Deckfrucht-Flechte.)

Die Flechten, Lichenes, wurden bis vor Kurzem als „selbständige, systematisch individualisirte Vegetabilien“ in eine besondere Kryptogamen-Classe zusammengefasst, bis in neuester Zeit die Untersuchungen von De Bary, Schwendener, Bornet, Stahl, u. A. des Unzweifelhaftesten ergaben, dass die Flechten nichts anderes sind, als eine Genossenschaft, bestehend aus assimilirenden Algen und aus auf denselben schmarotzenden Pilzen; beiderlei Organismen stehen im Verhältnisse der Symbiose (De Bary) zu einander.

Die Algen, als Bestandtheile des Flechtenkörpers auch Gonidien genannt, werden von dem auf ihnen schmarotzenden Pilz rings umspinnen; sie sind daher im Flechtenthallus eingeschlossen, während die grösste Masse des letzteren aus den Elementen des Pilzes besteht, welcher den Flechtenkörper ringsum nach Aussen abschliesst.

Die flechtenbildenden Pilze gehören ohne Ausnahme der Abtheilung der Ascomyceten an, also jenen Pilzen, welche im Fruchtkörper Sporenschläuche (Asci) bilden und zwar sind es bald Discomyceten (wie Peziza, vergl. die Tafel dieses Namens), bald Pyrenomyceten (Kernpilze), welche — niedere Algen befallend — den mannigfaltigen Flechten ihr Dasein geben. Diese Pilze fructifiziren gelegentlich und bilden die sogen: Flechten-Früchte, Apothecien, deren wesentlichste Bestandtheile wir bereits schon bei den Discomyceten (s. Tafel mit Peziza) kennen gelernt haben.

Der Flechtenkörper ist ein verschieden gestalteter Thallus, welcher sich bald mehr, bald weniger der Unterlage anschmiegt oder sich über dieselbe erhebt. Nach dem diesbezüglichen Verhalten und nach der Art seiner Gliederung spricht man daher von Krustenflechten (Thallus crustaceus) — krustenbildend und fest der Unterlage angewachsen; von Laubflechten (Thallus foliaceus) — laubblattartig ausgebreitet, wenig über die Unterlage erhoben; von Strauchflechten (Thallus fruticulosus) mit schmaler Basis der Unterlage angeheftet, mehr oder weniger hoch aufragend und strauchig verzweigt. Die Algen, welche von den flechtenbildenden Pilzen befallen und eingeschlossen werden, also regelmässig am Aufbau des Flechtenkörpers theilnehmen, gehören in ihrer grossen Mehrzahl zu den Protophyten, also jenen niedrig organisirten Wesen, bei denen bis jetzt noch keine Art geschlechtlicher Fortpflanzung nachgewiesen wurde, die sich nur durch Theilung vermehren. Einige wenige Flechten enthalten etwas höher organisirte Algen, die im freien Zustande auch geschlechtliche Vorgänge erkennen lassen.

Die Mehrzahl der Flechten enthält nur einzellige Gonidien aus den Algenfamilien der Palmellaceen und Chroococcaceen, so die meisten der augenfälligsten Laub- und Strauchflechten. In manchen Gallertflechten finden sich perlschnurartige Gonidienketten, also Algen, die aus Zellreihen bestehen und zumeist der Algenfamilie der Nostocaceen

angehören. Bei den Schriftflechten (Graphideen) treffen wir fadenförmige Algen-Zellreihen aus der Familie der Chroolepideen. Von höhern Algen, die gelegentlich als Flechtengonidien getroffen werden, sind zu nennen: Cladophora und Coleochaete.

Da in neuester Zeit die wahre Natur der Flechten zum Gegenstand der eifrigsten Debatten und zum Untersuchungsobjekt der berufensten Forscher geworden; da das Resultat dieses Flechtenkrieges zum Ausstreichen der Lichenen-Classe aus dem natürlichen System geführt und damit für das Verständniss einer zahlreichen Gruppe weitverbreiteter Kryptogamen eine Fülle neuer Gesichtspunkte sich ergab, so hielten wir es für angezeigt, unserem „Atlas“ eine Tafel einzuverleiben, welche die lehrreichsten Objecte über den dormaligen Stand unserer Flechtenkenntnisse enthalten soll. Wir benützten hiezu die neulich von E. Stahl im II. Hefte seiner „Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Flechten“ (Leipzig 1877) publicirte Arbeit über Endocarpon pusillum, wo mit tadelloser Klarheit die Resultate von unanfechtbaren Culturversuchen mitgetheilt wurden, Resultate, die geeignet sein dürften, der immer noch da oder dort aufzuckenden alten Flechtentheorie das letzte Lebenslicht für alle Zeiten auszublenden. Was die morphologischen und anatomischen Untersuchungen von De Bary und Schwendener an Aufschlüssen über die Natur der Flechten schon vor einer Reihe von Jahren zu Tage förderten, was Schwendener aus seinen diesbezüglichen Untersuchungen in Form seiner neuen Flechtentheorie zu abstrahiren verstand, ohne die letzten Anhänger der alten Theorie überzeugen zu können, das hat schliesslich Stahl durch seine Experimente, seine entwicklungsgeschichtlichen Beobachtungsreihen in unantastbarer Weise voll und ganz bestätigt. Die Schwendener'sche Flechtentheorie ist somit eine thatsächlich bewiesene Lehre, die fortan auf jeder Schulstufe gelehrt werden darf.

Die in der vorliegenden Tafel enthaltenen Figuren sind mit Ausnahme von Fig. 1 nach den von Stahl (a. a. O.) publicirten Zeichnungen unter Zuhilfenahme lebender Objecte von uns angefertigt worden. Herr Stahl, derzeit Professor der Botanik an der Universität Jena, hatte nämlich die Freundlichkeit, auf unsern Wunsch lebende Exemplare von Endocarpon pusillum, die Herr Dr. D. Dietrich, der Conservator des botanischen Museums in Jena, dort zu sammeln die Güte hatte, an uns zu verabfolgen, wodurch wir in den Stand gesetzt wurden, aus eigener Anschauung der Untersuchungsobjekte Bilder zu gewinnen, wie sie bei Herstellung unserer stark vergrösserten Figuren so nothwendig sind. Es ist uns angenehme Pflicht, an dieser Stelle den beiden Herren für die uns geleistete Hülfe unsern herzlichsten Dank auszusprechen.

Im nachstehenden Text lehnen wir uns so viel als möglich an die Ausführungen der Stahl'schen Original-Arbeit an:

Endocarpon pusillum, Hedwig, die „winzige Deckfrucht-Flechte“ ist eine kleine, auf den Lösshügeln des Rheinthaales ziemlich weit verbreitete Flechte, welche vorzugsweise an steil abfallenden, nackten, der Sonne ausgesetzten Wänden und Rainen anzutreffen ist, wo, bei üppiger Entwicklung, nicht selten grössere Strecken von den annähernd kreisrunden, am Rande gelappten Lagern (Fig. 1a bis f) bedeckt sind.

Im trockenen Zustande ist der Thallus von grauer oder graubrauner Farbe; wird er befeuchtet, so schwillt er an und die nun durchschimmernden grünen Gonidien (Algenzellen) — **go** in Fig. 3 — verleihen demselben eine oliven- oder schwach blaugrüne Färbung (Fig. 1.). Die Ränder des Thallus heben sich, besonders in trockenem Zustande, etwas von der Unterlage ab, woraus schon ersichtlich ist, dass derselbe nicht gleichmässig mit der ganzen Fläche der Unterlage angewachsen ist. Die Befestigung des Lagers an der so leicht durch atmosphärische Einflüsse verwitternden Lehmfäche ist vielmehr durch einen oder mehrere, in der Regel vom Centrum des Lagers ausgehende Rhizenstränge (**rh** in Fig. 2) hergestellt. Diese Stränge dringen tief in die Unterlage ein und lösen sich dabei nach und nach in Zweige auf, aus welchen durch fortgesetzte Theilung ein mannigfach verzweigtes, mit einfachen Hyphen endendes Rhizinsystem hervorgeht, welches, bei schwacher Vergrößerung betrachtet, auffallend an ein reichlich verzweigtes Wurzelsystem höherer Pflanzen erinnert (**rh' rh'** in Figur 2).

Am jungen Thallus sind die Rhizenstränge farblos; später tritt Bräunung der Wände auf, sowohl an den dicken Strängen, als an den von ihnen ausgehenden, einfachen, quergegliederten Rhizinen; diese letzteren — farblose Pilzfäden, aus Reihen langgestreckter Zellen bestehend — sind ganz nach Art der Wurzelhaare höherer Pflanzen mit den Bodenpartikeln verwachsen.

Endocarpon ist eine bedeckfrüchtige, angiocarpe Flechte; denn ihre Fruchtkörper, die Apothecien, sind ganz in den Thallus eingesenkt und münden in reifem Zustande nur durch einen engen Porus (Ostiolum) — **os** Fig. 3 — an die Oberfläche. Ihr Bau ist im Wesentlichen ein ähnlicher, wie der Bau der Perithechien bei den Kernpilzen unter den Ascomyceten, wesshalb manche Autoren diese bedeckten Flechtenfrüchte schlechtweg auch Perithechien (statt Apothecien) nennen.

Es liegt nicht in der Aufgabe, hier eine Skizze der Entwicklungsgeschichte von der Flechtenfrucht (dem Apothecium oder Perithecium) zu geben. Die Untersuchungen der neueren Lichenologen, zumal diejenigen von E. Stahl, machen es mehr als wahrscheinlich, dass die Flechtenfrüchte in Folge eines geschlechtlichen Vorganges gebildet werden, worüber man die Arbeiten des genannten Forschers und die Ausführungen in den neuesten Auflagen der besseren botanischen Lehrbücher nachlesen wolle.

Der in feuchtem Zustande bläulichgrüne bis olivenfarbene ältere Thallus von *Endocarpon pusillum* ist meistens reichlich mit Perithechien versehen, die bis auf eine niedrige Papille, welche das Ostiolum (**os** Fig. 3) umgibt, in den Thallus eingesenkt erscheinen.

Untersuchen wir einen solchen fructificirenden Thallus im senkrechten Durchschnitt, so ergeben sich folgende Verhältnisse:

Zu oberst finden wir eine, ausschliesslich aus Elementen des flechtenbildenden Pilzes bestehende pseudo-parenchymatische Rinde (**R** in Fig. 3), welche aus zur Oberfläche senkrechten Zellreihen zusammengesetzt ist. Darunter folgt die aus einem lockeren Hyphengeflecht bestehende Markschichte (**M** in Fig. 3), die an der Unterseite des Thallus, also auf der dem Licht abgekehrten, dem Erdboden aufliegenden Seite, zu einem etwas dichteren Gefüge zusammentritt, ohne hier jedoch eine eigentliche Rindenschichte zu bilden. Auf dieser Thallus-Unterseite entspringen zahlreiche haarförmige Zellreihen, die feinen, bald einfachen, bald anatomosirenden Rhizinen (**rh'' rh''** Fig. 3).

Die gleichmässig grün gefärbten Gonidien (Algen) — **go** in Fig. 3 — bilden eine zwischen Mark **M** und Rinde **R** liegende Schichte, welche aus mehr oder weniger weit in die Rinde einspringenden Gruppen assimilirender Zellen besteht; vereinzelt Gonidien finden sich ausserdem in der Marke zerstreut. Durch ihren Theilungs-Modus erweisen diese Algen ihre Zugehörigkeit zur Gattung *Pleurococcus*, bei welcher die Theilungen in der Regel rechtwinklig aufeinander und zwar abwechselnd in den drei Richtungen des Raumes erfolgen. Im Thallus von *Endocarpon* sind jedoch Abweichungen von dem genannten Schema keineswegs selten; ausserdem werden die Theilungsprodukte der einzelnen Gonidien durch dazwischen sich einschiebende Pilzfäden (Hyphen) bald von einander getrennt, so dass grössere Gonidienverbände nur selten anzutreffen sind.

Die schwarzbraunwandigen, in den Thallus eingesenkten Perithechien, von denen in Fig. 3 eines im Längsschnitt dargestellt ist, zeigen den für die Mehrzahl der pyrenocarpen Flechten bekannten Bau: Im Grunde des eiförmigen Raumes, der rings von einer Lage compact verflochtener, eng zusammenschliessender, schwarzbrauner Pilzzellen begrenzt ist, liegt die schlauchbildende Subhymenialschichte (**sh** Fig. 3), bestehend aus wirt verlaufenden ascogenen Schläuchen, von welchen aus die Asci, Sporenschläuche (**aa'**) in den Hohlraum hineinragen, den sie im feuchten Zustande beinahe vollständig ausfüllen. Statt der bei den Discomyceten (vergl. die Pezizatafel) zwischen den Sporenschläuchen liegenden Paraphysen finden wir bei *Endocarpon* im obern Theil des Peritheciums, in der Nähe des nach Aussen mündenden Ostiolums (**os**) zahlreiche, sehr feine Pilzfädchen mit langgestreckten Zellen, zwischen denen die Querwände nur sehr schwer zu erkennen sind. Man nennt sie passend Periphysen (**pe pe** Fig. 3). Ihr Inhalt zeigt feinkörnige Struktur.

In den Zwischenräumen der Asci (**a a'** etc.), sowie in der im Perithecium-Hohlraum reichlich vorhandenen Gallerte, welche ein Aufquellungsprodukt der Membranen entleerter Sporenschläuche (**a'**) darstellt, finden sich die äusserst zahlreichen blassgrünen Hymenialgonidien (die kleinen grünen Zellchen im eiförmigen Hohlraum des Peritheciums in Fig. 3). Diese Hymenialgonidien werden übereinstimmend von verschiedenen Lichenologen für Abkömmlinge der grösseren

Thallusgonidien gehalten. Stahl hebt besonders hervor, dass die Hymenialgonidien niemals aus den Peritheciën von *Endocarpon pusillum* verschwinden: so lange in denselben Sporen und entwicklungsfähige Ascii vorhanden sind, so lange finden wir auch die Hymenialgonidien in reger Thätigkeit begriffen und zahlreich in Längsreihen zwischen den einzelnen Ascii angeordnet.

Jeder Ascus (a und a' Fig. 3) enthält im reifen Zustande meist zwei Sporen (sp, sp', sp'') von etwas ungleichen Dimensionen, welche denselben beinahe ausfüllen. Die das weitere obere Ende des Ascus einnehmende Spore ist breiter und zugleich etwas kürzer als diejenige, welche den untern Theil desselben einnimmt. Im reifen Zustande stellen die Sporen hellbraune, vielzellige, pseudoparenchymatische Körper von ansehnlicher Grösse dar.

Die Entleerung der reifen Sporenschläuche geschieht bei Anwesenheit hinreichender Wassermengen auf die für die Mehrzahl der Flechten bekannte Weise. Die im trockenen Zustande nur einen Theil der Perithecium-Höhlung ausfüllenden, zusammengeschrumpften Ascii saugen nämlich begierig Wasser auf, indem zugleich ihre Membranen, sowie die im Hymenium reichlich vorhandene Gallerte stark aufquellen. Dabei wird der ganze Perithecium-Hohlraum von seinem sich ausdehnenden Inhalte angefüllt und es entsteht eine starke Spannung zwischen dem festen Gehäuse, welches dem Ausdehnungsbestreben seines Inhaltes nicht nachzugeben vermag und diesem letzteren. Die reifen Ascii platzen an ihrem Scheitel und die Sporen werden aus dem plötzlich collabirenden Schlauche mit grosser Kraft, oft bis auf mehrere Centimeter weit ausgeschleudert, eine Erscheinung, die wir auch bei der Sporenaussaat von *Peziza* (vergl. Text zur Tafel dieses Namens) wahrnehmen.

Durch diese Art der Sporen-Aussaat wird die Beobachtung der Keimung wesentlich erleichtert; denn es lassen sich die reifen Sporen rein von aller Beimischung auf Glasplatten, welche man über die angefeuchteten Flechtenlager anbringt, auffangen.

Die auf diese Weise aufgefangenen Sporen von *Endocarpon pusillum* findet man ohne Ausnahme von einem dicht anliegenden Hofe der blassgrünen Hymenialgonidien umgeben (Fig. 4). Jede Spore erhält eine schwankende Anzahl (durchschnittlich 20—40) von Hymenialgonidien zur Mitgift, und, so lange keimfähige Sporen ausgeworfen werden, sind sie von den an ihrer klebrigen Oberfläche anhaftenden Hymenialgonidien begleitet.

Keimung der Sporen. Die auf Glas oder Glimmerplättchen aufgefangenen Sporen keimen bei genügender Feuchtigkeit sofort nach ihrer Ausstreuung. Ein Theil der aus den einzelnen Sporenfächern austretenden Keimschläuche legt sich sogleich an die blassen, der Spore übrigens eng anliegenden Hymenialgonidien an und schon nach wenigen Tagen zeigen die umwachsenden, oder auch bloss festgehaltenen Gonidien auffallende Veränderungen (Fig. 5). Das vorher bleichgrüne, sparsam vorhandene, nicht gleichmässig vertheilte Chlorophyll (Fig. 8) verleiht nun den stark heranwachsenden Gonidien eine gleichmässige sattgrüne Färbung (Fig. 5). Dass die Grössenzunahme der Gonidien unter dem Einfluss des Ascomyceten vor sich geht, ist eine bei den

Flechten-Algen häufig vorkommende Erscheinung. Die von den Keimschläuchen der Flechtenspore berührten Gonidien vermehren sich vorerst nicht oder nur sehr wenig (durch Theilung), nehmen dagegen bedeutend an Grösse zu, während Gonidien, die gelegentlich des Absterbens frei liegender Flechtensporen (Fig. 4) von den Pilzfäden der Keimschläuche verschont bleiben, ihre Kleinheit und ihr blasses Aussehen auch bei fortgesetzter Vermehrung durch Theilung beibehalten.

Beim weiteren Wachsen der Sporen-Keimschläuche werden die in nächster Nähe liegenden, grösser werdenden Hymenialgonidien von den jungen Pilzfäden mehr und mehr umgarnt. Andere Keimschläuche dagegen wachsen, der Unterlage angeschmiegt, von der Spore aus in gerader Richtung fort, verzweigen sich hie und da und bilden um die Spore ein strahlenartiges System von Hyphen; kommen sie in ihrem weiteren Verlaufe hie und da mit Gonidien in Berührung, so scheinen sie sich nicht um dieselben zu kümmern. Die Hyphen (rh' rh' Fig. 6) entsprechen den auf normalem Substrat von der Spore direkt in die Unterlage eindringenden Rhizinen, welche den Flechtenthallus mit seinen mineralischen Nährstoffen versorgen.

So weit reichten die Erfolge von Culturversuchen mit den auf Glas oder Glimmerplättchen keimenden *Endocarpon*-Sporen. Eine weitere Entwicklung unterblieb wegen der ungünstigen Bedingungen, unter denen die Culturobjecte zu vegetiren hatten. Stahl kam daher auf den ingeniosen Einfall, ein möglichst natürliches Substrat für die Reinculturen der keimenden Flechtensporen zu benützen: poröse, irdene Gefässe, wie solche als Untersätze zu Blumentöpfen benutzt werden, wurden nach vorübergehender sorgfältiger Reinigung mit, dem Standorte der Flechte entnommenen, im Wasser fein zertheilten und ausgekochtem Lehm angefüllt. Nach Abzug des Wassers durch die porösen Wände des Napfes war die Oberfläche des abgesetzten Lehmes ganz glatt, wodurch die Untersuchungen wesentlich erleichtert wurden. Das Ganze wurde auf einen Teller gebracht und mit einer geräumigen Glocke bedeckt. Um einen geringen, aber constanten Feuchtigkeitsgrad herzustellen, welcher für das rasche Gedeihen der Culturen ganz wesentlich förderlich ist, wurden die mit Lehm angefüllten Untersätze zeitweise in Wasser gestellt, so dass daselbe nur langsam durch die porösen Wände hindurch in den Culturboden eindringen konnte. Die Aussaaten wurden wie bei den Objektträger-Culturen ausgeführt. Die Napfe liessen sich nämlich, nachdem die Lehmoberfläche etwas ausgetrocknet war, umgekehrt in einiger Entfernung über die Peritheciën führenden Lager bringen und auf diese Weise konnten dichte Aussaaten der Sporen von *Endocarpon* mit den daran haftenden Hymenialgonidien ausgeführt werden.

Auf dergestalt hergerichteten Substrate geht die Bildung des Thallus ziemlich rasch von statten. Schon nach wenigen Tagen findet man die Sporen des grössten Theiles ihrer Reservestoffe entleert, wobei dann die Kammerung derselben viel deutlicher hervortritt. Von den Keimschläuchen umspinnen die einen die Hymenialgonidien, die andern dringen in die Unterlage ein und bilden die ersten Rhizinen. Der Einfluss des Ascomyceten macht sich auch hier in einer starken Grössenzunahme der Gonidien bemerkbar, Dank welcher

die jungen Anflüge schon nach wenigen Tagen mit blossen Auge als grüne Punkte an der glatten Lehmoberfläche zu bemerken sind.

Fig. 7 unserer Endocarpon-Tafel stellt eine nicht ganz 3 Wochen alte Thallus-Anlage vor, an welcher noch die zwei aus einem Ascus entstammenden Sporen erhalten sind. Der hier dargestellte Fall, wo nämlich zwei Sporen mit den anhängenden Hymenialgonidien das Material einer Thallus-Anlage bilden, wird wohl der in der freien Natur am häufigsten vorkommende sein, da die in einem Ascus entstandenen Schwester-sporen auch bei der Aussaat vereinigt bleiben.

Die junge Thallus-Anlage (Fig. 7) ist gleich anfangs in einen oberirdischen, gonidienhaltigen und einen unterirdischen Theil gesondert. Der oberirdische Theil, der eigentliche Thallus der Lichenologen, zeigt anfangs einen sehr einfachen Bau. Das Innere bildet ein fast interstitienloses Gemenge von Gonidien und Hyphen (s. den grünen inneren Theil in Fig. 7), welches nach Aussen von einer einfachen pseudoparenchymatischen Hyphenlage abgeschlossen wird.

Der unterirdische Theil des Lagers, der Hypothallus der Lichenologen, entspringt zum Theil direkt aus den Sporen, zum Theil aus der Oberfläche des jungen Lagers. Er besteht aus farblosen, quergegliederten, vielfach verzweigten und anastomosirenden Hyphen, welche theils vereinzelt verlaufen, theils sich zu Strängen vereinigen, von denen schon frühe einer alle anderen an Mächtigkeit zu übertreffen pflegt und sich zu dem starken, anfangs erwähnten Rhizinenstrang (rh in Fig. 2) entwickelt.

In dem oberirdischen, gonidienhaltigen Theile kommt die Sonderung in Rinden-, Mark- und Gonidien-Schichte, wie wir sie im ausgebildeten Zustande (Fig. 3 R, go und M) antreffen, nur allmählig zu Stande.

Die mehrschichtige Rinde (R Fig. 3) entwickelt sich aus der oberflächlichen einfachen Zellschichte, welche wenigstens nach Oben die junge Thallus-Anlage abschliesst (R' in Fig. 7). Die einzelnen Zellen derselben wachsen zu Papillen aus, die sich senkrecht zur Thallusoberfläche erheben, durch Querwände theilen, um sich nachher unter Breitenzunahme mit einander zu vereinigen und ein compactes, eng zusammenhängendes Gewebe, die Rinde, zu bilden. In andern Fällen entsteht die mehrschichtige Rinde einfach durch allmähliche Dickenzunahme der einfachen Zellschicht mit entsprechender Quertheilung der einzelnen Zellen.

Ungefähr gleichzeitig mit der Bildung der Rinde differenzirt sich auch das Innere der Anlage. In dem der Unterlage genäherten Theile findet eine Lockerung des Hyphengewebes unter Bildung von Luftlücken statt. Durch diesen Vorgang, wie durch die Bildung der mehrschichtigen Rinde geht die anfangs gleichmässige Vertheilung von Hyphen und Gonidien verloren: die Hyphen überwuchern sowohl nach Oben, als nach Unten die Gonidien, welche nunmehr eine mittlere Lage zwischen Rinde und Mark (go zwischen R und M in Fig. 3) einnehmen, wo sie die Gonidienschicht bilden.

Bald nach Erreichung dieser Entwicklungsstufe erscheinen in dem jungen Lager die ersten Spermogonien, jene — bei vielen Pilzen und bei den Flechten

stets der Fruchtbildung vorausgehenden Organe, welche man als die Bildungsstätte der männlichen Geschlechtszellen betrachtet. Bald darauf entstehen die Anfänge der Fruchtkörper, d. h. die Perithecium-Anlagen, die im entwickelten Zustande den Bau besitzen, welchen wir oben bei Besprechung von Fig. 3 gezeichnet haben.

Die Entwicklungsgeschichte von Endocarpon pusillum liegt somit in ihren wesentlichsten Zügen lückenlos vor: von der keimenden Spore an bis zum Ausreifen der Sporen in der neuen Generation. Dieses Beispiel dürfte genügen, jeden Zweifel an der neulich entdeckten wahren Natur der Flechten zu beseitigen. Stahl hat auch constatirt, dass die Gonidien von Endocarpon in freiem Zustande, ohne den flechtenbildenden Pilz zu vegetiren und sich zu vermehren im Stande sind.

Zwischen den jungen, durch Sporenaussaat erhaltenen Lagern von Endocarpon pusillum stellen sich nämlich fast regelmässig grüne glänzende Schleimhäutchen ein, welche aus bleichgrünen, ellipsoidischen Zellchen zusammengesetzt sind, die sich ohne Schwierigkeit als Abkömmlinge von Hymenialgonidien erkennen lassen. Die frei vegetirende Alge zeigt äusserst geringe Dimensionen. Die kleineren Exemplare kommen den im Hymenium (und im Perithecium-Hohlraum) enthaltenen Gonidien an Grösse gleich, die grösseren übertreffen dieselben nur wenig. Sie sind von einem zarten hyalinen Gallerthofe umgeben, der im Wasser wenig kenntlich, deutlich nach Zusatz von Reagenzien hervortritt. Das spärliche Chlorophyll (Fig. 8 und 9) liegt meist einseitig der Wandung an, der übrige Zellinhalt ist feinkörnig, nicht selten mit einem oder mehreren stark lichtbrechenden Fetttröpfchen. Die Theilungen treten, abweichend von den Thallus- und Hymenialgonidien, fast ausschliesslich senkrecht zur Längsaxe des Ellipsoids auf, wonach unsere Alge in diesem Stadium zu der Gattung Stichococcus (Nägeli) zu rechnen wäre, welcher die Gattung Pleurococcus jedenfalls sehr nahe steht, wenn nicht gar beide Gattungen zu vereinigen sind.

Von den lebhaft und gleichgefärbten Thallusgonidien (Fig. 10 und 11) wird die sich selbst überlassene Alge (Fig. 8 und 9) weit an Grösse übertroffen. Aber wir haben ja gesehen, dass in Folge Anlegens der Sporenkeimschläuche an die kleinen Hymenialgonidien diese letzteren sich vergrössern und in der Folge zu Thallusgonidien der jungen Flechtenkörper umgewandelt werden. Die Grössenunterschiede zwischen Hymenialgonidien und Thallusgonidien oder zwischen letzteren und den frei vegetirenden Algenzellen sind demnach auf den Einfluss oder die Abwesenheit der die grünen Algenzellen berührenden Pilzhypen zurückzuführen.

Fig. 1. Verschieden grosse und ungleich alte Lager von Endocarpon pusillum in feuchtem, lebendigen Zustande, von Oben gesehen; a, c, d und e mit gelapptem Rande; f f — ganz junge Lager. Bei 46-facher Vergrösserung nach der Natur gezeichnet im Novbr. 1881.

Fig. 2. Ein fünf Monate altes Lager von Endocarpon pusillum, auf Lehm cultivirt. Die Rhizinen-Systeme sind durch Schlemmen von den daran haftenden Erdpartikelchen befreit. s — die grünen

schimmernde Thallus-Oberseite; *l* — die Thallus-Unterseite; *rh* — der Hauptstrang; *rh'*, *rh''* — Zweigstränge des Rhizinen-Systems. Vergrößerung 46.

Fig. 3. Senkrechter Durchschnitt des fruchtreifen Thallus bei 800-facher Vergrößerung. *R* — Rindenschicht; *go* — Gonidien des Lagers, *M* — Marksicht; *rh''* *rh''* — einfache und anastomosierende Rhizinen an der Thallus-Unterseite; *pe*, *pe* — Periphysen; *os* — Ostiolum des Peritheciums. *a*, *a*, *a* — junge Ascii im Hymenium; *sp'*, *sp'* — junge, noch spärlich gekammerte Sporen; *sp''* — ganz junge, noch ungetheilte Sporenanlage; *sp* — reife, noch im Ascus liegende Sporen; *a'* — entleerter Ascus. Zwischen den Ascii und im Perithecium-Hohlraum liegen — in einer Gallerte eingebettet — die kleinen blassgrünen Hymenial-Gonidien.

Fig. 4. Eine einzelne, frisch aus dem Perithecium ausgeschleuderte Spore mit daran haftenden Hymenial-Gonidien. Vergrößerung 2700.

Fig. 5. Zwei auf einer Glasplatte (Objektträger) zum Keimen gelangte Sporen. Die Hymenial-Gonidien haben in Folge der Umspinnung seitens der aus den Sporen hervorgedrungenen Keimschläuche bedeutend an Grösse zugenommen, wie aus dem Vergleiche mit den daneben liegenden frischen Hymenial-Gonidien an der Spore in Fig. 4 hervorgeht. Vergrößerung 2700.

Fig. 6. Aelteres Keimstadium einer auf dem Objektträger cultivirten Spore. Die Gonidien sind allseitig von den Keimschläuchen (jungen Hyphen) umspinnen; ausserdem gehen von der Spore strahlenförmig noch andere, der Unterlage sich anschmiegende Keimfäden (*rh'*, *rh'*) aus, welche sich hie und da verzweigen und nicht selten eine beträchtliche Länge erreichen. Vergrößerung 2700.

Fig. 7. Eine von einer Lehm-cultur entnommene junge Thallus-Anlage mit zwei noch daran haftenden Sporen. Das gonidienhaltige Innere ist nach Oben von einer zusammenhängenden, farblosen Zellschichte (*R'*) umgeben. *rh'*, *rh'* — Rhizinen, aus H-förmig copulirenden einfachen Zellreihen bestehend, die abwärts in die Erde wachsen. Vergrößerung 2700.

Fig. 8. Frisch ausgeworfene Hymenialgonidien. Vergrößerung 4100.

Fig. 9. Auf Objektträgern gezogene, grössere Abkömmlinge der Hymenialgonidien. Vergr. 4100.

Fig. 10. Gonidien aus dem jungen Thallus. Vergrößerung 4100.

Fig. 11. Gonidien aus älteren Thallus-Theilen (in der Nähe der Peritheciën). Vergrößerung 4100.

(Fig. 2—11 sind unter gleichzeitiger Benützung lebender Objecte nach den Stahl'schen Zeichnungen hergestellt).

Literatur. Schwendener. Untersuchungen über den Flechtenthallus, in Nägeli's Beiträgen zur wissenschaftl. Botanik, Heft II., III. und IV. Leipzig 1860—1868.

De Bary. Morphologie der Pilze, Flechten und Myxomyceten. Leipzig 1866.

Swendener. Die Algentypen der Flechtengonidien. Basel 1869.

Bornet. Recherches sur les gonidies des Lichenes. Ann. d. sc. nat. Bot. sér. V. vol. XVII.

Stahl. Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Flechten. Heft I. und II. Leipzig 1877.

Sachs. Lehrbuch der Botanik. 4. Aufl. 1874.

Lürssen. Medicinisch-pharmaceutische Botanik. Bd. I. Leipzig 1879. (Hier ist auch die weitere Literatur angegeben.)

Puccinia Graminis De Bary.

Wir geben in der vorliegenden Tafel die wesentlichsten Erscheinungen aus der Entwicklungsgeschichte eines schädlichen Schmarotzer-Pilzes, der nicht allein wegen seiner national-ökonomischen Seite als „Getreiderost“ hohes Interesse besitzt, sondern auch wegen der Mannigfaltigkeit seiner Entwicklungsformen, wegen seiner hohen Differenzirung und der Wanderung auf verschiedene Wirthe eine der hervorragendsten Stellungen in der formenreichen Abtheilung der Pilze einnimmt.

Puccinia Graminis zeichnet sich durch einen complicirten Generationswechsel aus; in seinem ganzen Entwicklungs-Cyclus treten nicht weniger als 5 Arten von Fortpflanzungszellen auf, die sich jedoch nur dann entwickeln und zu neuen Generationen heranbilden, wenn sie auf ganz bestimmte Nährpflanzen gelangen. Schon im vorigen Jahrhundert haben die Landwirthe, denen der Getreiderost oft die ganze Ernte befällt und zum Theil vernichtet, eine Beziehung zwischen dem Sauerdorn (*Berberis vulgaris*) und dieser Getreide-Krankheit erkannt, und wir sind erstaunt, dass schon im Jahr 1788 und später (1815) Gesetze und Verordnungen erlassen wurden, welche die Anpflanzung des Sauerdornstrauches in der Nähe von Getreidefeldern verbieten, lange bevor die Wissenschaft den unumstösslichen Beweis erbracht hatte, dass wirklich zwischen Sauerdorn und Getreiderost eine Beziehung wie zwischen Ursache und Wirkung besteht. Erst der mikroskopischen Forschung der Neuzeit ist es gelungen, jenen Zusammenhang experimentell nachzuweisen. Bahnbrechend haben hier vor allem die Arbeiten De Bary's gewirkt, denen bald eine Menge anderer folgten (vergl. unten die Literatur-Angaben).

Der Pilz des Getreide-Rostes erscheint im Frühjahr häufig zuerst auf den Blättern des Sauerdornes (*Berberis vulg.*) Letztere — Fig. 2 — zeigen entweder auf dem Stiel oder auf irgend einer beliebigen Stelle der Blattspreite gelbe Gewebe-Wülste, aus denen sich alsbald kleine Fruchtkörper eines Schmarotzerpilzes erheben. Man kennt diesen Pilz schon längst unter dem Namen **Aecidium Berberidis**; er ist die höchst differenzirte Generationsform aus dem Entwicklungscyclus des Getreiderostpilzes. Führen wir mitten durch einen jener gelben Gewebewülste des Sauerdornblattes einen feinen Querschnitt senkrecht zur Blattfläche, so erkennt man bei starker Vergrößerung in den Zwischen-Zellräumen des Blattparenchyms feine farblose Pilzfäden (Fig. 3 *my, my*), die sich auf Kosten des ursprünglich grünen Blattgewebes ernähren und das letztere veranlassen, sich abnorm zu entwickeln, wie die in Fig. 3 dargestellte, vom Pilz befallene Partie des Blattquerschnittes zeigt. Diese zwischen den Blattzellen wachsenden Pilzfäden stellen verzweigte, durch Querwände in zahlreiche Zellen getheilte Schläuche dar, die wirt durch einander liegen und stellenweise ein filziges Gewebe bilden. Es ist das sogenannte Mycelium des Pilzes, welches in kurzer Zeit alle grünen Zellen des befallenen Blattgewebes umrankt. Alsbald erscheinen zweierlei Fortpflanzungsorgane: dicht unter der obren Blatt-Epidermis

bilden sich die sogenannten Spermogonien (*sg* in Fig. 3), kugelige oder eirunde, aus feinen Pilzfäden bestehende Körper, in deren Centrum sich eine Unzahl kleinster eiförmiger Zellen am Ende der convergirenden Fadenäste abschnüren. Die Spermogonien durchbrechen die obere Epidermis des Sauerdornblattes und öffnen sich urnen-förmig, indem sie über die Epidermis hinaus ein Büschel zarter Fadenzweige vorstrecken, zwischen denen jene kleinen eiförmigen Zellchen, die sogenannten Spermastien, austreten. Ueber die Bedeutung dieser letzteren ist man zur Stunde noch im Unklaren; man vermuthet in den Spermogonien männliche Fortpflanzungsorgane, in den Spermastien ein Analogon für die Spermatozoiden anderer Kryptogamen, während Andere wieder zu der Ansicht hinneigen, dass die Spermogonien gar nicht zu *Aecidium Berberidis* gehören, sondern in den Entwicklungskreis eines andern noch unbekanntem Pilzes zu verweisen sei. Die erstere Ansicht hat die grössere Wahrscheinlichkeit für sich; denn diese Spermogonien erscheinen ganz gesetzmässig mit dem *Aecidium*-Pilz und zwar entwickeln sie sich stets früher, als die eigentlichen *Aecidium*-Früchte, die — aus der hohen Differenzirung zu schliessen — doch wahrscheinlich in Folge eines Geschlechtsaktes entstehen, obschon bis heute an dem Pilz des Berberitzen-Blattes noch keine weiblichen Organe entdeckt worden sind. (Hier liegt die einzige Lücke in der Kenntniss der Entwicklungsgeschichte dieser Pilze). — Die zweite Art von Fortpflanzungsorganen erscheint in der Gestalt der eigentlichen *Aecidium*-Früchte, welche in der Regel dicht unter der untern Blattepidermis im grünen, vom Mycelium durchzogenen Parenchym entstehen — Fig. 3 *p & sp*.

Als erste Anfänge der *Aecidium*-Früchte (*p & sp*) findet man in den Zwischenzellräumen des lockern Gewebes unter der untern Blattepidermis „dichte, aus verfilzten Mycelfäden gebildete Geflechte mit lufthaltigen Interstitien, anfangs kaum grösser als eine Parenchymzelle, allmähig an Umfang zunehmend und die umgebenden Elemente des Parenchyms verdrängend.“ Es differenzirt sich ein kugeliger Körper, der aus dicht an einander grenzenden Zellen besteht, an seiner Peripherie aber von einem Geflechte gewöhnlicher Mycelfäden begrenzt wird, die hinwiederum mit dem kugeligen Pilzkörper in organischer Verbindung stehen, während sie andererseits sich in die Mycelfäden verlaufen, welche das grüne Blattgewebe durchziehen. In jenem kugeligen Zellkörper, der den Anfang zu der *Aecidium*-Frucht darstellt, sammelt sich nun fast alles Plasma, das vorher in dem weitverzweigten schmarotzenden Mycelium des lockern Blattgewebes vorhanden war. Dann erfolgt die Differenzirung in einen sporenbildenden Apparat und in eine Fruchtkörperwand. Man sieht nämlich vom Grund des kugeligen Körpers aus senkrecht aufstrebende cylindrisch-keulenförmige Fadenäste sich erheben, deren jeder eine einfache Reihe von polyedrischen, später sich abrundenden Sporen abschnürt. Diese sporenbildende Gewebeschicht des Fruchtkörpers wird **Hymenium** genannt (*h h* in Fig. 3), während die einzelnen Fadenäste, aus denen sie besteht, **Basidien** genannt werden. Die peripherischen Partien des Hymeniums gehen con-

tinuirlich in die äusserste Zellschichte des Fruchtkörpers über; letztere erscheint nur als metamorphosirte äusserste Sporenschichte, deren einzelne Zellen dicht zusammenschliessen und eine zusammenhängende Wand (Peridie *p p* Fig. 3) um den ganzen sporenbildenden Fruchtkörper bilden. Während des Heranreifens der Sporen wird die Epidermis des Berberitzenblattes von den anschwellenden *Aecidium*-Früchten endlich gesprengt (Fig. 3 die kugelige Frucht links), auch öffnet sich kurz nachher die kugelige oder eiförmige (nicht selten cylindrisch-langgestreckte) *Aecidium*-Frucht durch Zerreißen der Peridie glockenförmig; es fallen die reifen Sporen *sp sp* heraus, dem Wind und der Schwerkraft folgend, bis die ganze Glocke sich ihres Inhaltes entledigt hat und schliesslich auch die Peridie zerfällt. Die *Aecidium*sporen, anfänglich polyedrisch, später beim Auseinandertreten aber abgerundet, enthalten ein feinkörniges von orangerothem Oel gefärbtes Plasma und besitzen die Fähigkeit, sich auf gewissen Grasblättern zu einer neuen Generationsform zu entwickeln. Auf feuchten Weizenblättern keimen dieselben so, wie Fig. 4 unserer Tafel zeigt. Das Plasma und die Oeltröpfchen der *Aecidium*spore treten in die sich mehr und mehr verzweigenden Keimschläuche aus; die letzteren dringen durch die Spaltöffnungen des Weizenblattes in die grünen Gewebe der neuen Wirthpflanze ein, um dort innerhalb weniger Tage die erste Generation des Getreiderost-Pilzes, *Uredo linearis*, zu bilden. Im Innern des Weizenblattes (Fig. 5 & 6) entwickelt sich nach dieser Infection ein fädiges Mycelium, ebenfalls zwischen den grünen Zellen fortwuchernd und sich von diesen ernährend (Fig. 6 *my my*). In der Regel bleibt das aus einer *Aecidium*spore hervorgegangene Mycelium auf das lockere Parenchym zwischen den Blattnerven beschränkt, da es die dickwandigen Zellen der Gefässbündel nicht zu durchbrechen vermag. Dagegen wird das ganze Blattgewebe, welches zwischen den parallelen Nerven liegt, so sehr ausgesaugt, dass das Blatt alsbald gelbe Flecken zeigt, indem die Assimilation an den von dem Pilz befallenen Stellen gehemmt und endlich sistirt wird. Sechs bis 10 Tage nach der Einwanderung des Pilzes sehen wir auf dem inficirten Weizenblatt rostgelbe Streifen auf der obern Epidermis: es sind dieselben nichts anderes als der ausbrechende **Getreiderost**, dessen Streifen mit den zahlreichen Blattnerven alterniren, mit ihnen parallel laufend (Fig. 5 *ur ur*). Ein Querschnitt durch das mit reifem „Rost“ ausgestattete Weizenblatt zeigt im Wesentlichen, was Fig. 6 darstellt. Das vielfach verzweigte Mycelium (*my*) hat dicht unter der obern Epidermis ein neues Fruchtlager gebildet, ein flaches aus verfilzten Pilzfäden bestehendes Polster, das auf der ganzen, der Epidermis zugekehrten Oberfläche mit fadenförmigen Basidien bedeckt ist, welche je eine runde oder ovale Spore abschnüren. Mit der Sporenbildung durchbrechen diese Fruchtlager die Epidermis; letztere rollt sich zu beiden Seiten des Längsrisses zurück, die rostrothen *Uredosporen* treten durch die Risse an's Tageslicht und werden dem Spiel des Windes preisgegeben. Aus ihnen besteht das rothe Pulver, das am Finger haften bleibt, wenn er über die Roststreifen des kranken Weizenblattes gleitet. Der Durchmesser der einzelnen *Uredospore* beträgt im Mittel $\frac{1}{50}$ Millimeter; auf der Fläche eines Quadrat Centimeters haben also nicht weniger als

250 000 — eine Viertelmillion — Getreiderost-Sporen neben einander Platz.

Die Sporen des Getreiderostes keimen sofort nach der Aussaat, wenn sie wieder auf zusagende Grasblätter gelangen und zwar unter denselben Erscheinungen, wie wir sie beim Keimen der *Aecidium*spore auf dem Weizenblatt kennen gelernt haben. Die sich verzweigenden Keimschläuche der *Uredospore* dringen durch die Spaltöffnungen des von ihnen befallenen Blattes und es entwickelt sich unter der Epidermis wieder jenes *Uredo*-Mycelium von Fig. 6, auf dem sich nach 6—10 Tagen neuerdings die rostgelben Sporenlager erheben. Diese zweite Getreiderostgeneration gleicht durchaus der ersten und sie gibt einer dritten, diese einer vierten Generation das Dasein u. s. f. bis zu jener Zeit, da der kranke Weizen zur Ernte reif wird. So folgen sich mehrere *Uredogenerationen* aufeinander, es vermehrt sich der Rostpilz in geometrischer Progression innerhalb wenig Wochen derart, dass bei günstiger Witterung von einem einzigen rostkranken Weizenstock aus der Pilz sich über eine ganze Gegend auszubreiten vermag.

Während die *Uredosporen* mit einer relativ dünnen Doppelmembran (*Endospor* & *Epispor*) versehen sind und rostrothe kugelige oder eiförmige Zellen mit zartstacheliger Oberfläche darstellen, bildet die letzte Generation des Rostpilzes gegen Ende des Sommers dickwandige braune zweizellige Sporen von länglicher Gestalt, die sich nicht von den Stielen ablösen, sondern auch nach dem Eintritt der vollständigen Reife mit diesen im Zusammenhang bleiben. Diese, in der Mitte durch eine Querwand in zwei Zellen getheilte Sporen (Fig. 7 *tsp* & Fig. 8) hielt man früher für die Fortpflanzungszellen einer besondern Pilzart, die man **Puccinia Graminis** nannte. Es sind dieselben aber nichts Anderes als die zur Ueberwinterung befähigten **Dauersporen** des Getreiderostpilzes und sie erhielten den Namen **Teleutosporen**. Aus der zerrissenen Epidermis des befallenen Getreideblattes herausragend, bilden sie auf letzterem schwarzbraune Streifen in ähnlicher Vertheilung, wie sie vorher die *Uredosporen* des eigentlichen Getreiderostes zeigten.

Diese **Teleutosporen** keimen im folgenden Frühjahr, indem aus jeder der beiden Zellen der einzelnen Spore ein Keimschlauch auswächst, der sich alsbald verzweigt, durch Querwände septirt wird und am Ende jedes der 4 oder mehr Aeste je ein oder zwei übereinander stehende birnförmige, farblose Körperchen abschnürt, die man **Sporidien** genannt hat (Fig. 1), während der verzweigte Keimschlauch der **Teleutospore** mit dem Namen **Pro-mycelium** belegt wurde. Gelangen nun durch irgend einen Zufall jene **Sporidien** auf junge Blätter des Sauerdornes, so keimen sie auf der Epidermis der letzteren; die Keimschläuche dringen durch die Epidermiszellen hindurch in's Innere des Sauerdornblattes und entwickeln sich dort wieder zum Mycelium der *Aecidium*-Generation, womit der vielgestaltige Entwicklungs-Cyclus von Neuem beginnt. Der letztere umfasst somit nicht weniger als 3 Erscheinungsformen, welche in der alten Systematik als 3 selbständige Pilz-Species betrachtet wurden. Wir benützen diese unhaltbaren Namen zur Bezeichnung der verschiedenen Generationen und versuchen nun im Folgenden die Formel für den ganzen Generationswechsel zu geben.

I. Gener.	II. III. IV. V. bis nte Generation.	n + 1te Generation	n + 2te Generation
Aecidium Berberidis.	Uredo linearis, der eigentliche Getreiderost.	Puccinia Graminis mit Teleutosporen (Wintersporen).	Promycelium mit Sporidien aus der keimenden Teleutospore.
Fig. 2 & 3.	Fig. 4, 5, 6 & 7 (ur).	Fig. 7 (tsp) und 8.	Fig. 1.

Es ist schliesslich zu bemerken, dass die Existenz oder das Wiedererwachen der Rostpilzgenerationen keineswegs immer bedingt wird durch die vorübergehende Entwicklung der Aecidium-Form. Im Gegentheil erscheint der Getreiderost (*Uredo linearis*) im Frühjahr nicht selten lange bevor die Berberis-Blätter entwickelt sind, also lange bevor sich Aecidium-Früchte bilden konnten. Es erklärt sich diese Thatsache daraus, dass nicht selten auch eigentliche Uredosporen den Winter überdauern und im Frühjahr gleich auch wieder Uredogenerationen erzeugen, ohne die Durchgangsglieder der Teleutosporen und der Sporidien und Aecidiumsporen zu passiren.

Welche national-öconomische Bedeutung dieser einzige vielgestaltige Pilz seit den ältesten Zeiten, da man anfang, Getreide zu bauen, besitzt, das zu beleuchten ist nicht unsere Aufgabe. Eher möchten wir die Wissenschaft beglückwünschen, wenn sie ein rationelles Gegenmittel zu nennen wüsste, mit Hülfe dessen es möglich wäre, den Segen des Getreidebaues vor der Calamität einer bis heute immer wieder erscheinenden Krankheit zu schützen. Leider vermag sie das bis zur Stunde noch nicht. —

Fig. 1. Keimende Teleutospore **tsp** von *Puccinia Graminis*; der Keimschlauch **b** hat sich zum mehrzelligen verästelten Promycelium **pm** entwickelt; bei **a** ist ein ähnliches Promycelium, aus der 2ten Sporenzelle hervorgegangen, während der Untersuchung abgerissen worden. **sp sp** — die Sporidien an den Enden der Promycelium-Aeste. **c** — der Stiel der Teleutospore. Vergr. $c \approx 2500$. (Nach Tulasne).

Fig. 2. Drei junge Blätter vom Sauerdorn (*Berberis vulgaris*) mit Aecidiumfrüchten auf der untern Blattseite; der gleiche Pilz findet sich auch am Stiel des mittleren Blattes (natürl. Grösse). Nach der Natur gezeichnet am 28. Mai 1878.

Fig. 3. Querschnitt durch das vom Pilz befallene Berberis-Blatt mit reifen Aecidiumfrüchten. Die Figur läuft rechts und links in gesunde Blatttheile aus. **es** — obere Epidermis, **ei** — untere Epidermis, **ms** grünes Blattparenchym (Mesophyll), das in den gesunden Blatttheilen von zahlreichen Luftgängen und grossen Zwischenzellräumen durchzogen ist. In dem vom Pilz befallenen Blatttheil ist das grüne Gewebe monströs entwickelt und die Zwischenzellräume vom Pilz-Mycelium **my** erfüllt. **sg sg** — Spermogonien, im Pallisaden-Gewebe liegend und

sich urnenförmig an die obere Blattseite öffnend, während die untere Epidermis von drei reifen Aecidiumfrüchten durchbrochen ist. **h** — die sporenbildende Hymenialschicht, **p p** die Wand (Peridie) der Pilzfrucht, bei dem kugeligen Fruchtkörper (links) ist die Peridie noch geschlossen, bei den beiden andern Früchten aber glockenförmig geöffnet. **sp sp** die reifen frei werdenden Sporen. Vergr. 270. Nach der Natur gezeichnet am 30. Mai 1878.

Fig. 4. Keimende Aecidiumspore **sp**, deren zwei Keimschläuche **my my** sich unregelmässig verzweigen und zum Mycelium des Getreiderost-Pilzes (*Uredo linearis*) erster Generation entwickeln. **o** — gelb gefärbte Oeltröpfchen. Vergr. 1350. Nach der Natur gezeichnet 30. Mai 1878.

Fig. 5. Weizenhalm (*Triticum vulgare*) mit ausbrechender Aehre und rostkranken Blättern. Auf der Oberseite der letztern erkennt man leicht die unterbrochenen Streifen der zu Tage tretenden Uredo-Sporen (**ur**). Vergr. 2. Nach der Natur gezeichnet 21. Juni 1878.

Fig. 6. Querschnitt durch ein rostkrankes Weizenblatt. **es** obere, **ei** untere Blattepidermis. **gg, gg** — zwei das Weizenblatt in der Längsrichtung durchziehende parallel verlaufende Gefässbündel, zwischen denen das im Mesophyll wuchernde Mycelium **my** eingeschlossen, also gegen benachbarte Blattgewebe abgeschlossen bleibt. **ur** die von den kurzen Basidien des sporenbildenden Fruchtlagers abgeschnürten Rostsporen (*Uredo linearis*), welche durch den Längsriss der obern Epidermis austreten. **st st** — Spaltöffnungen des Weizenblattes. Vergr. 1000. Nach der Natur gezeichnet, 19. Juni 1878.

Fig. 7. Theil eines Fruchtlagers vom Getreiderost letzter Sommer-Generation mit einer Teleutospore **tsp** nebst etlichen Uredosporen, welche aus demselben Mycelium hervorgehen. **c** — Stiel der Teleutospore, **sh** — Pilzzellen der Subhymenialschicht. Vergr. $c \approx 1300$. Nach einer Originalzeichnung von De Bary in vergrössertem Massstab gezeichnet 25. Septbr. 1878.

Fig. 8. Sporenlager von *Puccinia Graminis* auf der Blattscheide von *Triticum repens* bei $c \approx 500$ -facher Vergr. Nach einer Originalzeichnung von De Bary gez. 25. Septbr. 1878.

- Literatur: De Bary.** Rech. sur les champignons parasites, *Annal. d. sc. nat.* 4^e série, Tom. XX., und:
Neue Untersuchungen über Uredineen. *Monatsber. der Berliner Academie* 1865.
- „ „ Morphologie und Physiologie der Pilze, Flechten und Myxomyceten, pag. 184—188. Berlin 1866.
- Tulasne.** Mém. sur les Ustilaginées et les Uredinées. *Annal. d. sc. nat.* 3^e série, Tome VII., und:
Second mémoire sur les Uredinées et Ustilagineés. *Annal. d. sc. nat.* 4^e série, Tome II.
- Oersted.** System der Pilze, Lichenen und Algen. Leipzig 1873.
- Eidam.** Der gegenwärtige Standpunkt der Mycologie. 2. Auflage. Berlin 1872.
- Woronin.** Untersuchungen über die Entwicklung des Rostpilzes (*Puccinia Helianthi*), welcher die Krankheit der Sonnenblume verursacht (in russ. Sprache). Petersburg 1871. Ein Auszug dieser Arbeit in der *Bot. Zeitung* 1872 Nr. 38 und 39.
- Sachs.** Lehrbuch der Botanik. 4te Aufl. 1874.
- Luerssen.** Medicinisch-pharmaceut. Botanik. Leipzig 1877/78.
- Winter.** Die durch Pilze verursachten Krankheiten der Culturgewächse. Leipzig 1878.
- Duchartre.** *Eléments de Botanique.* Paris 1877.



Marchantia polymorpha L.

Die Classe der Lebermoose (Hepaticae) nimmt bekanntlich zwischen den Thallompflanzen einerseits und den mit einem beblätterten Stengel ausgestatteten höhern Kryptogamen andererseits eine Mittelstellung ein und zwar derart, dass wir in dieser Klasse bei den niedrigsten Formen von Lebermoosen noch durchaus keinen beblätterten Stengel, sondern nur ein wenigdifferenziertes, lagerähnliches Thallom antreffen (Anthoceroten), während bei etwas höher entwickelten Formen, z. B. bei den Marchantien schon ein deutlicher Uebergang zwischen Thallom und beblättertem Stengel wahrgenommen wird, da hier der mächtigste Theil des vegetativen Körpers allerdings noch ein thallomartiges Aussehen besitzt, aber trotzdem schon blattartige Gebilde trägt, die gleichsam einen primitiven Typus der ausgesprochenen Blattgebilde höherer Gewächse darstellen. Die Marchantien haben also einen thallusartigen Stengel mit den denkbar primitivsten Laubblättern (bl bl Fig. 2 rechts unten). Allein nicht nur durch die eben angedeuteten Verhältnisse erregen die Marchantien unser biologisches Interesse, sondern auch durch eine der schönsten Erscheinungen in der Sphäre der ungeschlechtlichen Vermehrung: wir meinen die Bildung von Brutbechern mit zahlreichen Brutknospen, welche darzustellen Hauptaufgabe der vorliegenden Tafel ist. Ich habe zu diesem Zwecke ganz speciell *Marchantia polymorpha* L. gewählt, weil dieses Lebermoos ein Kosmopolit im weitesten Sinne des Wortes ist und über alle Erdtheile sich verbreitet hat, so dass das vorliegende Blatt unseres „Atlas“ den Freunden des letztern in Europa und Asien, in Afrika und Amerika einen überall leicht zu treffenden und für den Unterricht leicht zu beschaffenden lebendigen Bekannten vorführt.

Marchantia polymorpha L. (das „vielgestaltige Leberkraut“) bildet bald regelmässige rosettenartige, bald unregelmässige rasenartige, lebhaft grüne Ueberzüge auf feuchter Erde, oft auch an schattigen Felsen und Mauern grosse Flächen bedeckend. Häufig treffen wir sie an den Ufern von Quellen, Bächen, Flüssen und Sümpfen, bald auf nacktem Gestein, bald zwischen höheren Pflanzen vegetirend; in letzterer Umgebung findet sie sich auch nicht selten auf feuchten Wiesen, an schattigen Waldrändern, an feuchten Rainen; in den Alpen der Schweiz treffen wir sie häufig an schattigen, feuchten Stellen von überhängenden Felsen, in kleinern, von spärlich einfallendem Licht nur matt beleuchteten Höhlen.

Der Hauptkörper der vegetativen Pflanze ist ein laubartig verbreiteter, der Unterlage flach aufliegender, kriechender Thallus (Fig. 1), der nur insofern die Benennung „Stengel“ oder „Stamm“ verdient, als er an seiner Unterseite, der Erde zugekehrt, schuppenartige seitliche Auswüchse (bl bl Fig. 2) trägt, die durch ihre Stellung und durch ihr begrenztes Wachstum, wie durch ihre Entwicklungsgeschichte sich als Repräsentanten der zarten Laubblätter höherer Moose erweisen und daher auch den Namen „Blätter“ erhalten haben. Der Thallus selbst besteht aus einem, mehrere Zellschichten mächtigen parenchymatischen

Gewebe, dessen geringe Differenzirung sich bei der Betrachtung des senkrechten Schnittes in Fig. 2, P P ergibt. Das mittlere Gewebe ist in seiner ganzen Ausdehnung farblos, die grossen polyedrischen, häufig isodiametrischen und länglichen unregelmässigen Zellen sind von farblosem Zellsaft erfüllt, in welchem nur geringe Mengen fester und geformter Substanzen als kleine Körnchen wahrgenommen werden. Diese Zellen schliessen ohne Interzellularräume an einander, besitzen dagegen Tüpfel oder netzförmige Verdickungen und dienen vorzüglich der Leitung der assimilirten Stoffe. Im Winter (zur Zeit der Vegetationsruhe) sind die Zellen dieses mittleren farblosen Gewebes dicht mit Stärkekörnern erfüllt. In manchen, unregelmässig zerstreuten Zellen des farblosen Parenchyms (P P Fig. 2) finden sich kugelige oder ovale, braungefärbte oder röthlichbraune Ballen, die sogenannten Oelkörper, die, wie wir unten sehen werden, auch in den Brutknospen (Fig. 3 ol ol) vorkommen. Diese Zellen sind in der Regel bedeutend kleiner als die benachbarten Parenchymzellen; auch findet sich in jeder derselben nie mehr als ein einziger Oelkörper. Letzterer besteht aus einem Gemenge von fettem Oel mit beträchtlichen Mengen von Wasser und etwas Protein-Substanz. Wird das fette Oel durch Zusatz geeigneter Reagenzien aufgelöst, so entdeckt man auch, dass ein peripherisch liegendes, aus eiweissartigen Stoffen zusammengesetztes Häutchen, das den Oelkörper einhüllt, übrig bleibt. Ohne Zweifel sind diese Oelkörper nichts Anderes als unbrauchbar gewordene Substanzen, Excrete der lebenden Gewebe; denn sie werden nie als Bildungsmateriale zum Aufbau anderer Organe verwendet.

Das der feuchten Erde unmittelbar zugekehrte, untere peripherische Gewebe des Thallus enthält bei jüngeren Pflanzen häufig auch grünkörniges Plasma, das der ganzen Schichte einen blassgrünen Schimmer verleiht, indess sind hier die grünen Körner nicht so gross und nicht so zahlreich, auch nicht so gesetzmässig vorhanden, wie in den eigentlichen Assimilationsgeweben, von denen weiter unten die Rede sein wird. Die äusserste, unterste Zellschichte, die ventrale Epidermis, entsendet in gewissen Thallustheilen eine Menge schlauchartiger Zellen, als sogenannte Rhizoiden, in die feuchte Unterlage. Diese Rhizoiden (rh rh Fig. 2) besitzen auf der Innenseite ihrer Cylinderwände eine Menge zapfenförmiger Verdickungen (in Fig. 2 als Punkte angedeutet). Alle Membranen, der Epidermis sowohl als der Rhizoiden, sind nicht selten braun oder schmutzviolett gefärbt. Das Gleiche gilt von den lamellenartigen, aus einer einzigen Zellschicht bestehenden Blättern (bl bl in Fig. 2), welche von der ventralen Epidermis ausgehen, aber sehr hinfällig sind und im Leben dieser Pflanzen eine höchst untergeordnete physiologische Rolle spielen.

Höchst merkwürdig gestaltet sich die Differenzirung der Gewebepartien an der Oberseite des Thallus, die also dem Lichte zugewendet sind. Schon bei macroscopischer Betrachtung beobachtet man mit unbewaffnetem Auge eine kleinmaschige Felderung der

grünen Thallusoberfläche, wie dies aus Fig. 1 ersichtlich, wo die Areolation mit dunkeln Grenzlinien der einzelnen Felder oder Maschen gezeichnet wurde. Ebenfalls mit unbewaffnetem Auge erkennt man bei ausgewachsenen Pflanzen in der Mitte jeder Areole einen farblosen (weissen) Punkt, den wir hier gleich mit dem Namen *Athemöffnung* belegen wollen. Nun entspricht jede Masche oder Areole einer sogenannten *Athemhöhle*, die sich unter der Epidermis als luftgefüllter Hohlraum bis zu den Grenzlinien der Areole erstreckt, einerseits — gegen das farblose Parenchymgewebe der Thallus-Mittelschicht hin — begrenzt von einer kleinmaschigen Zellschicht eben dieses farblosen Parenchyms, welche letztgenannte Zellschicht den Boden der Athemhöhle darstellt, andererseits überdeckt von der scheinbar abgehobenen farblosen Epidermis (e e Fig. 2), welche nur am Rande der einzelnen Areole durch eine senkrechte Lamelle farbloser Zellen mit dem parenchymatischen Gewebe der Thallusmittelschicht in Zusammenhang steht. Aus dem Boden der Athemhöhle, also aus der obersten Parenchymschicht des farblosen Mittelgewebes, erheben sich — in die luftgefüllte Athemhöhle hineinragend — zahlreiche, oft verzweigte, drei- oder mehrzellige algenartige Fäden, in deren Zellen sich grosse Chlorophyllkörner befinden (ass Fig. 2) und die die Hauptorgane der Assimilation darstellen. Diese dichtstehenden grünen Zellreihen bilden eine Art lockeren Gewebes, dessen Zellen von der Atmosphäre der Athemhöhle umspült werden. Diese Atmosphäre hinwieder steht mit der äussern Atmosphäre durch eben jenen Porus in Verbindung, den wir oben mit dem Namen *Athemöffnung* angeführt haben. Letztere wird gebildet von einem Zellcomplex ganz eigenthümlicher Art, der sich ungefähr in der Mitte der Areole, oder, was dasselbe, mitten im „abgehobenen“ Epidermisstück (e e Fig. 2) befindet. Wir haben in Fig. 2 bei 20 rechts und links an der aufgebogenen Wand des Bruchbechers zwei solcher Athemöffnungen im senkrechten Mittelschnitt dargestellt. Jede Athemöffnung wird von 5 senkrecht übereinander stehenden Stockwerken à 4 ins Kreuz gestellter Zellen gebildet, die aber so gebogen sind, dass sämtliche 20 Zellen ein bierfassähnliches Gebilde darstellen, an dem nur die gebogenen Theile, nicht aber „Boden und Deckel“ des Fasses vorhanden sind. Die an Stelle des „Bodens“ befindliche Oeffnung mündet in die Athemhöhle (i i Fig. 2) hinein, der — dem Boden gegenüberstehende Deckeltheil des Fasses dagegen ragt nach Aussen über die Epidermis (e e Fig. 2) hinaus und erscheint eben schon dem unbewaffneten Auge als weisser Mittelpunkt der sonst lebhaft grünen Areole (Fig. 1, wo diese Mittelpunkte ausgespart wurden). Schon bei 15-facher Vergrösserung kann man den eigentlichen Porus als schwarzen Punkt erkennen, der mitten in dem weissen Feldchen des Athemöffnungs-Apparates liegt (Fig. 1). Durch diesen äusseren Porus, der also an der Stelle des fehlenden Fassdeckels liegt, gelangt die äussere Atmosphäre zunächst in den fassartigen Hohlraum des Athemöffnungs-Apparates, welcher Hohlraum von einigen Autoren mit dem Namen *Vorhof*, von Andern dagegen mit dem Ausdruck *Kanal der Athemöffnung* belegt wurde. Von da aus ist die Communication durch den innern Porus (an Stelle des Fass-

bodens) mit der Atmosphäre der luftgefüllten Athemhöhle i i hergestellt.

Die entwicklungs geschichtlichen Untersuchungen an verschiedenen Lebermoosen haben ergeben, dass diese Athemöffnungen der Marchantieen keineswegs Gebilde sind, die morphologisch neben die Spaltöffnungen anderer Pflanzen zu setzen wären. Physiologisch stimmen sie allerdings mit diesen letztern im Wesentlichen überein; denn sie vermitteln den Gasaustausch zwischen den assimilirenden (grünen) Geweben und der Aussen-Atmosphäre. Die Athemhöhlen selbst werden, wie Leitgeb gezeigt hat, schon sehr frühzeitig angelegt. Bei *Marchantia polymorpha* hat es allerdings den Anschein, als entstünden sie durch Bildung von erst sehr kleinen, aber rasch wachsenden Intercellularräumen, unmittelbar unter der peripherischen Zellschicht (Epidermis) des jungen Thallus. Durch fortdauerndes Wachsen und wiederholte Theilungen der benachbarten Zellen entstehen alle Theile, welche die Athemhöhle umgeben, gleichzeitig mit der successiven Zunahme des Hohlraumes, welcher schliesslich die Athemhöhle darstellt; aber keineswegs entsteht letztere, wie man früher anzunehmen geneigt war, etwa durch später eintretendes partielles Ablösen der Epidermis von der darunter liegenden farblosen Zellschicht.

Im Weiteren verweise ich auf die neueren Lehrbücher der Botanik, wo ja zumeist diese, hier kurz berührten Gebilde einlässlicher besprochen sind. Ich konnte zur Demonstration der Athemhöhlen und Athemöffnungen des *Marchantia*-Thallus die entsprechenden Gebilde an der Basis der Brutbecher (Fig. 2) nur als Nothbehelf benützen, indem hier (bei den Brutbechern) selbstverständlich einige Modificationen eintreten mussten, deren Abwesenheit die Besprechung der angeführten Organe an andern, rein-vegetativen Thallus-Stücken erleichtert.

Der Thallus von *Marchantia polymorpha* ist dichotom verzweigt und mit einer der Richtung des stärksten Wachstums folgenden, daher selbstverständlich auch dichotomen, gabeltheiligen Mittelrippe versehen.

Wie bei den meisten mit thallusartigem Vegetationskörper versehenen Lebermoosen liegt bei *Marchantia polymorpha* die fortbildende Scheitelregion, in welcher die lebhaftesten Zelltheilungsprocesse stattfinden, in der vordern Einbuchtung jedes Thallus-Sprosses (in Fig. 1 bei S S S). Diese Einbuchtung kommt dadurch zu Stande, dass rechts und links die aus den Segmenten der Scheitelzelle hervorgehenden Gewebzellen rascher in die Länge und Breite wachsen, als die hinter dem Scheitelpunkt und diesem zunächst liegenden Zellen des Thallus. „Innerhalb dieser Einbuchtung findet auch die normale Verzweigung statt: aus jüngsten Segmenten der Scheitelzelle entstehen die Zweiganlagen, die vermöge ihrer Stellung in der Bucht und wegen ihres stärkeren Wachstums den Scheitel des Hauptsprosses bei Seite drängen und mit diesem zusammen eine Gabelung (Dichotomie) bilden. Auch in dem Winkel zwischen den beiden Gabelsprossen drängt sich das Dauergewebe rascher wachsend hervor und bildet, so lange die beiden Gabelsprosse noch sehr kurz sind, eine deren Scheitelregionen überragende und trennende Ausbuchtung“ (Fig. 1 der Lappen zwischen

den beiden genäherten Scheitelregionen **SS** am obersten Ende über den beiden jüngsten Brutbecherchen). Jene Ausbuchtung wird aber alsbald von den beiden jungen Gabelsprossen überholt und erscheint später nur noch als ein wenig vorspringender Rand der älter gewordenen Gabelung.

Die vegetative Vermehrung findet bei *Marchantia polymorpha* und den nächst-verwandten Lebermoosen am ausgiebigsten durch Brutknospen statt, welche in zierlich gebauten, becherartigen Behältern, den sogenannten Brutbechern (Fig. 1 & 2) in grosser Zahl entstehen. Die im botanischen Garten zu Zürich an allen schattigen und feuchten Stellen in Unmasse wuchernde *Lunularia vulgaris* (Michel), aus Ober-Italien eingewandert, vermehrt sich hier seit Jahrzehnten ausschliesslich durch Brutknospen und vegetatives Wuchern des dichotom verzweigten, an den hintern, ältesten Theilen successive absterbenden Thallus; noch nie haben wir diese Marchantiee hier im botanischen Garten mit Geschlechtsorganen oder Früchten angetroffen, während doch die in vielen Jahren aufeinander gefolgt, durch Brutknospen erzeugten „Generationen“ sich nach Hunderten belaufen.

Aehnlich verhält es sich mit der Ausgiebigkeit der Brutknospenbildung bei *Marchantia polymorpha*, die während des ganzen Jahres mit zahlreichen Brutbechern und relativ selten mit Sporenfrüchten angetroffen wird.

Die Brutbecher sitzen in der Regel auf der Oberseite der gabelig verzweigten Thallus-Mittlerippen (Fig. 1) und bilden sich in acropetaler Folge; d. h. sie werden je dicht hinter der Scheitelregion des Vegetationskörpers angelegt und gelangen langsam mit dem Weiterwachsen des Thallus zur vollen Entwicklung, so dass also die ältesten Brutbecher am weitesten von der Scheitelregion abstehen, wie dies aus Fig. 1 ersichtlich ist.

Wir haben in Fig. 2 (Hauptfigur) den senkrechten Durchschnitt eines noch ziemlich jungen Brutbechers sammt dem darunter liegenden Thallusfragment dargestellt. Die Wand des Brutbechers erhebt sich in glockenartiger Form über einer kreisförmigen, den Grund des Bechers darstellenden Fläche auf der Oberseite des farblosen, parenchymatischen Mittelgewebes **PP**, das sich selbst in die Becherwand hinauf fortsetzt, gegen den obern Rand der Glocke allmählig an Mächtigkeit abnehmend. Die areolirte grüne Gewebeschicht der Thallus-Oberseite setzt sich auf der Aussenseite der Becherbasis, bis in eine gewisse Höhe an der Brutbecherwand aufsteigend, fort, so dass hier die grünen Areolen der Athemhöhlen mit ihren Athemöffnungen aussen an der Becherbasis aufgerichtet erscheinen (vergl. Fig. 1 mit Fig. 2). In dieser Region bildet die eigenthümlich gekrümmte Glockenwand einen den Querschnitt der Becherhöhle verengernden Kragen (**kr kr** Fig. 2), von dem aus die Becherwand sich nach Oben und Aussen krümmt, an Mächtigkeit rasch abnehmend, um zuletzt in einen dünnhäutigen, nur 3, 2 und schliesslich bloss 1 Zellschichte mächtigen, zierlich gezackten und mit Haaren garnirten Rand überzugehen (**pz pz** Fig. 2). An jungen Brutbechern ist dieser gezackte, dünnhäutige Rand oben über der Becheröffnung nach einwärts gebogen. Aber je älter der Becher, desto mehr richten sich die behaarten

Zacken oder Zipfel des Randes auf und biegen sich dann in entgegengesetztem Sinne nach Aussen, so dass die einfallenden Regen- oder Thautropfen eine möglichst weite Oeffnung antreffen. Dieser oberste Brutbecherrand ist in jungen Stadien nur blassgrünlich-gelb, später aber blassgelb und endlich gelblich-braun gefärbt. Noch ist zu bemerken, dass nicht nur der zierlich gezackte Rand des Brutbechers mehr oder weniger eine Neigung zur Bildung von wenigzelligen Haaren bekundet, sondern dass diese Eigenthümlichkeit der ganzen Aussenseite, d. h. der eigentlichen Epidermis der Glockenwand zukömmt und zwar derart, dass man nicht selten die Epidermis über den Athemhöhlen an der Basis der Brutbecher mit gegliederten Haaren bewaffnet findet. Auch in dem farblosen parenchymatischen Gewebe der Brutbecherwand finden sich einzelne kleinere Zellen mit den braunen, kugeligen Oelkörpern, wie wir sie oben bei Besprechung des vegetativen Thallus kennen gelernt haben.

Die Entwicklungsgeschichte der Brutknospen von *Marchantia polymorpha* ist in kurzen Zügen Folgende: Aus den oberflächlichen Zellen des farblosen parenchymatischen Gewebes im Grunde des jungen Brutbechers erhebt sich eine Menge zarter Papillen, die sich alsbald je durch eine Wand, welche in die Ebene des Bechergrundes fällt, von dem Thallusgewebe abgrenzt. Die einen dieser Papillen enthalten reichlich grünes Plasma, während der Inhalt der andern farblos bleibt. Jene ersteren entwickeln sich zu Brutknospen, indem sich zunächst die einzellige Papille durch eine horizontale Querwand in zwei vertikal über einander stehende Tochterzellen theilt, von denen die untere, nur farblosen Inhalt besitzende, sich nicht weiter theilt und zur Stielzelle (**st** in Fig. 2) der Brutknospe wird, indess die obere, mit grünem Plasma ausgestattete Zelle sich verlängert und in der Folge neue Theilungen durch horizontale Querwände erleidet.

In ganz jungen Stadien (**A** Fig. 2) zeigt die Brutknospe nach einander erst 2, dann 4 grüne, senkrecht über einander folgende Gliederzellen; sie stellt dann eine einfache Zellreihe dar, bestehend aus einer farblosen und mehreren, Chlorophyll enthaltenden, theilungsfähigen Zellen, deren ich verschiedene Male nicht bloss 4, wie in der Regel der Fall, sondern 5 und gar 6 gezählt habe: **C, D, E** in Fig. 2. Meist beginnen diese Gliederzellen sich durch senkrechte Wände zu theilen, nachdem sich erst 3 horizontale Querwände, also 4 grüne Gliederzellen gebildet haben. Abweichungen sind indess nicht selten, wie auch aus **B** Fig. 2 hervorgeht, wo die senkrechten Theilungen begannen, nachdem erst 3 (anstatt 4) grüne Tochterzellen vorhanden waren. In allen Fällen wird die einfache Zellreihe durch wiederholte senkrechte Theilwände erst in eine Zellfläche und endlich durch Theilungen in allen 3 Richtungen des Raumes in einen linsenförmigen Zellkörper verwandelt, welcher auf der farblosen, ziemlich grossen Stielzelle (**st**) ruht (vergl. **F G H** in Fig. 2) und an seinem Rande nur eine einzige peripherische Zellschichte besitzt, also hier einschichtig ist. In der Folge wiederholen sich Wachstum und Zelltheilungen ziemlich rasch, nur an zwei einander gegenüber liegenden Punkten der Seitenwände verzögern sich diese Prozesse und zwar derart, dass die vorher linsenförmige Brutknospe erst

einen geigenförmigen, später einen cosmarium-artigen Umriss erhält (vergl. **H** mit **J** und **K**), an welchem rechts und links je eine Einbuchtung zwischen zwei grossen, oft sogar über einander greifenden Lappen liegt, (**SS** in Fig. 2 & 3). In diesen beiden Buchten liegen die Scheitelregionen für die später bei der Keimung hier hervortretenden Laubsprosse der jungen Pflanze (vergl. Fig. 2 **K** mit Fig. 3 & 4). „Das ganze Gewebe der morphologisch als metamorphosirtes Trichom zu betrachtenden Brutknospe wird aus lückenlos verbundenem, ziemlich isodiametrischem Parenchym gebildet, in welchem hie und da die oben bei Beschreibung des Thallus und der Brutbecherwand erwähnten Oelkörper **ol ol** in Fig. 3 & 4) liegen. Eine eigentliche Epidermis fehlt; die äusserste Zellenlage enthält zahlreiche grosse Chlorophyllkörner und hie und da finden sich in ihr (besonders auf der Mittelregion beider Seiten) etwas grössere, einen stärkefreien, farblosen Inhalt führende Zellen.“ — Eine Anzahl der auf dem Grunde des Brutbechers erscheinenden Papillen entwickelt sich, wie wir schon oben erwähnten, nicht zu Brutknospen, sondern zu einzelligen, chlorophyllfreien, keuligen Haaren, die man passend Paraphysen (**p p p** Fig. 2) nennt. Ihre Membran quillt am Scheitel stark auf und verschleimt endlich vollständig. Diese quellenden Schleimmassen der sehr zahlreichen Paraphysen scheinen eine grosse physiologische Aufgabe zu erfüllen: sie reissen nämlich während ihrer enormen Volum-Zunahme die benachbarten reifen Brutknospen von den zarten Stielen ab und heben sie aus dem untern Raum der Brutbecherhöhle über den verengernden Kragen (**kr kr** Fig. 2) in den obern, glockenförmigen Becherraum empor, wo sie leicht von hereinfliegenden Regentropfen getroffen und fortgeschleudert werden.

Keimung der Brutknospen. Wenn die reifen Brutknospen, z. B. durch Platzregen aus den Brutbechern hinausgeschleudert, auf feuchte Erde gelangen und hinreichend beleuchtet bleiben, so wächst jede derselben zu einem neuen Pflänzchen heran, indem die Zellen in den Scheitelregionen sich ganz so zu theilen beginnen, wie in den Scheitelregionen der vegetativen Sprosse erwachsener Pflanzen, und alsbald einen jungen Spross hervorschieben, der nach und nach die beiderseitigen Lappen der Brutknospe in seine Seitenränder mit aufnimmt. Auf der dem Substrate zugekehrten Seite der Brutknospe wachsen dann die oben erwähnten farblosen grössern Zellen zu Rhizoiden aus (**rh rh** in Fig. 3 & 4). Trotz der Entwicklung dieser Rhizoiden bleiben auch jetzt noch die beiden Flächen der linsenförmigen Brutknospe durchaus gleichwerthig. Die ungleiche Differenzirung der beiden Seiten macht sich erst in der Folge geltend, wenn an der beleuchteten Seite, gleichviel welches ihre Lage sei, die Athem-

höhlen und Athemöffnungen entstehen, während die beschattete Seite nur Rhizoiden und schuppenartige Blätter hervorbringt. Es ist also durchaus gleichgültig, auf welche von den beiden Breitseiten die Brutknospe bei der „Aussaart“ zu liegen kommt: jede Seite vermag sich so zu entwickeln, dass sie alles das erzeugt, was auf der entsprechenden Seite eines ältern Thallus unter normalen Verhältnissen zu finden ist.

Fig. 1. Ein sich verzweigender Spross von *Marchantia polymorpha* mit 8 Brutbechern in verschiedenen Entwicklungsstadien. **SSS** — Scheitelregionen der dichotom entstehenden Zweige. Vergrösserung 15.

Fig. 2. Senkrechter Aufriss (Durchschnitt) von einem jungen Brutbecher mit dem darunter liegenden Fragment des Thallus. **PPP** — farbloses, parenchymatisches Mittelgewebe. **rh rh** — Rhizoiden, von der untern Epidermis abgehend; **bl bl** — schuppenförmige Blätter der Thallus-Unterseite. **o o** — obere Epidermis, an der Aussenseite der Brutbecherwand stellenweise in gegliederte Haare auswachsend; **l l l** — luft erfüllte Athemhöhlen mit den assimilirenden grünen Zellreihen **ass ass** und den Athemöffnungen **ao ao**. **kr kr** — Kragenartiger Vorsprung der Innenseite der Becherwand. **pz pz pz** — die mit gegliederten Haaren garnirten Zipfel oder Zacken des oberen Becherrandes. **p p p** — farblose, keulenförmige Paraphysen. **A-K** — aufeinander folgende Entwicklungsstadien der Brutknospen. **st st** — Stielzellen; **ol ol** — Oelkörper; **S S** — Scheitelregionen der Brutknospen. Vergrösserung 270.

Fig. 3. Eine reife Brutknospe nach zweitägigem Liegen in Wasser. Es sind im Verlauf von 48 Stunden die langen Rhizoiden **rh rh** entstanden. [Die Rhizoidenschläuche sind an ihrer Basis keineswegs durch eine Querwand gegen die Fusszellen, aus denen sie hervorgingen, abgesetzt, wie dies an einzelnen Stellen dieser Figur den Anschein macht, wo die Querlinien am untern Ende der cylindrischen Schlauchwände (vom Lithograph zu grell gezeichnet) nicht den Schläuchen, sondern den benachbarten Zellen der Brutknospe angehören und folglich nur schwach durchschimmern sollten.] **st** — Stielzelle. **ol ol** — Oelkörper. **S S** — Scheitelregionen in den 2 seitlichen Einbuchtungen. Bei 270facher Vergrösserung nach der Natur gezeichnet im Juli 1881.

Fig. 4. Keimpflänzchen aus einer reifen Brutknospe von *Marchantia polymorpha*. Bezeichnung wie in Fig. 3. Vergrösserung 150.

Alle Figuren sind nach dem Leben gezeichnet.

- Literatur: Mirbel.** Recherches anatomiques et physiologiques sur le *Marchantia polymorpha*. Nouvelles Annales du Musée d'histoire naturelle T. I. pag. 93 et Archives de Botanique T. I. 1833 et Mémoires de l'Acad. d. sciences de l'Institut de France 1835.
- Bischoff.** Bemerkungen über die Lebermoose, vorzüglich aus der Gruppe der Marchantiaceen und Riccien. Nova Acta Acad. Leop. XVII. 1835.
- Nägeli.** Wachstumsgeschichte der Laub- und Lebermoose (vorzüglich der Brutknospen von Marchantieen) in „Zeitschrift für wissensch. Botanik“ von Schleiden und Nägeli. 2. Heft. Zürich 1845.
- Leitgeb.** Entwicklung der Spaltöffnungen der Marchantiaceen. Tagbl. der 45. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte zu Leipzig 1872 und Botan. Zeitung 1872.
- Pfeffer.** Die Oelkörper der Lebermoose. Flora 1874.
- „ Studien über Symmetrie und spezifische Wachstums-Ursachen (Keimung der Brutknospen von *Marchantia*.) Arbeiten des bot. Instituts zu Würzburg. II. 77.
- Leitgeb.** Die Athemöffnungen der Marchantiaceen. Sitzungsbericht der kais. Academie d. Wissensch. Wien. I. Abtheilung. Februar-Heft 1880.
- „ Untersuchungen über die Lebermoose. Heft 6 (die Marchantiaceen enthaltend). Graz 1881.
- Sachs.** Ueber die Anordnung der Zellen in jüngsten Pflanzentheilen. Arbeiten des bot. Instituts in Würzburg. II. Bd. 1. Heft 1878.
- Göbel.** Zur vergleichenden Embryologie der Archegoniaten (Zellanordnung der Brutknospen von *Marchantia* pag. 447). Arbeiten des bot. Instituts in Würzburg. II. Bd. 3. Heft 1880.
- Voigt.** Beitrag zur vergleichenden Anatomie der Marchantiaceen. Botanische Zeitung 1879. Nr. 46 und 47.
- Göbel.** Zur vergleichenden Anatomie der Marchantiaceen. Arbeiten des bot. Instituts in Würzburg. II. Bd. 3. Heft. 1880.
- Sachs.** Lehrbuch der Botanik. 4. Aufl. 1874.
- Lürssen.** Medicinisch-pharmaceutische Botanik I. 1879.
- Weiss, G. A.** Allgemeine Botanik I. Bd. 1878. (Die in diesem Werke auf pag. 408/409 gegebene Darstellung der Entwicklungsgeschichte der Athemöffnungen von *Marchantia* ist nach den neuern Untersuchungen als unrichtig aufzugeben.)
- Sullivant, William S.** The Musci and Hepaticae of the United States (mit 8 prächtigen Kupfertafeln). New-York 1856.
- Müller, N. J. C.** Handbuch der Botanik. II. Bd. 1880. pag. 201.

Marchantia.

(Archegonium und Antheridium).

Wir haben in einer vorhergehenden Tafel die vegetative Vermehrung durch Brutknospen bei *Marchantia polymorpha* (vergl. die Tafel mit letzterer Benennung) zur Anschauung gebracht und dort auch das Wesentlichste über den vegetativen Aufbau, über Bildung von Blättern und Rhizoiden, sowie über die Differenzirung der Assimilationsorgane, der Athemböhlen und Athemöffnungen, zur Sprache gebracht.

Wenn wir in der vorliegenden Tafel nun auf die Darstellung der geschlechtlichen Fortpflanzungsorgane, der Archegonien und Antheridien eintreten, so setzen wir bei nachstehenden Erläuterungen die Kenntniss dessen voraus, was im Text zur vorhergehenden Tafel mitgetheilt wurde.

Bekanntlich sind die geschlechtlichen Fortpflanzungsorgane aller Leber- und Laubmoose, sowie aller höheren Kryptogamen, der Farne, Schachtelhalme und Bärlappgewächse, nach einem und demselben Typus aufgebaut: das weibliche Organ ist in allen diesen Pflanzenklassen ein Archegonium, während das männliche Organ ein Spermatozoiden bildendes Antheridium darstellt. Ja, es hat sich bei der genaueren Durchforschung des Entwicklungsganges bei den höchsten Kryptogamen und den niedrigsten Phanerogamen sogar ergeben, dass auch die nacktsamigen Blütenpflanzen (Gymnospermen) noch unverkennbar Archegonien und Analoga zu Antheridien bilden, wie in einer nachfolgenden Tafel (*Pinus Laricio* Fol. C) gezeigt werden soll.

Wenn daher in nicht weniger als 6 Pflanzenklassen (nämlich bei den Lebermoosen, Laubmoosen, Farnen, Schachtelhalmen und Bärlappgewächsen, sowie bei den Nacktsamern unter den Blütenpflanzen) die Geschlechtsorgane im Wesentlichen dieselben sind, so versteht sich fast von selbst, dass in unserem „Atlas“ die Darstellung dieser Organe nicht übergangen werden darf. Nun sind aber die Archegonien und die Antheridien gerade bei den Moosen, und zwar speciell unter den Lebermoosen bei den Marchantien am schönsten entwickelt. Hier lassen sich alle wesentlichen Theile dieser wichtigen Fortpflanzungsorgane am besten erläutern, während weiter nach Oben, bei den Gefässkryptogamen und in noch viel stärkerem Masse bei den Nacktsamern die Archegonien und Antheridien mehr und mehr reduziert, verkümmert erscheinen. Für das Verständniss des phylogenetischen Zusammenhanges zwischen den Blütenpflanzen einerseits und den höheren Kryptogamen andererseits bilden diese Objekte vergleichender Forschung eine kostbare Fundgrube gewichtiger Aufschlüsse; ja man kann wohl sagen, dass die Archegonien und Antheridien der Lebermoose die Ausgangspunkte für den Entwicklungsgang der Geschlechtsorgane aller wahren beblätterten Stengelpflanzen darstellen, denn aus diesen Sexualorganen der Lebermoose sind im Differenzirungsprocess der Pflanzenwelt die Geschlechtsorgane aller höheren Gewächse successive abgeleitet worden. Ein rechtes Verständniss für die Erscheinungen des Geschlechtslebens aller höheren

Pflanzen gewinnt der Schüler erst dann, wenn der Lehrer nicht unterlässt, auf die einschlägigen Erscheinungen bei den Lebermoosen hinzuweisen, um dafür die Basis für alle folgenden Demonstrationen bei den nächsthöheren Pflanzenklassen zu gewinnen.

Die in der vorliegenden Tafel dargestellten Objekte sind ebenfalls der *Marchantia polymorpha* entnommen. Letztere ist bekanntlich diöcisch: die einen Exemplare vermögen nur männliche Organe zu entwickeln, während andere Individuen die weiblichen Geschlechtsorgane bilden.

Die Geschlechtsorgane sind in sogen. „Stände, Inflorescenzen“, Gruppen vereinigt, welche bei *Marchantia polymorpha* im ausgewachsenen Zustand gestielte, schirmartige Körper, sogen. Receptacula darstellen. Diese männlichen und weiblichen Schirme (Fig. 1 und 2 h h, Fig. 4 ah) sind sammt ihren Stielen, wie Leitgeb gezeigt hat, umgebildete Thalluszweige und zwar entspricht jedes Receptaculum einem ganzen System von zahlreichen Thalluszweigen. Es liegt nicht in unserer Aufgabe, an dieser Stelle die Entwicklungsgeschichte der beiden Receptacula, der Antheridien- und der Archegoniumstände zu skizziren; wir beschränken uns darauf, jene Gebilde in mehr oder weniger fertigem Zustande zu illustriren. Ich habe in Fig. 1 bei 14-facher Vergrößerung ein fruchtbares Thallusstück der weiblichen Pflanze dargestellt, welches am vorderen, ausgerandeten Theil, am Ende der gabelig verzweigten Mittelrippe zwei weibliche Hüte (oder Inflorescenzen, Receptacula) h trägt. Die Stiele dieser Hüte sind in Fig. 1, weil noch sehr kurz und vom Hut oder Schirm verdeckt, nicht zu sehen, wohl aber in Fig. 2 (st st), wo ein ähnliches, jedoch älteres Objekt, aber nur bei 8½-facher Vergrößerung dargestellt ist. Nichts destoweniger sind schon auf dem in Fig. 1 illustrierten Entwicklungsstadium an den weiblichen, noch „sitzenden“ Hüten wohlentwickelte weibliche Organe, nämlich empfängnisfähige Archegonien vorhanden, wie sie in der Hauptfigur 3 zu sehen sind. Die weiblichen Hüte sind, wie Fig. 1, besonders aber Fig. 2 und 7 zeigt, strahlig gelappt. Die Anzahl der Hutstrahlen (str Fig. 7) ist eine variable: auf einer Colonie von weiblichen Marchantien, die mir aus dem Canton Appenzell zugesandt wurden und reichlich weibliche Fruchtstände zeigten, zählte ich 15 Hüte mit je 11 Strahlen, 9 Hüte mit je 10 Strahlen, 3 Hüte mit je 9 Strahlen, 2 Hüte mit je 12 Strahlen, 2 Hüte mit je 14 Strahlen und 1 Hut mit 15 Strahlen; im Mittel ergibt sich also die Zahl von 11 Strahlen.

Wenn die Hüte so weit entwickelt sind, dass ihre Stiele sich allmähig zu verlängern beginnen (Fig 1 h), so findet man auf der Unterseite, zwischen den Hutstrahlen nach Abwärts vorragend, zierliche gefranste Hüllblätter (Pch in Fig. 3 und 7) von muschelförmig gebogener Gestalt, zwischen welchen je zwei radial angeordnete, also vom Hutstiel gegen die Basis je zweier Hutstrahlen verlaufende Reihen von Archegonien sich vorfinden. Führen wir einen tangentialen senkrechten Längsschnitt durch den archegonientragenden Huttheil,

so erhalten wir auf jenem erwähnten Entwicklungs-Stadium ein Object, welches unserer Hauptfigur der vorliegenden Tafel (Fig. 3) entspricht. Wir haben hier nur zwei dicht neben einander stehende Archegonien und die zunächst liegenden Gewebe des weiblichen Hutes dargestellt: das Gewebe der Hut-Unterseite (in unserer Hauptfigur der oberste Theil) besteht in dieser Zeit aus einem ziemlich grosszelligen aber dünnwandigem Parenchym, das einen farblosen Zellsaft mit ungleich grossen und ungleich stark gefärbten Chlorophyllkörnern und Stärkekörnern führt. Gegen die Insertion der Archegonien hin nimmt die Grösse der Parenchymzellen ab, der Chlorophyllgehalt aber zu. Ein Gleiches gilt von der Insertion der in dieser Zeit noch jungen und rasch wachsenden Hüllblätter (**Pch** Fig. 3) die von den einen Autoren auch mit dem Sammelnamen „Involucrum,“ von andern mit dem Ausdruck „Perichaetium“ belegt wurden. Die Zellen der Hüllblätter (oder des Perichaetiums) sind in rascher Theilung begriffen, jede mit einem Zellkern und mit grossen, wandständigen Chlorophyllkörnern ausgestattet. An seiner Basis — in seinem ältesten Theil — ist das Perichaetium mehrere Zellschichten mächtig, aber dicht über der Basis, ungefähr im Niveau des Scheitels der Eizellen in den Archegonien, gehen die mehreren Zellschichten in eine einzige Zelllage über, welche — weiter wachsend — einschichtig bleibt, aber zeitig in zierliche Fransen ausmündet (**Pch** in Fig. 3 und 7) und ein häutiges Aussehen gewinnt.

Die Archegonien sind auf unserer Figur in natürlicher Lage dargestellt, d. h. sie kehren ihren Scheitel (**dz dz** Fig. 3) abwärts, gegen die Erde hin. Jedes Archegonium besteht aus zwei wesentlich verschiedenen Theilen: dem dickern Bauchtheil und dem schlankern Halstheil.

Der Bauchtheil des Archegoniums besitzt bei *Marchantia polymorpha* eine eiförmige Gestalt und besteht aus einer einschichtigen Wand (**Bw**) und — zur Zeit der Empfängnisfähigkeit — aus einer grossen, fast das ganze Bauchinnere erfüllenden Eizelle (**Ov** Fig. 3).

Die Bauchwand (**Bw**) setzt sich nach Oben in die Wand des Halstheiles (**Hw Hw**) fort. Diese Halswand ist ebenfalls einschichtig und besteht aus 5 oder mehr parallel verlaufenden, meist etwas spiralig gedrehten Zellreihen. Zwischen diesen Wandzellreihen findet sich bei ganz jungen Archegonien eine axial verlaufende Zellreihe, die aus wenigen langgestreckten Zellen besteht und vom dicht geschlossenen Scheitel des Halstheiles bis zum Bauchtheil des Archegoniums hinunterreicht. Man hat diese, später verschleimenden Zellen die Halscanalzellen genannt, weil durch ihre Auflösung ein schleimerfüllter Canal entsteht, der den ganzen Hals durchzieht (**Ca Ca** Fig. 3). Ebenfalls in unreifen Archegonien, ziemlich lange vor der Befruchtung, findet sich im Bauchtheil eine einzige grosse Zelle, die Centralzelle des Archegoniums, welche den ganzen Innenraum, von der Basis des Bauchtheiles an bis zur Halscanalzellreihe erfüllt. Diese Centralzelle theilt sich vor der Empfängnisfähigkeit des Archegoniums durch eine horizontale Querwand in eine untere, grössere Zelle (**Ov**), welche zur eigentlichen Eizelle wird und in eine klei-

nere obere Zelle, welche sich den Halscanalzellen anreihet, und wie diese letzteren ebenfalls verschleimt, also mit ihnen das gleiche Schicksal theilt und daher passend Bauchcanalzelle (**Bc** im Archegonium rechts Fig. 3) genannt wurde.

So lange das Archegonium noch geschlossen ist, findet man in jeder Wandzelle des Halstheiles sowohl als des Bauchtheiles einen deutlichen Zellkern und nebst dem farblosen zähflüssigen Wandplasma auch mehr oder weniger zahlreiche Chlorophyllkörner; letztere sind jedoch im untern Halstheil und in der Bauchwand zahlreicher, als in den Wandzellen des oberen Halstheiles; auch erscheinen die Chlorophyllkörner vorwiegend zahlreich in den dem Inneren des Archegoniums zugekehrten Zelltheilen; sehr spärlich oder gar nicht vorhanden sind sie in den Deckzellen des Archegoniumhalses, d. h. in jenen Zellen (**dz dz** Fig. 3), welche am Scheitel des Halses den Canal abschliessen. Die eigentliche Eizelle (**Ov Ov** Fig. 3) enthält mitten im feinkörnigen, gelblich schimmernden Plasma einen grossen Zellkern **N**. Ueber die Vorgänge vor und während der Befruchtung der Archegonien bei *Marchantia polymorpha* berichtet *Strasburger* Folgendes: Die ganze Masse der Canalzellen wird zu einem körnigen Schleim verflüssigt. Wie bei den Archegonien der Farnkräuter, so lässt sich auch hier im Canal eine Sonderung des Schleimes in eine mittlere, körnige und eine peripherische körnchenlose Schicht trotz der Enge des Canales oft ganz deutlich sehen (vergl. das Archegonium rechts in Fig. 3). Am Scheitel des Canals sammelt sich der Schleim zu einer knopfförmigen Anschwellung. Bringt man nun reife Archegonien ins Wasser, so quillt dieser Schleim sehr bedeutend und bewirkt schliesslich, ganz ähnlich wie bei den Farnen, ein Oeffnen des Halses; denn die knopfförmige Schleimansammlung am Scheitel des Archegoniumhalses bewirkt ein Auseinanderweichen der Deckzellen, worauf erst eine partielle Entleerung des Halses erfolgt; später tritt auch der zunächstliegende Inhalt des Kanals ruckweise heraus. Die Zahl der Körnchen, die ungelöst vor der Oeffnung liegen bleiben (Fig. 3 Archegonium links), ist hier meist unbedeutend im Vergleich zu dem farblosen Schleim, welcher sich in das umgebende Wasser vertheilt.

Sogleich nach der Entleerung des Halses rundet sich die Eizelle **Ov** an ihrem Scheitel ab (Archegonium links, Fig. 3 **e**) und hier differenzirt sich nun ein farbloser Fleck an der sonst körnigen, gelblichen Eikugel: es ist der sogen. Empfängnisfleck (**e** Fig. 3), den wir bei verschiedenen Pflanzenklassen unmittelbar vor der Befruchtung auf der Eikugel wahrnehmen können (vergl. die Tafel mit *Oedogonium diploidum*).

Von der Wirkung jenes Canal-Schleimes auf die Spermatozoiden (**s s** in dem kugeligen Wassertropfen **aq** Fig. 3) kann man sich hier äusserst leicht überzeugen: es genügt, rasch ausgeführte Längsschnitte mit reifen Archegonien in einen Tropfen Wasser zu bringen, in den sich vorher einige Antheridien entleert haben. Die Spermatozoiden sammeln sich alsbald in grosser Anzahl vor dem geöffneten Canal und man sieht sie auch massenweise in denselben dringen. Leider entziehen sie sich ihrer Kleinheit wegen einer weitem

Beobachtung. Einzelne Spermatozoiden sah Strasburger noch stellenweise im Innern des Canals, wohin sie gedrungen waren; aber bis zur Eizelle hinunter vermochte Strasburger die Spermatozoiden nicht zu verfolgen. Aber es ist durch Analogie zu schliessen, dass mindestens 1, wahrscheinlich aber mehrere Spermatozoiden sich bei der Befruchtung am Empfängnisfleck (e Fig. 3) mit der Eizellenmasse verschmelzen.

Die männlichen Organe, die Antheridien, entstehen, wie bereits oben bemerkt, auf andern Individuen, als die Archegonien. Sie sind ebenfalls in Gruppen vereinigt und zwar auf scheibenförmigen Receptakeln, wie wir ein solches in Fig. 4 ah dargestellt haben. Aber die Antheridien werden in Vertiefungen (Conceptakeln co Fig. 5) der Oberseite jener tellerförmigen männlichen „Inflorescenzen“ gebildet. Diese Oberseite ist im Wesentlichen ähnlich gebaut, wie die Oberseite der weiblichen Hüte; d. h. es finden sich dort unter der Epidermis (ep ep Fig. 6) luftführende Athemhöhlen ah, mit chlorophyllhaltigen Zellreihen chl und Athemöffnungen aö, wie wir sie an der Oberseite des vegetativen Thallus kennen gelernt und bei der vorhergehenden Tafel beschrieben haben. Die tellerförmige Antheridienscheibe (Inflorescenz) besitzt nicht einen strahlig gelappten Rand, wie die weiblichen Hüte, sondern nur seichte Einschnitte zwischen vorspringenden Kerben oder Zähnen. Zwischen den Athemhöhlen der Scheiben-Oberseite und noch tiefer im farblosen Gewebe versenkt, finden sich die flaschenförmigen Hohlräume (Conceptacula), deren jedes ein kurz gestieltes Antheridium (Ant Fig. 6) enthält. Das reife Antheridium besteht aus einer, eine einzige Zellschicht mächtigen Wand (w Fig. 6) und dem Inhalt, welcher letzterer in den kleinen, fast kubischen und reihenweise angeordneten Spermatozoiden-Mutterzellen (Sp Fig. 6) die männlichen Sexual-Elemente einschliesst. Wenn die Spermatozoiden reif sind, so treten die Antheridium-Wandzellen am Scheitel aus einander und die Spermatozoiden-Mutterzellen werden nun nach Oben durch den Canal des Conceptaculum (ö Fig. 6) entleert. Diese Entleerung erfolgt hauptsächlich bei Anwesenheit von tropfbarflüssigem (Regen- oder Thau-) Wasser. Die Spermatozoiden-Mutterzellen liegen eine Zeit lang vor der Mündung des Conceptaculum; die Mutterzellmembranen quellen dabei oft bedeutend an, schliesslich öffnen sie sich und jede einzelne entlässt ein fadenförmiges Spermatozoid in das umgebende Wasser (vergl. die kleine Wolke s in dem Wassertropfen aq Fig. 5). Die Spermatozoiden sind verhältnissmässig klein, ihr fadenförmiger Körper zählt kaum eine Windung und trägt vorn zwei lange peitschenförmige Wimpern. Am hintern Ende desselben ist oft ein Bläschen zu erkennen (ss in Fig. 3), welches das Spermatozoid aber meist während des Schwärmens verliert.

Noch ist zu bemerken, dass im Grunde des Conceptaculum nebst dem gestielten Antheridium noch einige wenige kurze Paraphysen (pa pa Fig. 6) angetroffen werden, die in ihren Zellen Chlorophyllkörner enthalten. Auch sind häufig die Zellmembranen der das Conceptaculum und dessen Ausführungskanal (ö Fig. 6) auskleidenden Zellen zur Zeit der Antheridiumreife und später noch bis zum Absterben der ganzen Inflorescenz blauviolett gefärbt; ein Gleiches gilt von den schuppenförmigen Blättern (bl Fig. 5), die sich

an der einen Seite der männlichen Inflorescenz vorfinden.

Wird zu der Zeit, da eine Antheridienscheibe reif ist, ein Tropfen Wasser auf die Oberseite derselben gebracht, so verbreitet er sich meistens sehr schnell über die ganze Oberfläche: „nach wenigen Augenblicken haben sich schon mehrere Antheridien in diesen Tropfen entleert und er erhält dadurch alsbald ein ganz milchiges Aussehen“, eben wegen der ungeheuren Anzahl von Spermatozoiden, die sich rasch im ganzen Tropfen verbreiten.

Von Interesse ist es, die Bedingungen kennen zu lernen, unter denen die Befruchtung von *Marchantia polymorpha* vor sich geht: Die Geschlechtsorgane befinden sich, wie wir bereits gezeigt haben, auf besondere Receptakeln angeordnet. Im Anfang, da die ersten Archegonien und die ersten Antheridien reif sind, erscheinen die Receptacula (Inflorescenzen) noch kurzgestielt oder geradezu auf dem Thallus „sitzend“ (Fig. 1 h). Nun aber werden nicht alle Archegonien desselben Hutes gleichzeitig reif, sondern ihre Entwicklung vertheilt sich auf mehrere Wochen und ist eine centripetale, d. h. sie schreitet langsam von der Peripherie gegen den Stiel des Hutes vor, so zwar, dass hier in der Nähe des Stieles noch empfängnisfähige Archegonien angetroffen werden zu einer Zeit, da die randständigen, vom Stiele entfernten Archegonien schon längst befruchtet oder aber abgestorben sind. Aehnliches gilt von den Antheridien, die sich aber auf der Oberseite des männlichen Hutes in centrifugaler Richtung entwickeln, so dass dort die randständigen Antheridien zuletzt zur Reife gelangen, ebenfalls, um mehrere Wochen später, als die ersten, in Mitte der Antheridienscheibe gereifen.

Während dieser Entwicklungszeit der Geschlechtsorgane auf beiderlei Hüten strecken sich die Stiele der letzteren in die Länge: die Hüte werden nach und nach über den vegetativen Thallus emporgehoben und gerade während dieser Hebung werden die meisten Geschlechtsorgane zur Reife gebracht. Nun hat Strasburger beobachtet, dass zu allen Zeiten, bei sitzenden Receptakeln, wie bei länger gestielten, Befruchtung eintreten kann: So lange das weibliche Receptaculum auf dem vegetativen Thallus aufsitzt, werden die Halstheile der Archegonien stark auswärts (in der Richtung vom Stiele weg) und aufwärts gekrümmt und schauen mit ihrem Scheitel um den Rand des weiblichen Hutes (Fig. 1 h) nach Oben hervor. Fällt jetzt ein Tropfen Wasser, welcher Spermatozoiden enthält, auf den Fruchtkörper, so kann die Befruchtung leicht erfolgen. Bald ändern sich aber die Verhältnisse: der Stiel (st Fig. 2) beginnt sich zu strecken und der Huthheil der weiblichen Inflorescenz wird über den laubartigen, vegetativen Thallus emporgehoben; die Befruchtung könnte gar nicht mehr erfolgen, wenn nicht gleichzeitig aus dem Rande des Hutes, zwischen den Archegonien-Reihen sich weit herabreichende cylindrische Fortsätze, eben jene 9—14 strahlig angeordneten Lappen der Inflorescenz gebildet hätten. Der Hals der Archegonien wächst nun gerade nach Unten, ohne sich wesentlich zu krümmen. Lässt man jetzt einen Tropfen Wasser auf die Oberseite des Fruchtrügers fallen, so haftet er nicht an dessen convexer Oberfläche, sondern er

fliest zwischen den Strahlen hindurch und bleibt an denselben hängen, wobei ein Theil des Wassers leicht auch seinen Weg findet zu den die Archegonienreihen begleitenden Hüllblättern des Perichaetiums (**Pch** in Fig. 3 und 7). Von hier rinnen kleinere Tropfen abwärts an die nach Unten vorragenden oberen Halstheile der Archegonien, wie wir dies in unserer Hauptfigur (3) durch den Wassertropfen **aq** angedeutet haben. Gelangen nun an solche Tropfen in Folge Platzregens aus benachbarten Antheridiumständen entleerte Spermatozoiden (**s s** Fig. 3 im Tropfen **aq**), so kann auch selbstverständlich leicht die Befruchtung erfolgen.

Wie sich von selbst versteht, erfolgt die Befruchtung nur da, wo männliche und weibliche Pflanzen der *Marchantia polymorpha* durch einander gemischt vorkommen; im entgegengesetzten Falle verdorren die Inflorescenzen, ohne Früchte anzusetzen.

Kurze Zeit, nachdem der Halskanal sich geöffnet hat oder auch schon während des letzten Ausreifens der Archegoniumtheile unmittelbar vor der Befruchtung beginnt am Fusse des Archegoniums eine ringförmige Zellreihe sich als einschichtige Hülle, als Perianthium (**Pa Pa** Fig. 3 und 8) zu entwickeln. Dasselbe wächst zunächst becherartig rings um den Fusstheil des Archegoniums (**Pa** links in Fig. 3), dann weiter und weiter bis zum Scheitel des Bauchtheiles. Hat Befruchtung stattgefunden, so verschrumpft alsbald der Archegonium-Hals, während im Bauchtheil aus der sich nun wiederholt theilenden Eizelle ein grosser Gewebekörper entsteht, der sich nach und nach zur sog. Moosfrucht, zum Sporogonium entwickelt (**Sg** in Fig. 7 und 8). In jungem Zustand bleibt das Sporogonium nicht nur von der Bauchwand des Archegoniums und den Resten des Halses als Calyptra, sondern auch von dem Perianthium, welches als zarte, farblose, am Scheitel längsgefaltete Haut dem Archegoniumbauch aussen dicht anliegt, eingeschlossen.

Das Sporogonium („Moosfrucht“), wohl auch „Sporenfrucht“ genannt, repräsentirt bekanntlich eine neue, und zwar eine geschlechtslose Generation. Im ausgewachsenen Zustand besitzt es einen kurzen Stiel (**st'** in Fig. 8), der während seiner Verlängerung Anlass gibt zum Zerreißen des vorhin beschriebenen Perianthiums (**Pa** und **Pa'** Fig. 8). Letzteres öffnet sich bei *Marchantia polymorpha* 4-spaltig, indem die gestielte Sporenfrucht (**Sg**) zwischen den 4 Lappen (**Pa'** Fig. 8) des trockenhäutigen Perianthiums hervorragt. Die sporenerfüllte Kapsel oder Büchse des Sporogoniums (**Sg** Fig. 8) ist beinahe kugelig und öffnet sich am Scheitel durch 8 sich zurückrollende Zähne, wie wir dies in Fig. 8 dargestellt haben. Die grösste Masse des Kapsel-Inhaltes besteht aus kugeligen, schwefelgelben Sporen (**sp** Fig. 8 und 9); bei der Aussaat der letzteren spielen aber die spindelförmigen, mit 2 nach Innen vorspringenden Spiralleisten ausgestatteten Schleudern oder Elateren (**el** Fig. 8 und 9) eine wichtige Rolle. Diese letzteren liegen der Innenwand der Sporenfrucht an und beginnen — weil sie sehr hygroskopisch sind — unmittelbar nach dem Aufspringen der Kapsel sich lebhaft zu krümmen, wobei die leichten Sporen herausgeschleudert werden. Wie Fig. 7 zeigt, können unter günstigen Umständen an einem und demselben Fruchtstand 12–20 reife Sporenfrüchte zu gleicher Zeit entleert werden. Wei-

teres über die Aufgabe und das Schicksal der Moossporen wolle man im Text zur Tafel mit *Polytrichum gracile* nachlesen.

Fig. 1. Thallusstück mit zwei jungen weiblichen Inflorescenzen **h**, deren Stiele noch kurz sind, während auf der Unterseite des Huttheiles bereits empfängnisfähige Archegonien, wie sie in der Hauptfigur (3) dargestellt wurden, angetroffen werden. Nach einem lebenden Objekt gezeichnet den 8. Mai 1882. Vergrösserung 14.

Fig. 2. Thallusstück mit etwas älteren, weiblichen Inflorescenzen. Alle Theile der letzteren haben sich vergrössert; der Hutstiel **st** ist verlängert, wodurch der Huttheil **h** bedeutend über den Thallus emporgehoben wurde. Vergr. 8,5.

Fig. 3. Hauptbild. Fragment eines senkrechten, tangentialen Längsschnittes durch den Huttheil einer geschlechtsreifen weiblichen Inflorescenz, mit zwei vollständig entwickelten Archegonien. **Pch Pch** — noch ganz junges Perichaetium, dessen Basis mehrere Zellschichten mächtig ist. Die oberen (in der Figur abwärts gerichteten) Partien bestehen dagegen nur aus einer Schicht von Zellen, die in diesem Entwicklungsstadium sich lebhaft theilen, jede einen deutlichen Zellkern, feinkörniges, farbloses Wandplasma und mehr oder weniger zahlreiche grosse Chlorophyllkörner enthaltend. **Pa Pa** — Anlagen des Perianthiums an der Basis der beiden Archegonien. **Bw** — Bauchwand des Archegoniums. **Ov** — die Eizelle im Bauchtheil des Archegoniums, **N** — deren Zellkern. Beim linksstehenden Archegonium ist der Bauchtheil im optischen Längsschnitt gezeichnet, beim rechtsstehenden dagegen von Aussen gesehen, so dass hier die Eizelle **Ov** und die Bauchcanalzelle **Bc** nur durch die Wandzellen **Bw** durchschimmern. **Ca Ca** — Archegonium-Canal; **Hw Hw** — Halswand; **dz dz** — oberste Zellen (Deckzellen) des Archegoniumhalses. Der Canal **Ca** des rechtsstehenden Archegoniums ist noch geschlossen, die Verschleimung der Halscanalzellen hat jedoch schon begonnen, während beim linksstehenden Archegonium der Halstheil geöffnet und daher durch den Austritt von Schleim der Canal gangbar ist; hier liegen im ausgetretenen Schleim vor der Canalöffnung auch schon mehrere Spermatozoiden **s' s'**, die vorher, wie die andern (**s s s**) frei im Wassertropfen **aq** herumschwärmten und nun den Eingang zum geöffneten Archegonium suchen, um schliesslich — einzeln (oder zu mehreren?) im farblosen Empfängnisfleck **o** des Eies **ov** zu versinken. Vergrösserung 1620.

Fig. 4. Fragment eines Thallusstückes mit einer männlichen Inflorescenz **ah** und einem Brutbecher **b b**. Vergrösserung 8,5.

Fig. 5. Fragment des senkrechten radialen Längsschnittes durch die männliche Inflorescenz. **st** — oberer Theil des Stieles. **bl bl** — Blätter; **co co** — leere Conceptacula; **an**

an — Antheridien, die eben ihren Inhalt nach Oben in den Wassertropfen aq entleeren. Vergrößerung 45.

Fig. 6. Fragment dieses Schnittes bei 400-facher Vergrößerung, den Bau des Antheridiums **Ant** und der dasselbe umgebenden Theile der männlichen Inflorescenz zeigend. **Sp** — Spermatozoiden-Mutterzellen, die den ganzen Innenraum des Antheridiums erfüllen und in wag- und senkrechte Reihen angeordnet erscheinen. Der ganze Inhalt lässt noch deutlich die 6 Etagen erkennen. **pa** — kleine Paraphysen im Grunde des Conceptaculums; **st** — Stiel des Antheridiums. **ö** — Mündung des Conceptaculums. **ep ep** — Epidermis, **aö** — Athemöffnung; **ah** — Athemhöhlen. **chl** — chlorophyllhaltige, verzweigte Zellreihen des Assimilationsgewebes.

Fig. 7. Reifer weiblicher Hut, schief von Unten gesehen; **str** — Strahlen des obern Huttheiles; **Pch** — Perichaetium; **Sg** — reife Sporogonien, die sich während des Zeichnens in trockener Zimmerluft öffneten, ihr schwefelgelbes Sporenpulver und ihre Schleudern entlassend. Vergrößerung 9. (Nach der Natur gezeichnet den 20. Juli 1881).

Fig. 8. Ein einzelnes reifes und sich eben entleerendes Sporogonium **Sg** nebst dem vierlappig geöffneten Perianthium **Pa**. **st** — Stiel des Sporogoniums; **el** — die Elateren, **sp** — Sporenpulver. Vergrößerung 63.

Fig. 9. Reife Sporen **sp sp** und Elateren **El**, bei 576-facher Vergrößerung.

(Alle Figuren sind nach dem Leben gezeichnet).

- Literatur:** **Strasburger, E.** Die Geschlechtsorgane und die Befruchtung bei *Marchantia polymorpha*, in Pringsheim's: Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik, Bd. VII. pag. 409—422 und Tafel XXVII und XXVIII. Leipzig, 1869/70.
- Derselbe. Ueber Befruchtung und Zelltheilung. pag. 12—14 und Tafel I. Jena 1878.
- Leitgeb H.** Die Inflorescenzen der Marchantiaceen, im LXXXI. Bande der Sitzungs-Berichte der K. Academie. Wien 1880.
- Sachs, J.** Lehrbuch der Botanik, IV. Auflage. Leipzig 1874.
- Lürssen, Chr.** Medicinisch-pharmaceutische Botanik. I. Bd. Leipzig 1878.
- Müller, N. J. C.** Handbuch der Botanik. II. Band. Heidelberg 1880.
- Göbel, K.** Grundzüge der Systematik und der speciellen Pflanzenmorphologie. Leipzig 1882.

Polytrichum gracile, Menz.

Unter den Laubmoosen, Musci, nimmt die Gruppe der Polytricheen eine der höchsten Stufen der Differenzierung ein; wir haben daher zur Darstellung des anatomischen Baues der sogen. Moosfrucht eines der schönsten Moose jener Gruppe: *Polytrichum gracile*, Menz., das zierliche Widerthon-Moos gewählt.

Bekanntlich zeigen die Laubmoose einen regelmässigen Generationswechsel in der Art, dass jeweilen auf eine geschlechtliche Generation eine ungeschlechtliche und auf die ungeschlechtliche Generation je wieder eine geschlechtliche folgt.

Die **geschlechtliche Generation** ist das beblätterte Moospflänzchen. Die **ungeschlechtliche**, sporenbildende Generation ist die sogen. „Moosfrucht“, das Sporogonium, bei den höchstdifferenzirten Moosen eine langgestielte Kapsel (capsula, theca) darstellend.

Polytrichum gracile bildet auf feuchtem Torfboden und sumpfigen Wiesen Europa's perennirende, dichte Rasen, deren untere Theile in dem Masse absterben und humificiren, wie die oberen Theile Jahr um Jahr durch Scheitelwachsthum an Länge zunehmen. Die ältesten, absterbenden, braunroth gefärbten Theile (Fig. 1 unterste Partie) sind verzweigt und dicht verfilzt; aufwärts sind die beblätterten Sprosse dagegen unverzweigt, einfach. Der dichtgeschlossene, lebhaft grüne Rasen kann mächtige Ausdehnungen annehmen und Flächen von 1 bis mehreren Quadratmetern bedecken.

Das (gefässlose) Stämmchen wird bis 1 Millimeter dick und ist mit aufrecht-abstehenden, lanzett-pfriemlichen Blättern besetzt, die im obern Theile des Stengels lebhaft grün gefärbt sind, abwärts aber sich successive durch Gelbgrün ins Hellbraune, Braunrothe und Dunkelbraune verfärben (Fig. 1). Die Blätter, an der ganz frischen Pflanze wagrecht abstehend, sind am obern Ende scharf zugespitzt, am Rücken gekielt und mit ihren fein sägezahnigen Rändern nach Oben umgebogen; der Kiel selbst ist meist gesägt. Sowie man die Pflanze ihrem natürlichen, feuchten Standorte entnimmt und sie in eine trockene Atmosphäre versetzt, legen sich die erst wagrecht abstehenden Blätter innerhalb weniger Minuten, nach Oben klappend, dicht an den Stengel (vergl. in Fig. 1 die beiden männlichen Pflanzen ♂♂, von denen die rechts stehende die Blätter in natürlicher Lage zeigt — die Pflanze wurde in feuchter Kammer liegend gezeichnet — während die links stehende Pflanze während des Zeichnens ihre Blätter in angegebener Weise nach Oben an den Stengel legte).

Das „zierliche“ Widerthon-Moos“ ist zweihäusig: die einen Pflänzchen bilden männliche Organe, Antheridien, während die andern Pflänzchen weibliche Organe, sogen. Archegonien bilden.

Beiderlei Organe entstehen dicht am Scheitel der beblätterten Axen, in den sog. „Moosblüthen“.

Unter allen Moosen besitzt *Polytrichum gracile* die ansehnlichsten „männlichen Blüthen“ (vergl. in Fig. 1 bei ♂♂ die Theile **pe**, **pe'** & **pe''**). Letztere bestehen aus breiten kurzen, am obern Theil horizontal ausgebreiteten Hüllblättern, die in einer Spirale aufeinander folgend gegen das Centrum der Blüthe hin immer kleiner werden. In den Achseln dieser braungelben bis purpurrothen Hüllblätter stehen die männlichen Organe, die **Antheridien**, welche bei ihrer Reife eine Menge lebhaft beweglicher Spermatozoiden in das (Thau- oder Regen-) Wasser entlassen. (Da wir an anderer Stelle die männlichen und weiblichen Organe von Moosen darstellen werden, so enthalten wir uns hier der Beschreibung dieser beiderlei Organe). Eigenthümlich ist der Umstand, dass nach der Entleerung der Antheridien die scheitelständige männliche Blüthe vom fortwachsenden Stämmchen durchwachsen wird, derart, dass mitten aus dem Perigonium (männliche Blüthenhülle) sich ein neuer Laubspross erhebt, wie dies in Fig. 1 ♂♂, oben bei **pe pe** zur Darstellung gelangte. Dasselbe Stämmchen kann mehrere Jahre hinter einander jeweilen eine männliche Blüthe bilden, aus welcher sich jedesmal ein neuer Spross erhebt, der ebenso mit einer männlichen Blüthe abschliesst. Da nun aber die Perigonblätter nicht leicht abfallen oder verwesen, so trifft man häufig mehrjährige männliche Pflanzen, die 4, 5 oder noch mehr aufeinander folgende, in regelmässigen Abständen am Stengel stehende Perigone aufweisen. In Fig. 1 ist die rechts stehende männliche Pflanze mit drei solcher Perigone versehen, von denen das oberste, jüngste die männlichen Organe einschloss, aus denen die Spermatozoiden zur Befruchtung der weiblichen Organe auf den Pflänzchen ♀♀ (links in Fig. 1) herstammten.

Die weibliche Blüthe ist bei *Polytrichum* ebenfalls terminal, aber mit keiner auffälligen Hülle versehen. Die weiblichen Organe, die Archegonien, sind flaschenförmige Gebilde mit einem Halstheil und einem Bauchtheil, von denen der letztere die eigentliche Eizelle enthält. Wenn die letztere durch ein Spermatozoid befruchtet ist, so entwickelt sich ein vielzelliger Gewebekörper, der Embryo zur nächsten Generation, dessen erste Entwicklung noch innerhalb des weiblichen Organes, des einige Zeit weiter wachsenden Archegoniums stattfindet. Hat der Embryo jedoch eine gewisse Grösse erreicht, so stellt das Archegonium sein Wachsthum ein und wird von dem in die Länge wachsenden Embryo zerrissen, so zwar, dass der obere Theil des Archegoniums als sogen. **Mütze** (**calyptra**) auf dem obern Theil des Embryos sitzenbleibt und bei weiterer Streckung des letzteren hoch über die weibliche Pflanze emporgehoben wird.

Jener Embryo, die Anlage zur **geschlechtslosen, sporenerzeugenden** Generation differenzirt sich beim weitem Wachsthum in die gestielte „Moosfrucht“, das sogen. Sporogonium. Letzteres, obschon mit seinem untersten Theil im Scheitelgewebe der weib-

lichen Pflanze fassend, aber keineswegs mit letzterer verwachsen, ist als selbständige Generation aufzufassen; wir können sie — an früher behandelte Verhältnisse niedrigerer Kryptogamen anschliessend — mit der Zygospore bei *Ulothrix zonata* (vergl. die Tafel gleichen Namens) vergleichen.

Wir haben in Fig. 1 der vorliegenden Tafel ein Habitusbild nicht allein der beiderlei Geschlechtspflanzen, sondern auch von der Moosfrucht in fast-reifem und reifem Zustande gegeben. Die zwei noch beinahe ganz aufrecht stehenden langgestielten Kapseln sind fast reife Sporogonien. Die links stehende der beiden grünen Kapseln (in der Ecke links oben) ist noch von der Mütze (calyptra) *ca* bedeckt, während beim andern Sporogonium die Calyptra entfernt wurde, um den Deckel *cu* zur Anschauung zu bringen. Auch die Stiele *se se* dieser beiden Moosfrüchte sind im obern Theil noch grün, während sie unten purpurroth erscheinen.

Zwischen diesen beiden noch nicht ganz reifen Sporogonien ist eine reife Moosfrucht *K'* dargestellt. Die Kapsel *K'* ist gelbbraun gefärbt und nach der Seite geneigt; auch der obere Theil des Stieles *se* ist jetzt lichtbraun; nur der ganz unterste Theil, welcher von den Scheitelpartien des mütterlichen Pflänzchens umgeben war (links unten in der Ecke) ist bis zu diesem Stadium grün geblieben. Die Calyptra *ca'* war auch in diesem Entwicklungszustand noch über den Deckel *cu'* gestülpt. Sie wird in der Regel auch erst mit dem Deckel von der reifen Kapsel abgehoben.

Die Befruchtung der Archegonien und die unmittelbar darauf folgende Bildung der „Moosfrucht“-Anlage findet im Winter oder früh im Frühjahr statt. Im Mai zeigen die Sporogonien bereits die Grösse der in Fig. 1 über den Pflänzchen ♀♀ dargestellten Sporogonien. Im Juni reifen die letztern aus und gleichen dann, unmittelbar vor der Sporen-Aussaat, dem in Fig. 1 *K'* dargestellten Sporogonium.

Der anatomische Aufbau des Sporogoniums ergibt sich aus Fig. 2.

Das Sporogonium besteht aus zwei wesentlich verschiedenen Theilen:

- a) aus dem Stiel, der Seta;
- b) aus der Kapsel, Urne, (capsula, theca).

Der Stiel ist ein cylindrischer, mehrere Centimeter langer Gewebekörper ohne Gefässe (Fig. 2 *se*). Die Kapsel oder Urne dagegen zeigt eine sehr weit gehende Differenzirung. Der unterste Theil derselben ist bei *Polytrichum gracile* ein scharf abgesetzter Hals (Apophyse) *Ap*, einen soliden Gewebekörper darstellend und steril; auf diesen Theil bauen sich die verschiedenen Gewebe des fertilen, sporenbildenden Kapseltheiles, des Mittelstückes auf, während letzteres selbst wieder überkrönt wird von dem kegelförmig zugespitzten, soliden Deckel *cu* Fig. 2.

Der mittlere (wichtigste) Theil der Kapsel ist beinahe cylindrisch, in reifem Zustande undeutlich

6-kantig (vergl. den Querschnitt in Fig. 7), im untern Drittel etwas dicker als oben, wo er gegen den Deckel hin etwas verjüngt erscheint. In seiner Axe, die Mitte der Urne einnehmend und den Gewebekörper des Halses (der Apophyse *Ap*) mit dem Gewebekörper des Deckels *cu* verbindend, verläuft ein Gewebecylinder mit farblosen Zellen *C*, den die Bryologen passend das Säulchen (Columella) genannt haben. Seine peripherische Zellschichte enthält reichlich Chlorophyllkörner. Rings um die Columella folgt ein luftführender, mantelförmiger Hohlraum *iii*, der bei *Polytrichum gracile* bis an die Aussenwand *W* der Kapsel reicht, aber in seiner Mitte, an grünen, chlorophyllhaltigen fädigen Zellreihen aufgehängt, den Sporensack *sps* enthält; der letztere ist im Querschnitt ein in sich selbst zurücklaufendes, darmartig gekrümmtes oder gefaltetes Gebilde (vergl. Fig. 7 *sps*), das im Längsschnitt (Fig. 2) rechts und links von dem Säulchen den ganzen luftführenden Hohlraum *iii* vom Deckel an bis zum Hals hinunter durchsetzt.

Die Wand des Sporensackes lässt in jugendlichem Zustande deutlich zwei verschiedene Zellschichten erkennen, von denen die innere aus kleinen Zellen besteht, die bis zur Sporenreife braun und fast bis zur Unkenntlichkeit verändert werden, während die äussere Zellschichte des Sporensackes aus grösseren Zellen besteht, die zahlreiche stärkebildende Chlorophyllkörner enthalten und durch die grünen verzweigten Zellfäden, die den luftgefüllten Zwischenraum *ii* durchsetzen, mit der grünen Zellschichte der Sporogonium-Wand und der Columella in Verbindung stehen (Fig. 2 und Fig. 7 *fff*). Während also der Sporensack allseitig von einer grünen Zellschichte begrenzt wird, erscheint er zur Zeit der Reife auf der Innenseite (dem Sporenraum zugekehrt) von einer braunen Zellschichte austapezirt. Er ist auch in der Längsrichtung (vergl. Längsschnitt in Fig. 2) gefaltet und unregelmässig gebuchtet. Sein ganzer Innenraum ist von zahlreichen kugelligen Sporen (*sp* in Fig. 2 & 7) erfüllt, die in reifem Zustand bräunlich-gelb gefärbt sind. Nach meiner Berechnung enthält die reife Sporenkapsel von *Polytrichum gracile* ca. 1½ Millionen Sporen.

Ausserhalb des luftführenden Raumes *ii*, in welchem der Sporensack an den grünen Zellfäden aufgehängt ist, stossen wir auf die Sporogonium-Wand selbst. Diese besteht aus mehreren Zellschichten, von denen die peripherisch gelegene sich zu einer sehr charakteristischen, aussen stark cuticularisirten Epidermis differenzirt, während die innerste, an den luftführenden Raum grenzende Schichte in ähnlicher Weise mit zahlreichen Chlorophyllkörnern ausgestattet ist, wie die durch die grünen Zellfäden mit ihr verbundene peripherische Schichte des Sporensackes. Die Epidermiszellen, sowie die zwischen ihr und der innersten (grünen) Schichte liegenden Zellschichten sind arm an Protoplasma und schliessen ohne Intercellularräume dicht zusammen (vergl. Fig. 2 und 7). Bekanntlich zeigen sich in der Epidermis des untern Sporogoniumtheils (an der Apophyse) eigenthümliche Spaltöffnungen, während sonst alle übrigen Theile der Laubmoose der Spaltöffnungen entbehren.

Gegen den obersten Theil der Mooskapsel, den Deckel **cu** hin breitet sich das farblose grosszellige Gewebe der Columella **C** derart aus, dass dort, wo der Querdurchmesser wieder ein grösserer ist, das ganze Sporogonium von einem scheibenförmigen, farblosen Gewebekörper quer durchsetzt ist, welcher beim Abwerfen des Deckels, in ein dünnes Häutchen zusammenschrumpfend, als sogen. Epiphragma (**eee** in Fig. 2 und **ep** in Fig. 3) den Zähnen des Mündungs-Besatzes (Peristom **pe** in Fig. 3) anhaftet.

Ueber dem Epiphragma (**eee**) folgt der Deckel (**operculum**), ein solider grosszelliger Gewebekörper von kegelförmiger Gestalt, dessen innere Basis auf dem Epiphragma aufliegt und von letzterem im Längsschnitt (Fig. 2) durch die braune Färbung der Zellwände leicht zu unterscheiden ist. Der peripherische, ringförmige Theil der Basis des Deckels umrahmt die Peripherie des Epiphragmas und liegt auf einem Ring **a** mit stark verdickten, rothwandigen Zellen, welche in ihrer Gesamtheit, den obern Rand der Urne bildend, als Ring (annulus) bezeichnet werden. Die Zellen dieses Ringes (**aa** in Fig. 2) zeichnen sich vor den übrigen Wandzellen durch grosse Elasticität und durch hygroskopische Eigenschaften aus, welchem Umstande es zuzuschreiben ist, dass zur Zeit der Sporenreife eine namhafte Gewebespannung entsteht, in Folge welcher der Deckel abgeworfen wird (Fig. 3 und 4).

Nach dem Abwerfen des Deckels bildet der bleibende Rest des rothfarbigen Ringes den Mundrand der Kapsel. Diese Mündung ist aber keineswegs glatt, sondern mit 64 aufstrebenden blassgelben Zähnen versehen, die wie die Zacken einer Krone den sporenlassenden urnenförmigen Kapseltheil überragen; sie bilden zusammen den sogen. Mündungs-Besatz, das Peristom, das ja bekanntlich bei den verschiedenen Moosgattungen und Moos-Arten verschieden gebaut ist.

Die Zähne des Peristoms werden bei *Polytrichum gracile* von regelmässig angeordneten Bündeln dickwandiger Faserzellen gebildet, welche innerhalb der ringförmigen Basis des Deckels an der Peripherie des Epiphragmas (Fig. 2 **pe pe**) dem Ring (**a**) aufgesetzt sind. Diese Bündel der Peristom-Fasern sind hufeisenförmig; die aufwärts gerichteten Schenkel je zweier Bündel bilden zusammen einen der 64 Zähne, an denen nach dem Abwerfen des Deckels das zusammengeschrumpfte Epiphragma haften bleibt (vergl. Fig. 3 **pe** und **ep**). Da die Sporenkapsel von *Polytrichum gracile* zur Reifezeit nach der Seite überneigt, so fallen die trockenen, durch das Zerreißen des Sporensackes und in Folge des Abwerfens des Deckels in Freiheit gesetzten Sporen bei der geringsten Bewegung oder Erschütterung des Sporogoniums zwischen den Peristom-Zähnen heraus (Fig. 3). Dasselbe geschieht bei bewegter Atmosphäre; jeder Windstoss entführt den eben geöffneten Kapseln Tausende von trockenen, gelben oder gelblichbraunen Sporen. Zuletzt löst sich auch das Epiphragma von den Peristom-Zähnen ab und der Rest der Sporen findet nun das Ausgangsthor weit geöffnet.

Bringt man reife, eben zur Aussaat gelangte Sporen in Wasser, so erkennt man bei starker Vergrößerung ohne Mühe die Inhaltsbestandtheile (Fig. 5 und 6). Der kugelige Sporenraum ist von grösseren und kleineren farblosen Oeltropfen **ol**, von formlosem grünem Plasma und von kleinen farblosen Plasmakörnern erfüllt; hingegen wird man umsonst nach einem deutlich erkennbaren Zellkern suchen. Die äussere Sporenhaut (Exospor) ist bräunlich gefärbt und kleinwarzig verdickt.

Die Sporen von *Polytrichum gracile* scheinen ihre Keimfähigkeit nur kurze Zeit zu behalten; denn von verschiedenen Aussaaten, die ich Mitte Juni, Ende Juni und im Juli vornahm, die alle unter gleichen Verhältnissen auf feuchtem Filterpapier in feuchter Kammer gehalten wurden, war nur die erste, Mitte Juni von Erfolg, während alle späteren Aussaaten fehlschlugen.

Wir haben in Fig. 8 die ersten Keimungsstadien dargestellt. Bei der links liegenden Spore ist die Keimpapille noch kurz, nur wenig über das zerrissene Exospor hervorragend, während bei dem rechts liegenden Keim die Papille bereits zu einem beträchtlich langen Schlauch ausgewachsen ist, ohne dass bisher eine Zelltheilung durch Bildung einer Querwand stattgefunden hätte. Die Oeltropfen, welche ursprünglich den grössten Raum des Sporen-Innern erfüllten, sind verschwunden, ebenso die farblosen Plasmakörner, während das ursprünglich formlose Plasma sich in langgestreckte grosse Chlorophyllkörner differenziert hat. Beide Keimpflänzchen wurden am 30. Juni, 14 Tage nach der Aussaat gezeichnet.

Bekanntlich geht aus der keimenden Spore der Laubmoose ein algenähnlicher fädiger Vorkeim, das Protonema hervor, welches längere Zeit ein selbständiges Leben führt und erst später auf dem Wege der Sprossung beblätterte Stengelpflänzchen erzeugt. Die Darstellung der diesbezüglichen Verhältnisse muss Gegenstand einer weitem Tafel werden.

Fig. 1. Habitusbild der männlichen und weiblichen Moospflanze sammt Sporogonium. Vergrößerung $9\frac{1}{2}$. ♀♀ — Zwei weibliche Pflänzchen mit den langgestielten Sporenkapseln **K**; letztere sind noch nicht ganz reif, grün. **ca** — Mütze, calyptra. **cu** — Deckel, Operculum; **se se** — Stiel oder Seta der Moosfrucht. **K'** — reife Sporenkapsel, auf die Seite geneigt; **cu'** — Deckel; **ca'** — dazu gehörende Calyptra; **se'** — Seta. ♂♂ — Zwei männliche Pflänzchen mit den männlichen Blütenhüllen **pe, pe, pe' & pe''**.

Ueber den jüngsten Blütenhüllen **pe pe** wächst das Stengelchen zu einem neuen Sprosszusatz aus.

Fig. 2. Medianer Längsschnitt durch die fast reife Sporenkapsel. Vergrößerung $100\frac{1}{2}$. Gezeichnet den 1. Juni 1880. **se** — Seta; **Ap** — Halstheil (Apophyse) der Kapsel. **WW** — Wand der Kapsel; **CC** — Columella; **iiii** — luftgefüllter, von grünen, verzweigten Zellfäden **ff** durchzogener Innenraum der Kapsel.

sps, sps — Sporensack, **sp** — Sporen; **o o o** — das als Fortsetzung der Columella erscheinende Gewebe des Epiphragmas (der sog. Paukenhaut). **a a** — der Ring, annulus. **pe pe** — Peristom, Mündungsbesatz; **cu** — Deckel, Operculum.

Fig. 3. Reife Sporenkapsel nach dem Abwerfen des Deckels, von Aussen gesehen. Vergr. $\frac{38}{1}$. Gezeichnet den 23. Juni 1880. **pe** — Peristom, **sp** — die zwischen den Peristomzähnen austretenden Sporen. **ep** — Epiphragma.

Fig. 4. Der zu Fig. 3 gehörende Deckel der Sporen-

Kapsel.

Fig. 5. Eine reife Spore im optischen Durchschnitt. Vergrößerung $\frac{3100}{1}$. **ol ol** — Oeltropfen des Sporen-Inhaltes.

Fig. 6. Eine mit Gewalt zum Platzen gebrachte reife Spore. Vergrößerung $\frac{3100}{1}$.

Fig. 7. Querschnitt durch eine reife Sporenkapsel, bei 100facher Vergrößerung. Bezeichnung wie in Fig. 2.

Fig. 8. Zwei keimende Sporen, 14 Tage nach ihrer Aussaat, bei 3000facher Vergrößerung.

(Alle Figuren sind nach dem Leben gezeichnet).

Literatur. Sachs, Dr. Julius. Lehrbuch der Botanik.

Lürssen. Medicinisch-pharmaceutische Botanik. 1878/79.

(In diesen beiden Lehrbüchern ist auch die ältere Literatur verzeichnet).

Lürssen. Grundzüge der Botanik. II. Aufl. 1879.

Behrens. Allgemeine Botanik. 1880.

Speziell für die Kenntniss der Sporogonien-Entwicklung bei Polytrichum lieferte Lantzius-Beninga eine werthvolle Arbeit in seiner Dissertation: De evolutione sporidiorum in capsulis muscorum. Göttingen 1844.

Aspidium Filix mas Sw.

Die vorliegende Tafel soll die ungeschlechtlichen Fortpflanzungsorgane der Farnkräuter demonstrieren, während eine andere Tafel die geschlechtliche Generation mit den beiderlei Sexualorganen zur Anschauung bringen wird. Bekanntlich repräsentirt die aus Stamm, Wurzeln und Blättern bestehende Farnpflanze die ungeschlechtliche Generation, die ohne irgend einen Sexualact Sporen erzeugt, aus denen beim Keimen die geschlechtliche Generation, das unscheinbare Prothallium mit männlichen und weiblichen Organen (Antheridien und Archegonien) hervorgeht, während diese zweite, unscheinbare Generation hinwieder in Folge eines Sexualactes die eigentliche Farnpflanze, die geschlechtslose Generation erzeugt.

Aspidium Filix mas Sw., der männliche Schildfarn, einer der gemeinsten Farne Europa's, besitzt einen unterirdisch wachsenden Stamm, aus welchem sich jedes Frühjahr eine grössere Anzahl, meist in eine Rosette angeordneter Blätter über die Erde erhebt. Das einzelne Blatt, oft die Länge eines Meters erreichend, ist doppelt gefiedert und wächst, wie alle Farnblätter, mit seinen obern Theilen in die Länge und zwar derart, dass die unteren Blattheile oft schon beinahe ihre volle Entwicklung erreicht haben, während an der bischofsstabähnlich eingerollten Blattspitze immer noch ein lebhaftes Wachstum stattfindet. Auf günstigen Standorten bilden meist alle Blätter auf der Unterseite sporenbildende Apparate, während an weniger zugänglichen Standorten die meisten Blätter steril bleiben. Fertile und sterile Blätter besitzen jedoch die gleiche Form und Differenzirung mit dem einzigen Unterschied, dass jene ersteren eben Sporangien bilden, die letzteren dagegen nicht.

Die Fiederblättchen (Fig. 5) sind stumpf gezähnt und werden je von einem, nach rechts und links sich gabelig verzweigenden Mittelnerv durchzogen. Auf der Blattunterseite erheben sich stellenweise über den Gabelästen der Nervatur kleine Gewebepolster, auf denen je 150—160 verschieden langgestielte Kapseln stehen, die zusammen von einem schildförmigen Häutchen, dem sogen. Schleierchen (Indusium) — *ind ind* Fig. 5 — bedeckt werden. Man nennt eine Gruppe solcher gestielter Kapseln *sorus*; in Fig. 5 sehen wir auf der Unterseite des dargestellten Fiederblättchens nicht weniger als 9 Sori, von denen 4 noch vollständig von den Schleierchen bedeckt sind, während bei den fünf andern die gestielten braunen Kapseln in Folge Einschrumpfens der Schleierchen zum grossen Theil entblösst erscheinen.

Führen wir durch einen reifen Sorus mit wohlentwickeltem Indusium in der Richtung der Linie *x—y* Fig. 5 einen senkrechten Schnitt, so erkennen wir auf demselben, da er zugleich Blattquerschnitt ist, alles das, was in Fig. 1 dargestellt ist. Zwischen der oberen (*os*) und der unteren (*el*) Blattepidermis findet sich ein lockeres Gewebe unregelmässiger Parenchymzellen mit grünen Chlorophyllkörnern. Dieses Gewebe, das Mesophyll ist reich an luftführenden Intercellularräumen, die unter sich und durch die Athemhöhlen *a* und die in der untern Blattepidermis liegenden Spaltöffnungen *st* mit der äussern Atmosphäre com-

municiren. Bei *GGG* sehen wir das grüne Mesophyll von drei, hier senkrecht durchschnittenen Gefässbündeln durchzogen. Ueber einem dieser Gefässbündel, dem mittleren erhebt sich auf der Unterseite des Blattes ein rundes Gewebepolster, dessen Inneres aus spiralg verdickten Gewebezellen besteht, welche ihrerseits nichts anderes darstellen als eine Abzweigung des unter dem Sorus liegenden Gefässstranges. (Der Zusammenhang des Gefässstranges mit den Spiralzellen des Gewebepolsters ist in unserer Figur nicht ersichtlich, da dieser Schnitt die Communicationsstelle verfehlte). Ueber dem Gewebepolster erhebt sich das dickgestielte schildförmige Schleierchen (*ind ind* Fig. 1 & 5), dessen Gesamtumriss nierenförmig ist (Fig. 5), während der senkrechte Durchschnitt zeigt, dass das Schleierchen in seiner grössten Ausdehnung aus einer einzigen Zellschicht besteht, deren Zellen eine farblose Flüssigkeit, einen kugeligen Zellkern und etliche kleine Plasmakörner enthalten. Die peripherischen Theile des Indusiums sind so gegen die untere Blattfläche gebogen, dass sie die letztere beinahe erreichen und dadurch die gestielten Sporenkapseln (Sporangien) *sp sp* fast vollständig gegen die Aussenwelt abschliessen. Auf dem runden Gewebepolster entspringen die nach allen Seiten ausstrahlenden gestielten Sporangien *sp sp* und zwischen diesen letztern einige sogen. Paraphysen, welche nichts anderes als unentwickelte, in der Weiterbildung zurückgebliebene, also abortirte Sporangien darstellen (*pa pa*). Das Indusium sowohl, als auch die Paraphysen und die zahlreichen Sporenkapseln sind, morphologisch betrachtet, nur Bekleidungsorgane, Trichome, welche ihren Ursprung aus der Epidermis nehmen.

Es ist fast selbstverständlich, dass die Stiele der Sporenkapseln ungleiche Länge haben müssen, wenn in dem engen Raume zwischen Indusium und unterer Blattfläche alle 150—160 Sporangien Platz haben und ihre volle Entwicklung erreichen sollen. In der That sind denn auch die einen Sporangien kurz-, die andern langgestielt, wie dies Fig. 1 zur Anschauung bringt. Die Stiele selbst erscheinen im Querschnitt aus 3 Zellen zusammengesetzt, (Fig. 1 *ca' ca'*); sie bestehen also aus drei parallel verlaufenden dicht an einander liegenden Zellreihen. —

Nicht selten trägt der Sporangiumstiel auf einem wenigzelligen Zweig eine Drüse von kugelige Gestalt (Fig. 1 *dd*), welche dieser Farn-Species eigenthümlich ist.

Die Sporenkapsel selbst zeigt eine eiförmige Gestalt, indess erscheint sie von zwei Seiten etwas zusammengedrückt. Die Wand besteht aus einer einzigen Zellschicht, die sich jedoch in zwei wesentlich verschiedene Partien theilt. Von der Basis der Kapsel, also von der Insertionsstelle des Sporangiumstieles an, sehen wir eine Reihe von Wandzellen bis zum Scheitel der Kapsel und von da an auf der andern Seite noch die halbe Länge hinunterlaufen. Diese Reihe ganz gleichartiger Zellen bildet beinahe einen ganzen Ring von nach aussen vorspringenden Zellen (letztere in der Zahl von 12 bis 16 variirend). Die Ebene, in welcher der Ring (anulus) verläuft, fällt mit der Längsaxe der Sporenkapsel zusammen. Die radialen Zellwände, sowie die dem sporenerfüllten Kapselraum angrenzenden Wände der Ringzellen

sind sehr stark verdickt (Fig. 2 an) und orange gelb bis braunroth gefärbt, während die übrigen Zellwände des Ringes zart und nur citronengelb gefärbt sind. Die übrigen Zellen der Kapselwand sind ungleich gross, zartwandig und fast farblos (m in Fig. 2 & 3).

Der Hohlraum der reifen Sporenkapsel ist von Sporen erfüllt. Diese entstehen aus 16 Sporenmutterzellen, indem jede der letzteren sich in 4 Zellen theilt, wobei im Ganzen also 64 einzelne Sporen entstehen. (Jene 16 Sporenmutterzellen, die wir auf unserer Tafel darzustellen unterlassen haben, entstehen aus einer ursprünglich einzigen Centralzelle des jungen Sporangiums durch succedane Zweitheilung, wobei erst 2, dann 4, dann 8 und endlich 16 Tochterzellen resultiren).

Sobald die 64 jungen Sporenzellen aus einander getreten sind (sie liegen in der jungen Kapsel in einem den Hohlraum erfüllenden Flüssigkeit), so beginnen sie bei fortschreitendem Wachstum ihre Membran zu verdicken. Letztere differenzirt sich in eine innere zarte Membran (das Endosporium) und eine äussere, derbe, braungefärbte Membran (das Episporium, Exospor), auf welcher sich alsbald warzen- und leistenförmige Verdickungen nach aussen erheben (Fig. 2, 3 & 4 s s). Der Inhalt der reifen Spore besteht zum grössten Theil aus chlorophyllbildendem körnigem Plasma.

Sobald die Sporen reif sind, verlieren die Sporangien sowohl, als auch das Indusium beträchtliche Mengen von Wasser. Das Schleierchen schrumpft über dem reifen Sorus zusammen und nun beginnt bei trockener Luft in kurzer Zeit die Sporen-Aussaat. Hierbei übernimmt der Ring eine Hauptrolle. Er strebt, sich in eine gerade Linie auszudehnen und sich in umgekehrter Krümmung rückwärts zu stülpen. In Folge der steigenden Spannung, welcher die zartwandigen übrigen Kapselwand-Zellen nicht zu widerstehen vermögen, zerreisst die Sporangium-Wand durch einen Querriss, welcher senkrecht auf der Ringebene steht. Der Ring selbst biegt sich nun rasch derart, dass er gerade die umgekehrte Krümmung erreicht, wobei die ursprünglich an den Sporenraum grenzenden Zellwände nach aussen zu liegen kommen (Fig. 3 m' m' m' m'') und der obere Theil der Kapselwandung m''' — einen Halbkreis beschreibend — zuletzt am Sporangiumstiel anstösst. Sobald dies geschieht, erfolgt nun wieder eine plötzliche Contraction und Biegung des Ringes in umgekehrtem Sinn, wobei die sämmtlichen dem Ring oder den zarten Wandzellen anliegenden Sporen mit Gewalt fortgeschleudert und nach verschiedenen Richtungen ausgestreut werden. Vergl. in Fig. 3 die verschiedenen Pfeile 1, 2, 3 und 4, welche die Richtungen der Schleuderkraft des in seine ursprüngliche Lage zurückkehrenden Ringes andeuten. Selbstverständlich wird bei diesen Vorgängen die Sporenkapsel in der Regel gründlich entleert, ja, häufig wird beim Zurückspringen des Ringes in seine ursprüngliche Lage auch die ganze in Stücke gegangene Sporenkapsel vom Stiel abgerissen, wovon man sich gelegentlich überzeugen kann, wenn man frische Farnblätter mit reifen Sporangien in einem trockenen Zimmer während der Sporenaussaat beobachtet, oder wenn man gefüllte reife Sporangien, die, in Wasser liegend, unter dem Mikroskop untersucht werden, mit einem wasserentziehenden Reagens, z. B. mit Glycerin versetzt. Die Farnsporen keimen entweder sogleich oder nach kürzerer oder

längerer Zeit, sobald sie auf feuchten Grund fallen. Aus jeder Spore geht ein kleines, wenig differenzirtes Pflänzchen, das sogen. Prothallium (die geschlechtliche Generation) hervor, dessen Entwicklungsgeschichte Gegenstand einer andern Tafel sein wird. Es genüge hier die Bemerkung, dass in der Regel bei der geschlechtlichen Fortpflanzung der Farne (und aller übrigen Gefässkryptogamen) nicht eine Vermehrung der Individuenzahl resultirt, sondern dass jedes geschlechtliche Pflänzchen meist bloss einem einzigen Individuum der ungeschlechtlichen Generation das Dasein gibt. Die ungeschlechtliche Pflanze ist es also, welche durch Bildung zahlreicher geschlechtslos entstandener und geschlechtsloser Fortpflanzungszellen, der Sporen, die räumliche Ausbreitung der Art, die Vermehrung der Individuen vermittelt. In der That grenzt dann auch die Vermehrungskraft der geschlechtslosen Farnpflanze an's Unglaubliche. Ein nabeliegendes Beispiel:

Auf der Unterseite eines hübsch entwickelten Farnblattes von *Aspidium F. m.* habe ich am 18. Juli 1878 nicht weniger als 10,062 schleierbedeckte reife Sori gezählt. Von zwei mikroskopisch untersuchten Sori zählte der eine 150, der andere 162 sporenerfüllte Kapseln. Jede Kapsel zählt 64 reife Sporen.

Berechnen wir die Zahl der Sporangien auf 150, so ergibt sich für ein fertiles Farnblatt mit 10,062 Sori eine Sporenzahl von 96,595,200; nehmen wir aber im Durchschnitt für jeden Sorus 162 Kapseln an, so beläuft sich die Zahl der von einem einzigen Schildfarnblatt gebildeten Sporen auf nicht weniger als 104 Millionen + 322,816. Wir dürfen also die Zahl der keimfähigen reifen Sporen eines hübsch entwickelten Farnblattes von *Aspidium Filix mas* auf durchschnittlich 100 Millionen veranschlagen. Nehmen wir für einen gesunden Farnstock 10 fertile Blätter an, was keineswegs zu hoch gegriffen ist, so berechnet sich die Zahl der während eines einzigen Sommers von einem Farnstock ausgestreuten Sporen auf eine Milliarde.

Fig. 1. Querschnitt durch ein fertiles Fiederblättchen, der zugleich senkrechter Schnitt durch einen reifen Sorus ist. *es* — obere, *ei* — untere Epidermis, deren Zellen grüne Chlorophyllkörner enthalten, wie das zwischen beiden Epidermis liegende Mesophyll. *ic ic* — luftführende Intercellularräume des Mesophylls. *st st* — Spaltöffnungen in der untern Blatt-Epidermis. *a a* — Athemböhlen. *G G G* — senkrecht durchschnittene Gefässbündel (Blattnerven). *ind ind* — Schleierchen (Indusium). *sp sp* 2 noch ganz von reifen Sporen erfüllte Kapseln, (Sporangien), die übrigen Sporangien sind entweder ganz oder doch zum Theil entleert. *ca ca* — Stiele der Sporangien, *dd* — die Stieldrüsen. *ca' ca'* — Schnittflächen von Sporangiumstielen. *pa pa* — Paraphysen (abortirte Sporangien). Bei *ei' ei'* ein Stück unterer Blattepidermis von der Fläche gesehen, mit 2 Spaltöffnungen. Vergr. ³⁵⁰/₁.

Fig. 2. Ein geschlossenes reifes Sporangium mit den warzig verdickten Sporen (um der Deutlichkeit der Figur keinen Eintrag zu thun, sind nicht alle 64 Sporen gezeichnet worden). *an* — der Ring, *m* — die übrigen zartwandigen Zellen der Kapselwand. Vergr. ⁷⁵⁰/₁.

Fig. 3. Darstellung eines geöffneten reifen Sporangiums in dem Moment, wo der obere abgehobene Kapseltheil am Sporangiumstiel anstösst und der Ring sich anschiebt, plötzlich wieder umbiegen und in die alte, durch punktirte Linien angedeutete Lage zurückzukehren. **s s s** — die an den zerrissenen Wandzellen und am Ring haftenden Sporen, welche beim plötzlichen Umbiegen des Ringes in der Richtung der Pfeile 1, 2, 3 und 4 mit Gewalt fortgeschleudert werden. **s' s'** — zwei in der Basis der geöffneten Kapsel liegen blei-

bende reife Sporen. **m m' m'' m'''** — die zarten Wandzellen der Kapsel. Vergr. $\frac{750}{1}$.

Fig. 4. Zwei reife Sporen, stark vergrössert. Vergr. $\frac{2500}{1}$.

Fig. 5. Ein fertiles Fiederblättchen mit 9 Sori auf der untern Blattfläche. **ind ind** — Schleierchen. **sp sp** — reife Sporangien. **x y** — Richtung des senkrechten Schnittes durch Sorus und Blatt, wie er in Fig. 1 dargestellt ist. Vergr. $\frac{25}{1}$.

Sämmtliche Figuren sind nach der Natur gezeichnet worden.

Literatur: Sachs, Dr. Julius. Lehrbuch der Botanik. 4te Auflage. Leipzig 1874, wo auch die wichtigsten Spezialuntersuchungen aufgezählt sind. Man vergleiche übrigens jedes dem neuern Stand der Wissenschaft entsprechende Lehrbuch der Botanik für Hoch- und Mittelschulen.

Aspidium-Prothallium.

Wir haben auf einer andern Tafel die **ungeschlechtlichen** Fortpflanzungsorgane, resp. die **geschlechtslose** Generation von *Aspidium Filix mas* dargestellt, um in der vorliegenden zweiten Tafel das zweite Glied des Generationswechsels, nämlich die aus der ungeschlechtlichen Spore hervorgehende **geschlechtliche Generation**, das sogenannte **Prothallium** zur Anschauung zu bringen. Da die sämtlichen Gefässkryptogamen in ihrem Generationswechsel übereinstimmen, da bei den Farnen und Schachtelhalmen, bei den Rhizocarpeen, wie bei den Lycopodiaceen und Selaginellen die beblätterte Stengelpflanze immer die geschlechtslose, die sporenerzeugende Generation darstellt, während die **geschlechtliche** Generation in allen Fällen hier ein unscheinbares, von den Floristen meist unberücksichtigtes Pflänzchen von sehr niedriger Organisation ist, da aber bei den Farnen, namentlich bei den Polypodiaceen diese geschlechtliche Generation am schönsten entwickelt ist, so mag diese Tafel gleichzeitig zur Demonstration des Typus der geschlechtlichen Generation unserer Gefässkryptogamen überhaupt dienen.

Wenn reife und gut ausgetrocknete Sporen von *Aspidium Filix mas* auf eine feuchte Unterlage ausgesät werden, so beginnt nach kurzer Zeit der Keimungsprozess. Die ganze Spore nimmt Wasser auf, rundet sich dabei mehr oder weniger zu einem eiförmigen Körper ab, indess die vorher tiefbraune, undurchsichtige Membran ein helleres Colorit annimmt und durchscheinend wird. Im Innern des Sporenraums erkennt man leicht den kugeligen Zellkern mit einem deutlichen Nucleolus. Der übrige plasmatische Inhalt ist feinkörnig, wolkig und nimmt eine lebhaftere grüne Färbung an. Da und dort kann man in dem trüben Zellinhalt auch verschieden grosse kugelige Oeltröpfchen erkennen. Hat der Turgor der anschwellenden Spore eine gewisse Höhe erreicht, so reisst die äussere derbe, braune Membran, das Exosporium, auf und wir sehen die innere zarte Membran, das farblose Endosporium, in Form einer kugelig gewölbten Papille aus dem Riss heraustreten. Diese zuerst heraustretende Keim-Papille enthält einen grossen Theil des plasmatischen Zellinhaltes: das den Zellkern umgebende feinkörnige oder wolkige grüne Plasma und kleinere und grössere farblose Oeltröpfchen. Nun differenzirt sich das junge Pflänzchen sehr rasch in drei verschiedene Zellen: Durch eine Querwand **x-x**, welche senkrecht zur Wachstumsrichtung der Papille steht, theilt sich der schwellende Körper in eine obere und in eine untere Zelle, welche beide einen Zellkern besitzen. Das grüne Plasma differenzirt sich in grosse eiförmige oder kugelige Chlorophyllkörner, welche sich in der Folge durch Zweitheilung vermehren und zum grossen Theil dem kugeligen Zellkern angelagert sind, Fig. 1. Gleichzeitig mit dieser ersten Querwand **x**, oder noch etwas früher entsteht seitlich am unteren, noch in der gesprengten Sporenhaut liegenden Theil des Keimes eine farblose Papille **f** Fig. 1, die rasch zu einem wurzelhaarähnlichen Schlauch, dem ersten Rhizoid auswächst. Eine Querwand **y**, parallel zur Längsaxe des zweizelligen grünen Theiles grenzt das Rhizoid vom übrigen Keimtheil ab. Diese Querwand sowohl, als auch die schlauchförmige Wand des Rhizoids nimmt

schon in ganz jungem Zustand eine lichtbräunliche Färbung an, durch welche sich das Rhizoid vom grünen, assimilirenden Keimtheil unterscheidet. Der plasmatische Inhalt des Rhizoids ist immer farblos; mit Mühe lässt sich in manchen Fällen auch ein farbloser Zellkern, von welchem feine Plasmastränge ausstrahlen, unterscheiden. Anders verhält es sich mit den beiden andern Zellen des Keimpflänzchens. Hier sind sämtliche Wände farblos, glashell; während diese beiden Zellen sich ausdehnen, vermehren sich die grossen Chlorophyllkörner rasch durch wiederholte Zweitheilung; bald haben nicht mehr alle Körner an der Oberfläche des Zellkernes Platz; man sieht daher auch Chlorophyllkörner an der Innenwand der Zelle Platz nehmen. Feine farblose Plasmastränge gehen radienförmig vom Zellkern aus; die Chlorophyllkörner heften sich denselben an und zeigen daher nicht selten eine radienförmige oder maschenartige Anordnung, während die ungleich grossen oder farblosen Oeltröpfchen (**o** in Fig. 1 & 2) keinerlei Beziehung zur Anordnung des Plasmas zeigen.

Das Rhizoid wächst in der ersten Zeit sehr rasch. An dem etwas weiter entwickelten Keimpflänzchen, wie wir es in Fig. 2 dargestellt haben, erscheint es als langes, hornartig gekrümmtes Organ, dessen Länge sogar die Gesamtlänge des grünen Keimtheiles übertrifft. Letzterer ist nun bereits eine Zellreihe, bestehend aus 3 Zellen, von denen die unterste, das Rhizoid tragende, stark verlängert erscheint, während die oberen 2, chlorophyllreicheren noch kurz sind, da sie sich vor Kurzem durch die Wand **w** getheilt haben. Immer enthält die oberste Zelle verhältnissmässig am meisten Chlorophyllkörner; in der Regel ist sie auch bedeutend kleiner als die unteren Zellen des gegliederten Pflänzchens, was sich dadurch erklärt, dass die oberste Zelle sich jedesmal wieder durch eine neue Wand theilt, sobald sie eine gewisse Grösse erreicht hat. Sie fungirt also als „Vegetationszelle,“ während die unter ihr stehenden, die ersten Gliederzellen, sich in der Regel nicht mehr theilen. Das Keimpflänzchen ist in seiner ersten Entwicklungsperiode eine protonematische Zellreihe, die erst nur 2, dann 3, später 4 und endlich 5 und mehr grüne Zellen zählt. Während dieser Zeit erinnert das ganze Gebilde an eine grüne Fadenalge Fig. 3, ähnlich wie das fädige Protonema der Laubmoose. Nicht selten verzweigt sich auch das Protonema von *Aspidium Filix mas*, namentlich dann, wenn die Sporen in Wasser keimen oder wenn sie sammt der sie eng umschliessenden und daher beim Keimen zu eng werdenden Sporenkapsel ausgesät werden. Hiebei treten nicht allein an der untersten Zelle, sondern auch an den folgenden Gliederzellen neue Rhizoiden auf, die seitlich aus den cylindrischen oder tonnenförmigen Protonema-Zellen hervorsprossen und sich in allen Beziehungen ähnlich verhalten, wie das erste, aus der keimenden Spore hervortretende Rhizoid.

Hat das Protonema eine gewisse Länge erreicht Fig. 3, so tritt in der obersten Fadenzelle, die bis dahin sich immer nur durch horizontale, zur Längsaxe des Fadens senkrecht gestellte Wände getheilt hat und daher eine halbkugelige Gestalt besass, eine schiefe

Wand auf, die senkrecht auf dem Substrat, aber schief zur Fadenaxe steht. Die neue Scheitelzelle theilt sich in der Folge abermals durch eine schiefe Wand, die sowohl senkrecht auf dem Substrat, als auch senkrecht zur ersten schiefen Wand steht. Dabei resultirt eine zweischneidige Scheitelzelle v Fig. 3, die sich nun eine längere Zeit abwechselnd durch rechts- und linksgeneigte neue Wände theilt. So entsteht in dieser Region aus der Zellreihe eine Zellfläche. Bei den meisten jungen Prothallien, die ich durch Sporenaussaat von *Aspidium Filix mas* erhielt, entstand diese zweischneidige Scheitelzelle jeweilen, nachdem das Protonema eine einfache Reihe von 4–6 Zellen gebildet hatte. Nicht selten theilt sich die oberste Zelle des einfachen Protonemas erst durch eine Längswand, parallel zur Längsaxe des Fadens und senkrecht zum Substrat, ehe durch das Auftreten von schiefen Wänden die zweischneidige Scheitelzelle gebildet wird. In allen Fällen treten in den durch die schiefen Wände von der Scheitelzelle nach hinten abgeschiedenen Gliederzellen in der Folge neue Theilwände auf, die bald unregelmässig, bald senkrecht aufeinander folgen. Das junge Prothallium wird am vorderen, jüngeren Theile immer breiter. Das Wachstum und die Neubildung von Tochterzellen durch wiederholte Zweitheilung ist längere Zeit am lebhaftesten in der Nähe der zweischneidigen Scheitelzelle; namentlich sind es die Zellen am Rande des flächenförmigen Prothalliums, die sich rasch aufeinanderfolgend wieder theilen. Hat die Scheitelzelle einige Zeit als solche das Wachstum dominirt, so verwandelt sie sich in eine gewöhnliche Randzelle, indem nach wiederholten schiefen Wänden endlich wieder eine Theilwand gebildet wird, die parallel mit dem Vorderrand des Prothalliums verläuft. Dabei resultirt eine dreiseitige Flächenzelle und eine vierseitige Randzelle, die sich in der Folge ebenso verhält, wie die benachbarten Marginalzellen, indem sie sich vorwiegend durch Wände senkrecht zur Peripherie, seltener parallel mit dem Rande theilt. Wir haben unterlassen, die Zwischenstadien zwischen dem fädigen Protonema, und dem ausgewachsenen Prothallium darzustellen und vorgezogen, in der Hauptfigur das ausgebildete, geschlechtsreife Prothallium einer *Aspidium*-Art zu demonstrieren. Fig. 4 bietet das 140-fach vergrösserte Bild des erwachsenen Prothalliums von *Aspidium violascens* Link, einer mit unserem männlichen Schildfarn nahe verwandten Art, die sich in den Gewächshäusern des botanischen Gartens in Zürich wie ein Unkraut eingebürgert hat und fast in allen feuchten Winkeln ihre Prothallien zur Entwicklung bringt. Das geschlechtsreife Prothallium von *Aspidium violascens* Fig. 4 besitzt einen herzförmigen Umriss, wie das Prothallium der meisten Polipodiaceen. Es ist in seiner grössten Ausdehnung nur eine einzige Zellschicht mächtig, einzig in der Längsaxe, d. h. vom spitzeren Hintertheil bis zur vorderen herzförmigen Einbuchtung ist die Gewebeplatte mehrere Zellschichten mächtig. Das ganze Gebilde erinnert unwillkürlich an die Gestalt des Thallus gewisser Lebermoose. Das in unserer Hauptfigur abgebildete Exemplar ist nicht ganz symmetrisch; doch trifft man häufig Prothallien, der gleichen Farnspecies, deren beide Hälften rechts und links von der Längsaxe sich genau wie Spiegelbilder verhalten. Die herzförmige grüne Gewebeplatte

liegt flach auf der feuchten Unterlage. Alle Zellen der obern Seite sind reich an Chlorophyllkörnern, also lebhaft grün, ausgenommen bleiben die an der Peripherie stehenden und stellenweise auch aus den Flächenzellen entspringenden Haare. Letztere sind zweierlei Art, ganz ähnlich wie die an den Blättern und Blattstielen von *Aspidium violascens* vorkommenden Drüsenhaare und Kegelhaare. Jene sind am obern Ende köpchenartig angeschwollen und sondern eine klebrige Substanz ab; diese sind spitz kegelförmig, farblos; selten trifft man einige wenige Chlorophyllkörner in diesen einzelligen Haaren an; ihr Inhalt ist in der Regel farblos. Auf der untern, dem feuchten Substrat zugekehrten Seite springt die in der Längsaxe des Prothalliums liegende mehrschichtige Gewebeplatte als leistenartiger Wulst bedeutend vor, ungefähr so, wie eine dicke Blattmittelrippe. Auf dieser Längsleiste entspringen zahlreiche, schlauchförmige, einzellige Rhizoiden (Fig. 4), die in das Substrat eindringen und das Prothallium befestigen, wohl auch durch Nahrungsaufnahme wesentliche Dienste leisten. Ihr Inhalt ist farblos, dagegen sind die Membranen, je nach dem Alter des Prothalliums mehr oder weniger braun gefärbt. Alle Rhizoiden sind im Niveau der Thallusfläche je durch eine Querwand von der Mutterzelle, aus welcher sie hervorgingen, abgegrenzt. Auch diese Querwände (die Basalwände der Rhizoiden) sind an älteren Prothallien gebräunt. Rechts und links von jener polsterartigen Längsleiste finden sich am geschlechtsreifen Prothallium die männlichen Organe, die Antheridien, nach vorn aber in der Nähe der herzförmigen Einbuchtung die weiblichen Organe, die Archegonien. Beiderlei Geschlechtsorgane bilden sich bei *Aspidium violascens* so lange, als das Prothallium lebt; in der Regel entstehen allerdings die ersten Antheridien früher, als die ersten Archegonien; auch bilden sich an älteren Prothallien meistens viel mehr neue Archegonien, als neue Antheridien. Die jüngsten Sexual-Organe entstehen in der Nähe des fortwachsenden Prothalliumscheitels; doch können auch an älteren Stellen der polsterförmigen Gewebeleiste, dicht in der Nähe älterer Rhizoiden, ja sogar an Oberflächenzellen zwischen den Rhizoiden neue Archegonien und Antheridien entstehen, wie ich dies wiederholt an Prothallien von *Aspidium violascens*, namentlich an solchen, die längere Zeit überschwemmt waren, beobachtet habe.

Auf dem in unserer Hauptfigur 4 dargestellten Prothallium sehen wir links von den Insertionsstellen der vordersten Rhizoiden 4 Antheridien (farblose Organe) mit ihrem Inhalt, rechts dagegen nur ein noch nicht entleertes und 2 bereits entleerte mit sternförmigen Rissen versehene Antheridien; zwischen den vorderen Rhizoiden einer- und dem an der Einbuchtung liegenden Prothalliumscheitel andererseits finden sich etliche nichtbefruchtete Archegonien mit den 4 ins Kreuz gestellten äussersten Halszellen. Alle diese Geschlechtsorgane sind hier jedoch so klein, dass zu ihrer Veranschaulichung weitere Figuren nöthig wären. Da diese Tafel hiezu keinen Raum bot, auch pädagogische Gründe dagegen sprachen, in der Ausgabe unseres Atlas für Mittelschulen die intimern Geschlechtsverhältnisse der Kryptogamen in den Vordergrund zu drängen, so haben wir uns entschlossen, den Archegonien und Antheridien erst in den Supplements-Blättern

zu unserem Atlas, die ja für den ausschliesslichen Gebrauch beim academischen Unterricht bestimmt sind, gerecht zu werden, es dem pädagogischen Takt des Lehrers überlassend, wie viel von dem Befruchtungskapitel dem jeweiligen Schülerkreis zu demonstrieren sei. Ist Letzterer derart, dass der Lehrer auch auf die Beschreibung der Archegonien und Antheridien, sowie auf den Befruchtungsvorgang eintreten darf, so wird er sich im Nothfall bei irgend einem neuern Lehrbuch der Botanik Rath verschaffen, ehe unsere Supplemente erscheinen können. Sobald die im Bauchtheil eines reifen Archegoniums vorhandene Eizelle wirksam befruchtet ist, bekleidet sich die nackte Plasma-Masse der Befruchtungskugel mit einer Membran. Alsbald treten Theilungen ein, es entsteht aus der befruchteten Eizelle ein mehrzelliger Embryo, ein Gewebekörper, aus dem durch weitere Wachstums- und Zelltheilungsprozesse das junge beblätterte Farnpflänzchen, die geschlechtslose Generation hervorgeht. Nach kurzer Zeit sind leicht die Anlagen zu 4 verschiedenen Organen zu erkennen: Der sogenannte „Fuss“, (**f** in Fig. 5), ein warzenförmiges Gewebepolster, welches längere Zeit dem Gewebe des Prothalliums eingesenkt bleibt und aus diesem die zur ersten Entwicklung des Embryos dienende Nahrung saugt. Rückwärts, dem ältesten Theil des Prothalliums zugekehrt, tritt alsbald die **erste Wurzel** aus dem durchbrochenen Archegonium heraus und steigt im Bogen abwärts in das Substrat, um einige Zeit als **Hauptwurzel** zu dienen, häufig sich verzweigend. In zur Wurzel entgegengesetzter Richtung erhebt sich aus dem Embryo das **erste Blatt**, das im Bogen nach oben in der Einbuchtung zwischen den beiden Prothalliumlappen zum Vorschein kommt. An der Basis dieses ersten, noch sehr einfachen Blattes, dicht über dem „Fuss“ findet sich der **Scheitel** des jungen und noch sehr kurzen **Farnstammes**, der nun bald ein zweites Blatt bildet, während seitlich im Innern des Stammgewebes die **erste Nebenwurzel** zur Anlage kommt.

Fig. 5 unserer Tafel zeigt das noch grüne Prothallium von *Aspidium violascens*, aus dem in Folge wirksamer Befruchtung eines Archegoniums ein beblättertes Farnpflänzchen hervorging. Fuss **f**, Hauptwurzel **gw** und erstes Blatt **pf** sind auf den ersten Blick zu erkennen, während der Stammscheitel **s** nur schwer zu unterscheiden ist. Die nun in der Folge auftretenden neuen Blätter und Stammtheile differenzieren sich mehr und mehr, bis jene ersteren eben endlich den architectonischen Bau besitzen, durch den sich das fertile, sporenbildende Blatt der erwachsenen Farnpflanze auszeichnet.

In der Regel entsteht an jedem Farnprothallium nur ein einziges beblättertes Pflänzchen, selbst wenn viele Archegonien vorhanden sind. Wohl können ge-

legentlich gleichzeitig mehrere Archegonien befruchtet werden, allein in der Regel entwickelt sich nur ein Embryo. Das Prothallium wächst auch häufig nach der begonnenen Embryo-Bildung noch längere Zeit weiter, es bleibt noch wochen- und monatelang grün, während der beblätterte Embryo Zeit gewinnt, nach und nach selbstständig zu werden. Endlich stirbt das Prothallium stückweise ab, oder aber, es beginnt dasselbe unter günstigen Verhältnissen **Adventiv-Sprosse** zu bilden, die wie Faden-Algen aus den Flächen- und Randzellen entstehen und meistens nur männliche Organe bilden. Werden alte, längst befruchtete Prothallien von *Asp. violascens* lange Zeit unter Wasser cultivirt, so entstehen in der Regel zahllose männliche Adventivsprosse aus allen noch nicht abgestorbenen Theilen des Prothalliums. Ja, an letzteren können selbst auch neue Archegonien und Antheridien auftreten. (Hierüber werde ich an anderer Stelle Mehreres mittheilen).

Fig. 1. Keimende Spore von *Aspidium Filix mas*, 25 Tage nach der Aussaat. **ex** Exosporium, **f** Rhizoid. **y y** die Basalwand des Rhizoids. **x x** die erste horizontale Querwand im grünen Keimtheil. **o** Oeltröpfchen. **n** Zellkern. Vergrösserung 1400.

Fig. 2. Ein etwas stärker entwickeltes Protonema aus der keimenden Spore von *Aspidium Filix mas*, 23 Tage nach der Aussaat. **w** die zuletzt gebildete, also jüngste Theilwand. Die übrigen Bezeichnungen wie in voriger Figur. Vergrösserung 1400.

Fig. 3. Ein Protonema aus der keimenden Spore von *Aspidium Filix mas*, 2 Monate und 7 Tage nach der Aussaat (gez. 12. März 1879). Die unterste Protonemazelle trägt 2 Rhizoiden **r**, die zweitunterste Zelle 1 Rhizoid. Am Scheitel haben sich bereits mehrere abwechselnd rechts- und linksgeneigte Theilwände gebildet. **v** die zweischneidige Scheitelzelle. Das Protonema beginnt zur Zellfläche, zum eigentlichen Prothallium zu werden. Vergrösserung 450.

Fig. 4. Ein geschlechtsreifes Prothallium von *Aspidium violascens*, 140fach vergrössert, von der untern, dem Substrat zugekehrten Seite gesehen. (Erläuterung im Text).

Fig. 5. Ein befruchtetes Prothallium mit dem beblätterten jungen Farnpflänzchen, von *Aspidium violascens*. (Diese Figur enthält also beide Generationsformen). **f** Fuss, **gw** Hauptwurzel, **pf** erstes Blatt, **s** Scheitel des beblätterten Embryos. Prothallium und Embryo stimmen in der Behaarung überein. Vergrösserung 25.

Seit dem Jahre 1844, da **Carl Nägeli** die männlichen Organe des Farnprothalliums entdeckte, welches man bis zu jener Zeit als den Cotyledon der jungen Farnpflanze betrachtete, hat die Durchforschung des Generationswechsels bei den Gefässkryptogamen gewaltige Fortschritte gemacht. Dem entsprechend ist auch die Literatur bereits eine umfangreichere geworden. Wir notiren hier:

Nägeli in „Zeitschrift für wissenschaftl. Botanik.“ Zürich 1844.

Graf Leszczyc-Suminsky, Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Farnkräuter. Berlin 1848.

- Thuret.** Sur les anthéridies des fougères. (Annal. des sc. nat. 1849).
- Schacht** in *Linnaea* 1849.
- Wigand.** Zur Entwicklungsgeschichte der Farnkräuter. Bot. Zeitung 1849.
- Mercklin.** Beobachtungen am Prothallium der Farnkräuter. Petersburg 1850.
- Hofmeister.** Vergleichende Untersuchungen 1851.
- Schacht.** Beitr. zur Entwicklungsgeschichte der Farnkräuter. *Linnaea* XXII.
- Henfrey** in „Transaction of Linnaean society 1855.“
- Hofmeister.** Beitr. zur Kenntniss der Gefässkryptogamen. II. Abhandlung der sächsischen Academie der Wissensch. 1857.
- Hofmeister.** On the germination, developement and fructification of the higher Cryptogamia. London 1862.
- Kny.** Entwicklungsgeschichte des Vorkerimes der Polypodiaceen und Schizaeaceen. Sitz.-Ber. der Gesellsch. naturf. Freunde zu Berlin 1868.
- Kny.** Ueber den Bau und die Entwicklung des Farn-Antheridiums. Monatsber. der Berl. Academie 1869.
- Strasburger.** Die Befruchtung bei den Farnkräutern. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. VII.
- Kny.** Beitr. zur Entwicklungsgeschichte der Farnkräuter. 1. *Osmunda regalis*. Jahrb. f. w. Bot. VIII.
- Derselbe in den Monatsberichten der Gesellsch. naturf. Freunde zu Berlin, 21. April 1874.
- Lürssen.** Zur Keimesgeschichte der Osmundaceen, Mittheil. a. d. Gesamtgeb. der Bot. von Schenk und Lürssen. I. 460.
- Pedersen.** Beitr. zur Entwicklungsgesch. des Vorkerimes der Polypodiaceen. Ebenda II. 130.
- Bauke.** Beitr. zur Entwicklungsgesch. der Schizaeaceen. Jahrb. für wissenschaft. Bot. XI.
- Burck.** Sur le developpement du prothalle des Aneimia. Archives Néerlandaise. X.
- Bauke.** Entwicklungsgesch. des Prothalliums bei den Cyatheaceen. Jahrb. für wissenschaft. Bot. X.
- Goebel.** Entwicklungsgesch. des Prothalliums von *Gymnogramme leptophylla*. Bot. Zeitg. 1877.
- Janczewski & Rostafinski.** Note sur le prothalle de *Hymenophyllum Tunbridgense*, Mém. de la soc. nation d. sc. nat. de Cherbourg. XIX.
- Jonkman.** Entwicklungsgeschichte des Prothalliums der Marattiaceen. Bot. Zeitung 1878.
- Im Uebrigen vergleiche man jedes wissenschaftliche Lehrbuch der Botanik neueren Datums, so z. B.
- Sachs.** Lehrbuch der Botanik. Leipzig. (Die neueste Auflage).
- Lürssen.** Medic. pharmaceutische Botanik. I. Bd. (Kryptogamen) 1879. Leipzig.
- Lürssen.** Grundzüge der Botanik. II. Aufl. 1879.
- Weiss.** Allgem. Botanik. (Der II. Band, welcher die oben besprochenen Capitel ebenfalls enthalten wird, ist bis jetzt noch nicht erschienen).
- Duchartre.** Eléments de Botanique. Seconde partie. Paris 1877.

Equisetum Telmateja, Ehrh.

Von der kleinsten Klasse der Gefäßkryptogamen, den Equisetaceen mit der einzigen Familie gleichen Namens ist wohl *Equisetum Telmateja* (Ehrh.) — *E. maximum* (Lamk.) der schönste Repräsentant. Dieser Schachtelhalm findet sich im centralen und südlichen Europa — mit Ausnahme Spaniens — bis zum Kaukasus und durch russisch Asien bis Nordamerika. Er liebt sumpfige, vorwiegend lehmige und schattige Standorte und erreicht in seiner vollen Entwicklung eine Höhe von 70–100, ja bis 150 Ctm. Er perennirt mit unterirdisch kriechendem Rhizom, das bis meter-tief unter der Erdoberfläche vegetirt und alljährlich aufwärts wachsende, über die Erde sich erhebende reproductive und vegetative Sprosse bildet.

Das Rhizom zeigt im anatomischen Bau und in seiner morphologischen Gliederung dieselben Verhältnisse, wie die oberirdischen Triebe, einzig ist die Verzweigung desselben eine weniger reichliche; auch sind die Rhizom-Internodien nicht so dick wie die oberirdischen Stengeltheile. Die Bewurzelung des Rhizoms sowohl als auch der unterirdischen Theile der oberirdischen Sprosse (vergl. Fig. 1) ist eine wirtelige, ähnlich wie die Verzweigung der grünen, sterilen oberirdischen Triebe (Fig. 6). Jede einzelne Wurzel eines solchen Wirtels wird nämlich unmittelbar unterhalb einer von den mehreren einen Wirtel bildenden Knospen angelegt.

Die oberirdischen Sprosse, senkrecht aus der Erde herauswachsend, sind bei *Equisetum Telmateja* zweierlei Art: a. sporangientragende, fertile, sehr hinfallige, nicht-grüne (Fig. 1). b. grüne, sich reichlich verzweigende, sterile, die ganze Vegetationsperiode andauernde (Fig. 6). Beiderlei oberirdische Axen werden bereits im Vorjahre so ausgebildet, dass sie im Herbst in allen wesentlichen Theilen fertig sind und im nächsten Frühjahr durch Streckung ihrer Internodien über den Boden hervortreten. In Fig. 1 der vorliegenden Tafel ist ein Complex von vegetativen und reproductiven Sprossen, resp. Knospen, welche an unterirdischen Theilen vorjähriger Triebe *m* und *m'* entspringen, zur Anschauung gebracht. Der den Winter überdauernde unterirdische Rest des vorjährigen Triebes *m* trägt tief unten den Rest *m'* eines vorjährigen Seitensprosses und dieser hinwieder zeigt die beiden noch im Winterschlaf liegenden, im Vorjahr vorgebildeten vegetativen Sprosse *ve*, *ve*, während oben an *m* links bereits ein reproductiver Spross mit der fertig gebildeten reifen Sporangien-Aehre *sa* zur vollen Entwicklung gelangt ist und rechts auch schon der vegetative Spross *veg* seine Internodien zu strecken beginnt.

Die Gliederung des Stengels ist bei beiderlei Sprossen, den vegetativen und reproductiven, im Wesentlichen eine übereinstimmende. Dagegen ist der reproductive Spross (Fig. 1 links, mit der Sporangien-Aehre) viel kürzer, von bleicher Farbe, nicht-grün, unverzweigt; er entbehrt des Chlorophylls, sowie der Spaltöffnungen und stirbt unmittelbar nach der Sporenaussaat ab, während der sterile Spross (Fig. 6), welcher sich später entwickelt, dafür aber vom Frühjahr bis zum

Herbst anhält, sehr lang wird, grün ist und auch Spaltöffnungen besitzt, namentlich aber sich im obern Theile reichlich verzweigt in wirtelständige, grüne Zweige, die im wesentlichen die Anatomie und Morphologie der Axe wiederholen.

Jedes der von einer weiten centralen Lufthöhle durchzogenen Internodien trägt an seinem obern Ende das ihm zugehörige scheidenförmige, bei den fertilen Sprossen cylindrische, bei den reproductiven Sprossen dagegen aufgebauhte, in längere braune Zipfel gespaltene Blatt.

Während bei den meisten andern *Equisetum*-Arten die Stengel mit deutlich vorragenden Längskanten (Rippen, Riefen) und mit diesen abwechselnden Längsfurchen (Thälchen oder Rillen) ausgestattet sind, erscheint der Stengel von *Equisetum Telmateja* fast ganz glatt-cylindrisch, selten ist er undeutlich 6–8kantig. Die schlanken, in Wirteln stehenden grünen Zweige des sterilen Sprosses (Fig. 6) sind dagegen deutlich 6kantig, stehen zuerst trichterförmig aufstrebend, später wagerecht vom Stengel ab und gehen endlich, stark verlängert, in hängende Lage über. Sie sind reichlicher mit Chlorophyll ausgestattet, als der Hauptstamm, der ja häufig nur leichtgrün, oft sogar elfenbeinweiss erscheint.

Die Hauptaufgabe der vorliegenden Tafel besteht in der Demonstration des Sporangienstandes, der Sporangien und der Sporen. Wir haben daher in Fig. 1 bei 2facher Vergrößerung das Habitusbild des fertilen Sprosses mit der reifen Sporangien-Aehre gegeben, in Fig. 2 bei 18facher Vergrößerung den Querschnitt durch die letztere, in Fig. 3 bei 80facher Vergrößerung einen einzelnen schildförmigen Sporangienträger mit den austretenden Sporen, in Fig. 4 bei 1500facher Vergrößerung eine reife Spore mit den noch spirallig anliegenden Elateren, endlich in Fig. 5 bei gleicher Vergrößerung eine reife Spore im optischen Durchschnitt und mit ausgebreiteten Elateren.

Am Ende des fertilen oberirdischen Sprosses (Fig. 1) findet sich ein ährenförmiges Gebilde *sa*, die sogenannte Sporangien-Aehre. Dieselbe steht auf kurzem cylindrischem Stiel, dieser ist umgeben von dem obersten Scheidenblatt, dessen schwarzbraune Zipfel sogar noch über die unteren fertilen Aehrentheile emporragen. Am Stiel selbst trifft man in der Regel in geringer Entfernung vom untersten Fruchtblattwirtel eine blass gefärbte, niedrige, am Rande wellig gekerbte Scheide, die den Stiel wie ein Ring umgibt und wirklich auch Ring (annulus) genannt worden ist. Dieser Ring — in unserer Figur zum grössten Theil von den Zähnen des obersten Scheidenblattes verdeckt — ist ein Mittelglied zwischen Scheidenblatt und Fruchtblattwirtel.

Die Aehrenspindel selbst ist bei *Equisetum Telmateja* beträchtlich dick, weich, von blassgelber oft braunpunktirter Farbe, oben und unten verjüngt, auf halber Länge also am dicksten. An ihr sitzen die in Quirle angeordneten sogen. Fruchtblätter, kurzgestielte schildförmige Gebilde, die bei der noch nicht völlig reifen Aehre dicht neben und übereinander

stehen, so dass sich die Schilderchen gegenseitig drücken und dadurch eine polygonale Peripherie erhalten. Von Aussen gesehen erscheinen diese Schilder daher meist 6— oder 5eckig. Beim Heranreifen der Sporen strecken sich die Internodien der Aehrenspindel derart, dass die Quirle der schildartigen Fruchtblätter auseinander rücken, wie dies im mittlern Theil der Aehre an unserer Fig. 1 dargestellt ist. Kurz darauf dehnen sich die Internodien der Aehrenspindel auch in tangentialer Richtung derart, dass nun die Fruchtblätter auch seitlich auseinander treten und jedes isolirt erscheint (mittlerer und oberer Theil der Sporangien-Aehre). Dieses Auseinanderrücken der Schilderchen dauert fort, bis alle Sporangien entleert sind, so zwar, dass die entleerte Aehre oft um die Hälfte länger erscheint, als beim Beginn der Sporenaussaat.

Bau und Anordnung der schildförmigen Fruchtblätter und der an ihnen sitzenden Sporangien sind aus Fig. 2 und 3 ersichtlich. Fig. 2 repräsentirt zwei halbe Querschnitte durch eine reife Sporangien-Aehre. Der obere halbe Querschnitt wurde durch einen Schnitt erhalten, der zwischen zwei über einander stehenden Quirlen von Fruchtblättern quer durch die Aehrenspindel geführt wurde. Da sehen wir auf dem Halbkreis 12 gestielte Fruchtblätter, deren schildförmiger (peripherisch gelegener) Theil aus blassgelbem, parenchymatischem Gewebe besteht, das auf der Innenseite, der Aehrenspindel zugekehrt, die von grünen Sporen erfüllten, sackartigen, noch dicht gestellten Sporangien trägt. Der Bau dieser Sporangien ergibt sich aus der zweiten untern Hälfte derselben Fig. 2, welche einen halben Querschnitt der Aehre darstellt, den man erhält, wenn der Schnitt mitten durch die Stiele der schildförmigen Fruchtblätter geführt wird. Dabei ergibt sich, dass von den in einen Kreis angeordneten Fibrovasalsträngen der Aehrenspindel je ein dünner Gefässstrang in jedes Fruchtblatt abgeht. Dieser Gefässstrang passirt den Stiel des Fruchtblattes in ungetheiltem Zustand; erst im obern Theil des Stieles verzweigt sich der Fibrovasalstrang trichterförmig-springbrunnenartig, so zwar, dass je ein Gefässzweig gegen die Insertionsstelle eines Sporangiums verläuft. Rechts und links vom Stiel des Fruchtblattes sehen wir in diesem untern Theil der Hauptfigur je ein sporenerfülltes Sporangium der Länge nach mitten durchschnitten. Die Wand des langgestreckten sackartigen Sporangiums besteht aus einer einzigen Zellschicht. Die dem Stielchen abgekehrten Rückenzellen, sowie die an den Seiten gelegenen Zellen der Sporangiumwand sind spiralg verdickt (in unserer Tafel konnte dies nicht dargestellt werden), während die Zellen der dem Stielchen zugewendeten Bauchseite des Sporangiums, auf welcher das Aufreissen mittelst eines Längsrisses erfolgt, Ringfasern besitzen, die nach Duval-Jouve ausserordentlich schnell erst kurz vor dem Aufreissen des Sporangiums entstehen.* Da an einer hübsch entwickelten Sporangien-Aehre jeder Quirl 16—28 schildförmige Fruchtblätter, jedes Fruchtblatt aber 8—11 sackartige Sporangien zählt, so ergibt sich für einen einzigen Fruchtblattquirl an Sporangien die Zahl von 128 bis 308, für eine mittelgrosse Aehre mit ca. 20 solcher Blattquirle resultiren demnach 2560—6160 Sporangien.

Der Inhalt der reifen Sporangien besteht aus-

schliesslich aus den grünen, chlorophyllhaltigen Sporen (Fig. 3, 4 & 5), die, wie in Fig. 3 dargestellt, durch die an der Bauchseite entstehenden Risse aus den Sporangien austreten. Jede austretende Spore besitzt die für Equisetum so charakteristischen Elateren, d. h. sehr hygroskopische Membran-Bänder, die sich an trockener Luft spiralg vom kugeligen Sporenkörper ablösen und nur an einer kleinen Stelle mit der Spore in Zusammenhang bleiben (Fig. 4 & 5), während sie bei Zutritt von Feuchtigkeit sich wieder spiralg um die Sporenkugel aufwickeln (Fig. 4). Die Spore selbst besitzt überdies eine farblose Membran, die in eine äussere Haut, das Exosporium, und eine innere zärtere Haut, das Endosporium differenzirt ist. Im Inhalt erkennt man zur Zeit der Aussaat im Centrum einen hellen, körnerlosen Hohlraum, eine Vacuole, in deren Centrum der Zellkern liegt; letzterer lässt deutlich das stark lichtbrechende Kernkörperchen, den Nucleolus erkennen. Der übrige Sporenraum ist von körnigem, grünem Inhalt erfüllt, wie dies in Fig. 4 & 5 zur Anschauung gebracht wurde.

Die reife, entleerte Spore bleibt nur wenige Tage keimfähig. Bekanntlich geht aus den Sporen der Equisetaceen ebenso wie bei allen übrigen Gefässkryptogamen bei der Keimung ein sogenanntes Prothallium hervor, welches die geschlechtliche Generation darstellt, während die beblätterte Stengelpflanze die geschlechtslose Generation repräsentirt.

Wir haben an dieser Stelle nicht die Aufgabe, im Texte eine vollständige Entwicklungs-Geschichte von Equisetum Telmateja zu geben, sondern uns auf die Erläuterung der in unserer Tafel gebotenen Figuren zu beschränken. Im Uebrigen verweisen wir auf die weiteren Ausführungen anatomischer und entwicklungsgeschichtlicher Natur, die wir in jedem besseren Lehrbuch der Botanik antreffen. Einzig zu Händen derjenigen Lehrer der Botanik, die an Mittelschulen wirken und bis jetzt vielleicht unterlassen haben, ihren Schülern die hygroskopischen Eigenschaften der Elateren unserer Equisetumsporen am Mikroskop vorzuweisen, sei bemerkt, dass uns kein glänzenderes Beispiel bekannt ist, welches so geeignet wäre, die Nützlichkeit ganz unscheinbarer Anhängsel an Sporen und Samen für deren Aussaat in dem Masse zur Anschauung zu bringen, wie dies die Sporen von Equisetum thun. Man nehme ein kleines Quantum trockener oder auch feuchter Equisetum-Sporen und bringe sie auf einen durch Anhauchen nur wenig befeuchteten Objektträger, ohne Wasser zuzusetzen und ohne ein Deckglas darüber zu legen. Das Präparat wird unter dem Mikroskop in trockener Zimmerluft sofort austrocknen; die zahlreichen Sporenkugeln beginnen wegen des raschen Abwickelns der Elateren eine wimmelnde Bewegung; im Nu sind alle Elateren ausgebreitet. Hauchen wir leise und vorsichtig feuchte Luft auf den Objektträger, so rollen sich die Elateren in Folge rascher Wasseraufnahme sofort wieder um die Sporenkugeln, es resultirt eine zweite wimmelnde Bewegung, die nicht eher aufhört, als bis unter der Einwirkung der feuchten Atmosphäre unseres Hauches alle Bänder aufgerollt sind. Lassen wir wieder trockene Zimmerluft hinzutreten, so tritt wieder die erste wimmelnde Bewegung ein, indem sich die Elateren abermals abwickeln u. s. f. Es leuchtet ein und muss selbst dem wenig begabten

Schüler klar werden, dass derselbe Process sich auch in der freien Natur nach dem Öffnen der reifen Sporangien, bei der Aussaat und Verschleppung der Equisetum-Sporen durch den Wind stattfindet. Bei trockenem Windhauch dienen die Elateren als Flugorgane und diese werden so lange als solche fungiren, bis die umherirrende Spore, die dem Spiel jedes Windhauches preisgegeben ist, auf eine feuchte Unterlage gelangt, wo die Elateren sich einrollen, oder bis letztere durch irgend einen Zufall sich vom Sporenkörper ablösen. Die Anpassung an die feuchten, schattigen Standorte, welche sich zur Keimung der Sporen eignen, ist bei Equisetum eine vollkommene.

Fig. 1. Entwicklung der oberirdischen Sprosse; **m** — unterirdischer Rest eines vorjährigen Triebes, an dessen oberem Theil der fertile Spross mit der Sporangien-Aehre **sa** und gegenüber demselben der vegetative, sterile Spross **veg** zur Entwicklung gelangte. **m'** Rest eines Seitensprosses vom vorigen Jahr, an welchem die beiden vegetativen Knospen **ve ve** sitzen und noch im Winterschlaf verharren. Nach der Natur gezeichnet Anfang April 1880. Vergrößerung $\frac{2}{1}$.

Fig. 2. Querschnittshälften durch die reife Sporangien-Aehre. Die obere Hälfte dieser Figur zeigt den Querschnitt durch die Aehrenspindel zwischen zwei Fruchtblattquirlen. **Sch** — Schild der Fruchtblätter. Die untere Hälfte zeigt dagegen den Querschnitt durch die Aehrenspindel in jener Höhe, wo die Gefässbündel in die Fruchtblattstiele übertreten. **Sch'** — Schild der Fruchtblätter im Längsschnitt. **sp** — Sporangien von aussen gesehen. **sp'** — Sporangien im Längsschnitt. Vergröss. $\frac{18}{2}$.

Fig. 3. Einzelnes Fruchtblatt mit dem Stiel **st**, dem Schild **Sch** und den 10 Sporangien **sp**, schief von Innen, von der Aehrenspindel aus gesehen. Vergrößerung $\frac{80}{1}$.

Fig. 4. Einzelne reife Spore mit den spiralig aufgerollten Elateren, von aussen gesehen. Vergrößerung $\frac{1500}{1}$.

Fig. 5. Dieselbe mit ausgebreiteten Elateren, Sporenkörper im optischen Schnitt. Vergr. $\frac{1500}{1}$.

Fig. 6. Ein noch nicht völlig entwickelter steriler Spross bei 2facher Vergrößerung. Drei Wochen später als in Fig 1 — Nach der Natur gezeichnet Ende April 1880.

Literatur: Sachs, Lehrbuch der Botanik. 4. Auflage. Leipzig. Engelmann. 1874.

Lürssen, Medicinisch-pharmaceutische Botanik. I. Bd. Leipzig. Hässel. 1878/79.

Behrens, Dr. W. J. Method. Lehrbuch der allgemeinen Botanik. Braunschweig 1880.

(In den beiden erstgenannten Werken finden sich weitere Literaturangaben).

Selaginella helvetica.

Für die Entwicklungsgeschichte des Pflanzenreiches besitzt wohl keine andere Gruppe von Kryptogamen dieselbe wichtige Bedeutung, wie die Gruppe der Selaginellen, da diese in mehr als einer Richtung die Brücke bildet zwischen der vielgestaltigen Abtheilung der Gefässkryptogamen einerseits und den Gymnospermen, den niedrigsten Blütenpflanzen andererseits. In einem Tafelwerk mit entwicklungsgeschichtlicher Grundlage muss daher die Gruppe der Selaginellen durchaus ihre Berücksichtigung finden. Wir haben darum nicht gezögert, hier in einer Tafel die Hauptmomente der ungeschlechtlichen Fortpflanzung eines Repräsentanten der Selaginellen zur Darstellung zu bringen und hiezu die uns zur Verfügung stehende *Selaginella helvetica* Spr. gewählt.

Selaginella helvetica Spring. ist ein zierliches Alpenpflänzchen, das nicht allein in den Alpen, sondern auch auf manchen höhern Gebirgen Europa's vorkommt und zwar bis in eine Höhe von über 2000 Meter über dem Meere, während sie mancherorts auch bis in die Ebene hinabdringt, so z. B. am Lowerzersee in der Nähe des Rizi und bei München

Das Pflänzchen besitzt einen ungemein zarten Bau und wird daher von Laien wegen seines Aussehens leicht für ein Moos angesehen. Der Stengel ist ein stark verästeltes, gabelig (dichotom) verzweigtes, auf der Erde kriechendes Rhizom (Fig. 1, von *vv* an rückwärts bis in die linke Ecke der Tafel). Im vegetativen Zustande sind die sämtlichen Aeste dicht der Unterlage anliegend und mit vierzeilig angeordneten, lebhaft grünen Blättern versehen. Die Blätter der zwei rechts- und link-seitigen Blattzeilen stehen wagrecht vom kriechenden Stengel ab, sind länglich-eiförmig, stumpf zugespitzt und am Rande mit mikroskopisch kleinen Zähnen bewaffnet. Die zwei andern Blattzeilen verlaufen auf dem Rücken des liegenden Stengels, die einzelnen Blätter sind schief aufstrebend, viel kleiner und schmaler als die Blätter der 2 seitlichen Zeilen. Durch diese Blattstellung erhält das ganze Pflänzchen in der That das Aussehen eines beblätterten Lebermooses aus der Gruppe der Jungermanniaceen. An der Bauchseite des kriechenden Stengelchens entspringen wurzelartige Organe (*rh* in Fig. 1), die sogenannten Wurzelträger, aus welchen erst dann, wenn sie in die Erde eindringen, ächte Wurzeln hervorgehen.

In reproductivem Zustande besitzt *Selaginella helvetica* ausser den kriechenden vegetativen Sprossen (*vv* in Fig. 1) noch eine zweite Art von Aesten, die sich aus jenen erheben, senkrecht aufwärts wachsend ährenförmig von der Unterlage abstehend (Fig. 1 der von links unten bis in die linke obere Ecke vorragende Spross). Das sind die reproductiven Sprosse mit gleichartig gebildeten Blättern, die in einer steil ansteigenden Spirale auf einander folgen und an der Basis ihrer Oberseite die sporenbildenden Organe, die Sporangien tragen. Diese Sprosse bilden, wie aus unserer Figur 1 ersichtlich, ährenförmige Gebilde, die nicht selten (aber keineswegs immer) ebenfalls gabelig verzweigt sind und

die Analoga zu den Sporangien-Aehren der eigentlichen Bärlappgewächse (Lycopodien) darstellen. Es muss jedoch betont werden, dass die Sporangien bei *Selaginella helvetica* nicht immer auf die ährenförmigen Sprosse beschränkt sind; im Gegentheil sind mir wiederholt Exemplare dieser Pflanze zu Gesicht gekommen, welche stellenweise, namentlich in der Nähe der Insertion einer aufstrebenden Sporangien-Aehre auch auf Blättern der liegenden oder kriechenden, also gewöhnlich ausschliesslich vegetativen Sprosse Sporangien trugen, wie dies bei dem in unserer Figur 1 dargestellten Exemplar der Fall war (vergl. *spp* in Fig. 1).

Die Axe der fertilen Sprosse, die wir ja auch die Spindel der Sporangium-Aehre nennen können, besitzt ein centrales Fibrovasalbündel (*fv* in Fig. 2). Dieses Gefässbündel wird rings von einem luftführenden Raum (*i* in Fig. 2) umgeben, der nach Aussen durch eine compacte, chlorophyllhaltige Parenchymschicht gegen das farblose äussere Rindengewebe (*r* in Fig. 2) abgegrenzt wird. Jener, das centrale Fibrovasalbündel umgebende cylindrische Hohlraum (*i*) wird von zahlreichen chlorophyllhaltigen, oft verzweigten Zellfäden durchsetzt, welche das Gefässbündel sozusagen aufrecht halten und der grünen Parenchymschicht entspringen, welche die so eigenthümlich gestaltete innere Rindenschicht gegen die farblose äussere Rinde abgrenzt (*chl* in Fig. 2), ein Verhältniss, welches unwillkürlich an die gleichartigen Gebilde in der Sporen-Urne der höhern Laubmoose (siehe Tafel mit *Polytrichum gracile*) erinnert, wo der Sporensack ebenfalls allseitig von einem mit grünen Zellfäden durchwirkten luftführenden Raum umgeben wird.

Die sporangientragenden Blätter sind bei *Selaginella helvetica* lebhaft grün, in ihrer grössten Ausdehnung sehr zart und nur wenige Zellschichten mächtig, dagegen von der Basis bis zur Spitze von einem Fibrovasalstrang (*fv'*, *fv'* in Fig. 2 und *fv* in Fig. 7) durchzogen und hier auch mächtiger, dicker, daher gekielt. An der Basis des Blattes endet der Kiel mit einem Höcker, der aus dem grünfädigen Parenchym besteht, das wir bereits als innere Rindenschicht auch im Stamme kennen gelernt haben und das auch mit diesem letzteren in direktem Zusammenhang steht (vergl. Fig. 2 die untersten Theile der Blätter *f f*).

Wie aus Fig. 2 ersichtlich ist, lehnt sich der Fibrovasalstrang *fv'* eines jeden Blattes, sich abwärts über dem Höcker am Kiele fortsetzend, an den Fibrovasalstrang der Axe (der Aehrenspindel) an. Beim Eintritt in das Innere des Stengels macht der Gefässstrang des Blattes gegen die Insertionsstelle des Sporangiums hin eine Biegung. Ueber der letzteren ist das Parenchymgewebe compact, ohne luftführende Räume, es setzt sich aufwärts, also auf der Innenseite der Blattbasis in den Sporangiumstiel fort.

Auf dem sporangiumtragenden Blatte selbst und an seiner Basis, etwas oberhalb der Insertion des Sporangiums, steht die sogenannte Ligula (II Fig. 2 links).

ein farbloses schuppenförmiges Gebilde, das bekanntlich sämtlichen Blättern der Selaginellen zukommt, aber sehr hinfällig ist.

Die Sporangien der Selaginella-Arten sind bekanntlich zur Reifezeit hinsichtlich ihres Inhaltes sehr verschieden. Die einen enthalten zahlreiche kleine Sporen, sogen Mikrosporen und heissen darum Mikrosporangien (*mi* in Fig. 1, 2 & 7); die andern Sporangien enthalten nur 4, aber dafür mächtig-grosse Sporen, sogen. Makrosporen und heissen darum Makrosporangien. Aus diesem Grunde nennt man die Selaginellen und ihre Verwandten auch heterospore Gefässkryptogamen im Gegensatz zu den isosporen, die nur einerlei Sporen bilden, wie z. B. unsere gewöhnlichen Farne, die Polypodiaceen (vergl. die Tafel mit *Aspidium Filix mas*) und die Equisetaceen (Tafel mit *Equisetum Telmateja*).

Bei *Selaginella helvetica* bildet der sporangientragende Spross (die Sporangien-Aehre) nur an den unteren Blättern Makrosporangien (*ma* in Fig. 1), während die oberen Blätter ausschliesslich Mikrosporangien bilden (*mi* in Fig. 1).

Wir haben in Fig. 2 ein Fragment der Sporangien-Aehre dargestellt, wo über dem (obersten) Makrosporangium *ma* gleich ein Mikrosporangium *mi* steht.

Das reife Makrosporangium ist schon mit unbewaffnetem Auge vom Mikrosporangium erkennbar: es ist nämlich grösser als das Mikrosporangium, von heller, lichtbrauner oder hellgelber Farbe, dreiköpfig und besitzt einen etwas vertieften Scheitel, da seine Wandung durch die drei oben liegenden Makrosporen nach drei Seiten hin mehr oder weniger stark bauchig augetrieben erscheint, während die vierte von den den 4 tetraëdrisch liegenden Makrosporen im Grunde des Sporangiums liegt (vergl. in Fig. 2 die unterste der drei gezeichneten Makrosporen links). Ausser den vier reifen Makrosporen treffen wir im Sporangium noch die verkümmerten Reste kugeligter Zellen, *spm* in Fig. 2 links, die abortirten Sporenmutterzellen. Die Sporangiumwand besteht im reifen Zustand aus der leicht erkenntlichen, am mächtigsten entwickelten äussersten Zellschichte und aus den undeutlichen Resten zweier innerer Schichten, von denen eigentlich nur die nächstliegende, also die mittlere von den dreien (aus flachen, im jugendlichen Zustand chlorophyllhaltigen Zellen bestehend) morphologisch noch zur Wand gehört, indess die innerste, zur Zeit der Sporenreife meist undeutliche, farblose Zellschicht, die sogen. „Grenzschichte“ morphologisch zum Sporangium-Inhalt gehört.

Das reife Mikrosporangium von *Selaginella helvetica*, ebenfalls an der Basis eines Blattes entspringend, besitzt wie das Makrosporangium einen kurzen Stiel und eine Wand, die im Wesentlichen ebenso aufgebaut ist, wie die Wand des Makrosporangiums. Es ist aber kleiner als letzteres und von der Blattseite her etwas zusammengedrückt, daher im Längsschnitt, der zugleich durch die Blattmitte geht, eiförmig (Fig. 2 rechts), von Oben betrachtet (Fig. 7) nierenförmig und wegen der zahlreichen (kleinen) Mikrosporen im reifen Zustand dunkelbraunroth gefärbt und daher leicht vom Makrosporangium unter-

scheidbar. Wie die Makrosporen, so liegen auch die Mikrosporen je zu vier tetraëdrisch; sie sind auch im reifen Zustand von kugeltetraëdrischer Gestalt (Fig. 6), während die Makrosporen bei *Selag. helvetica* sich ganz kugelig abrunden (Fig. 5 und Fig. 2 links).

Die Makrosporen besitzen ein mit kleinen Warzen dicht besetztes, gelbbraun gefärbtes Exospor, dem inwendig ein zartes, farbloses Endospor anliegt. Die Entstehung durch tetraëdrische Theilung aus einer Sporenmutterzelle (Fig. 4) macht sich auch an den reifen Makrosporen durch die drei in einem Punkt zusammenlaufenden oberflächlichen Kantenleisten des Exosporiums noch kenntlich. Der Inhalt der reifen Makrospore besteht zur Zeit der Aussaat aus schwer erkennbaren, trüben plasmatischen Gebilden und aus grossen kugeligen, stark lichtbrechenden Tropfen (Oel).

Die Mikrosporen, weniger stark abgerundet als die Makrosporen, besitzen ebenfalls ein kleinwarzig verdicktes Exospor mit 3 Kantenleisten (Fig. 6). Im reifen Zustand besteht ihr Inhalt aus feinkörnigem Plasma und aus zahlreichen kleinen Oeltropfen.

Die Entwicklungsgeschichte der beiden Sporangien ist dieselbe: bis zu dem Stadium, wo das junge Sporangium (Fig. 3) im Innern die noch ungetheilten, frei in einer Flüssigkeit schwimmenden Sporenmutterzellen erkennen lässt, ist nicht zu entscheiden, ob in dem fraglichen Sporangium Makro- oder Mikrosporen gebildet werden, ob es zum Makro- oder Mikrosporangium wird. Auf diesem Stadium aber tritt dann ein Wendepunkt ein: entweder theilen sich alle jene freischwimmenden kugeligen Sporenmutterzellen (Fig. 3) zu tetraëdrischen Tochterzellen (Fig. 4) und dann erhalten wir im Sporangium 4 mal so viele Mikrosporen, als Sporenmutterzellen vorhanden waren und das Sporangium wird zum Mikrosporangium, oder aber es theilt sich bloss eine jener kugeligen, schwimmenden Sporenmutterzellen in angegebener Weise in 4 Tochterzellen, die sich auf Kosten ihrer Nachbarschaft rasch vergrössern und zu Makrosporen entwickeln, während die übrigen Sporenmutterzellen ungetheilt bleiben und abortiren (*spm* in Fig. 2 links). Das Sporangium wird im letztern Falle zum Makrosporangium.

Beiderlei Sporangien öffnen sich durch Risse in der Wand, die über den Scheitel der Sporangien verlaufen, wobei die Sporen zur Aussaat gelangen.

Bekanntlich entsteht beim Keimen der Makrospore ein kleines weibliches Prothallium, das die derbe Sporenhaut nicht verlässt, sondern nur in Rissen öffnet und alsbald Archegonien bildet, während beim Keimen der Mikrosporen ein ephemeres männliches Prothallium resultirt, das schliesslich ganz in der Bildung von Spermatozoiden aufgeht. Die Darstellung dieser Keimungsprocesse dürfte das Material zu einer weitern Tafel abgeben.

Fig. 1. Habitusbild der reproductiven Pflanze bei 23-facher Vergrösserung. *rh rh* — Wurzelträger. *v v* — Zwei vegetative Sprosse, entstanden durch dichotome Verzweigung eines älteren Sprosses, an dessen hinterem Theile

ein verzweigter, fructificirender Spross abgeht. *mi mi* Mikrosporangien. *ma ma* — Makrosporangien. *spg* — ein Sporangium auf einem Blatt des vegetativen Sprosses.

Fig. 2. Längsschnitt durch ein Fragment des sporangientragenden Sprosses. Vergr. $132\frac{1}{2}$. *fv* — axiler Gefässstrang der Spindel. *chl* — innere chlorophyllhaltige Rinde. *r* — äussere farblose Rinde der Axe. *iii* luftführender Raum, der das Gefässbündel umgibt. (Am untern Ende der Axe ein halber Querschnitt). *f f* die zwei sporangientragenden Blätter, *es* — die obere Blatt-Epidermis. *fv' fv'* — die Gefässstränge der Blätter. *ma* — Makrosporangium mit 3 sichtbaren Makrosporen und mehreren abortirten Sporenmutterzellen *spm*. *a* — die äussere Zellschicht der Sporangium-Wand. *b* — die innere Zellschicht der Sporangium-Wand. *c* — die sogenannte Grenzschichte. *ll* — die Ligula.

Fig. 3. Ein junges Sporangium, im Innern die noch ungetheilten, frei liegenden kugeligen Sporen-

mutterzellen. *a, b & c* wie in Fig. 2. Vergrößerung $1050\frac{1}{2}$.

Fig. 4. Tetraëdrische Theilung einer Sporenmutterzelle. Vergrößerung $5200\frac{1}{2}$.

Fig. 5. Eine reife Makrospore bei 352facher Vergrößerung.

Fig. 6. Die vier aus einer Sporenmutterzelle hervorgegangenen reifen Mikrosporen in ihrer ursprünglichen Anordnung, nur etwas auseinander gerückt. Vergrößerung $1750\frac{1}{2}$.

(Hätte man die Makrospore in Fig. 5 gleich stark vergrössert darstellen wollen, wie diese Mikrosporen, so hätte sie einen 5 mal grösseren Durchmesser erhalten müssen).

Fig. 7. Ein Blatt der Sporangien-Aehre mit einem reifen Mikrosporangium *mi*, von Oben gesehen, bei 132facher Vergrößerung. *ax ax* — zum Stengel (Aehrenspindel) gehörende Rindentheile. *mi* — Mikrosporangium. *fv* — Fibrovasalstrang des sporangiumtragenden Blattes.

(Alle Figuren sind nach der Natur gezeichnet.)

Literatur: Sachs, Julius. Lehrbuch der Botanik, 1874.

Lürssen. Medicinisch-pharmaceutische Botanik. Bd. I., 1878/79, wo auch die ältere und allerneueste Literatur angegeben ist.

Lürssen. Grundzüge der Botanik.

Behrens, J. W. Methodisches Lehrbuch der allgemeinen Botanik. 1880.

Cycas circinalis L.

& *C. revoluta* Thunb.

Die Cycadeen, über deren Stellung im natürlichen System man längere Zeit sehr unsicher war, gehören nach den neueren Untersuchungen ganz entschieden zur natürlichen Klasse der Gymnospermen, zu den nacktsamigen Gewächsen, und hier nehmen sie, wenn wir alle Verhältnisse wohl berücksichtigen, die unterste Stufe ein. An keiner bis jetzt bekannt gewordenen Pflanze tritt die Gymnospermie und zugleich die Blattnatur der die Samenknospen tragenden Organe auffälliger zu Tage, als bei der Gattung *Cycas*. Wir finden daher in den meisten Lehrbüchern der wissenschaftlichen Botanik dieser Pflanzengattung eine detaillirtere Behandlung eingeräumt, als irgend einem andern Genus der Cycadeen-Ordnung. Daher haben wir nicht unterlassen können, der weiblichen Pflanze dieser Gattung eine Tafel zu widmen, und die wichtigsten Charactere dieser interessanten Gewächse in einigen instructiven Figuren blosszulegen.

Alle Cycadeen sind dioecisch; im vegetativen Zustande unterscheiden sich männliche und weibliche Pflanzen kaum von einander. Bei *Cycas circinalis* L. wird der Stamm (15—20 Fuss) 4—6 Meter hoch. Er ist in seiner ganzen Länge von unten bis oben in der Regel gleich dick, cylindrisch (Fig. 1) und abwechselnd von den Narben der abgefallenen Laubblätter und von alten, lederigen, ausgetrockneten Schuppenblättern bedeckt (Fig. 1. n und br). Die Blattnarben n und die Schuppenblätter br sind so dicht gestellt, dass man an dem unverzweigt bleibenden Stamm keine Internodien unterscheiden kann; die Schuppenblätter br, in der Nähe des Stammscheitels am schönsten entwickelt, sind im jungen Zustand hellbraun, dicht behaart, stiellos, von herzförmigem Umriss, an ihrer Basis dick fleischig, nach oben stark zugespitzt; im Alter werden sie schwarzbraun und verlieren an den exponirten Partien ihre Haare, während die untere verdickte Partie nach und nach eintrocknet und eine lederartige Consistenz annimmt. „Schuppen und Laubblätter werden periodisch gebildet; in jedem oder jedem zweiten Jahre entsteht am Stammscheitel eine Rosette von grossen Laubblättern, zwischen denen sich nun die Terminalknospe des Stammes (t k Fig. 1) mit Schuppen umhüllt, unter deren Schutz der neue Laubblattcyclus langsam sich heranbildet. Dieser Wechsel (von Schuppen- und Laubblättern) beginnt bei *Cycas* schon mit der Keimung, indem auf die laubblattähnlichen Cotyledonen eine Anzahl von Schuppenblättern folgt, welche die Knospe der Keimpflanze umhüllen; aus dieser entwickelt sich dann gewöhnlich nur ein gefiedertes noch kleines Laubblatt, worauf wieder Schuppen folgen. Erst mit zunehmender Erstarkung der mehrjährigen Pflanze treten auch die Laubblätter, und deren immer grössere, in Cyclen auf, um dann, nachdem die älteren abgestorben sind, die jedesmalige palmenähnliche Blattkrone darzustellen, während gleichzeitig die darüber stehenden Schuppen die Stammknospe einschliessen. In dieser werden die Laubblätter so weit vorgebildet, dass sie schliesslich, wenn sie die Knospe sprengen, sich nur noch zu entfalten haben, was dann in kurzer Zeit ge-

schieht, während bis zur Entfaltung der nächsten Blattrossette ein bis zwei Jahre vergehen. Die aus der Knospe hervortretenden Laubblätter sind bei *Cycas* gleich denen der Farne von hinten nach vorn eingerollt, — die Entfaltung findet wie bei den Farnen in basifugaler Folge an jedem Blatte statt.“ Das ausgewachsene Blatt einer wohlentwickelten *Cycas circinalis* misst von der Basis des Blattstieles bis zur Spitze der obersten Fiedern 2—3 Meter. Es ist auf $\frac{3}{4}$ seiner ganzen Länge im mittlern und obern Theil gefiedert, die Lacinien sind linear-lanzettlich, sensenförmig gekrümmt, durchaus kahl, von dick-lederartiger Consistenz, lebhaft grün, auf der Oberseite glänzend, auf der Unterseite matter und heller gefärbt, in ihrer ganzen Länge von einer Mittelrippe durchzogen. Das Blatt endigt oben an seiner Spitze in zwei dichotomisch aus einander tretende Lacinien. Der Stiel ist an der Basis dick angeschwollen, in jungem Zustand dort von rostfarbenen wolligen Haaren bedeckt, die aber während des Weiterwachsens bald verschwinden. Im untern Theil — oft auf mehrere Centimeter Länge ist der Blattstiel unbewaffnet, weiter aufwärts stehen aber rechts und links harte stachelige Gebilde, die nichts anderes darstellen, als die abortirten untersten Lacinien, (vergl. die einzelnen in verschiedenen Stellungen gezeichneten Blätter der Krone in Fig. 1). Die Zahl der entwickelten Blattfiedern variirt zwischen 60—100 Paaren, je nach der Grösse des ganzen Blattes. (Der äusserst schöne Bau, die noble Architectonik des *Cycas*blattes erklärt es, dass seit den ältesten Zeiten im Vaterland der Cycadeen, wie dort, wo diese Gewächse als Zierpflanzen gezogen werden, die grünen Blätter bei festlichen Anlässen von Juden, Christen und Heiden eine grosse Rolle spielten. Heute noch werden die Blätter von *Cycas revoluta* und *Cycas circinalis*, als „Palmbblätter“, gefeierten Todten bei Leichen-Ceremonien geopfert. Dieser schöne aber kostspielige Cultus existirt auch in Zürich.)

Während die männliche Blüthe bei *Cycas* als zapfenartiges Gebilde einzeln am Gipfel der männlichen Pflanze erscheint und zahlreiche spiralig angeordnete Staubblätter an einer gemeinsamen Zapfenspindel bildet, sehen wir dagegen bei der weiblichen Pflanze die Fruchtblätter in derselben Anordnung und Stellung zum Stamm, wie die gewöhnlichen grünen Laubblätter. „Bei *Cycas* ist die weibliche Blüthe eine nur wenig metamorphosirte Laubblatt-Rosette des Stammes, dessen Scheitel über derselben wieder zunächst Schuppenblätter und dann neue Laubblatt-Cyclen bildet; der Stamm durchwächst hier also die weibliche Blüthe (Fig. 1). Die einzelnen Fruchtblätter sind zwar viel kleiner (Fig. 1 cp, Fig. 2, 3 und 4) als die gewöhnlichen Laubblätter, aber im Wesentlichen ebenso geformt wie diese; die unteren Fiederblättchen sind durch Samenknospen sk sk in Fig. 2 und 4, sk' in Fig. 4, sk'' in Fig. 3) ersetzt, die schon vor der Befruchtung die beträchtliche Grösse einer reifen mittelgrossen Pflaume erreichen; der befruchtete reife Same gewinnt die Dimensionen und das Aussehen eines mittelgrossen Apfels, der ganz frei am Fruchtblatt hängt.“

Ich habe in Fig. 2 ein einzelnes Carpell von *Cycas circinalis* in natürlicher Grösse (mit Zuhilfenahme einer Figur und der Beschreibung aus Curtis's Botanical Magazine Bd. 55, London 1828) nach einem Exemplar des bot. Museums in Zürich dargestellt. Diese Fruchtblätter erreichen eine Länge von 30—40 Centimeter, sind mit einem röthlichen Wollenflaum bedeckt, von dick fleischiger Textur; der obere Theil ist lanzettlich zugespitzt und gesägt. Die Sägezähne entsprechen den Lacinien der grünen Laubblätter. Abwärts ist das Fruchtblatt verschmälert und entfernt gezähnt. Bei jedem Sägezahn des fertilen Blatttheiles sitzt in einer urnenförmigen Vertiefung je eine Samenknospe **sk sk** Fig. 2. In Fig. 3 habe ich ein Fruchtblatt mit zwei reifen Samen **sk''** von *Cycas circinalis* dargestellt, wobei mir ebenfalls ein im bot. Museum zu Zürich befindlicher Same, sowie die von W. J. Hooker im Botanical Magazine gegebene Beschreibung und colorirte Abbildung des Samens zur Vorlage dienten. In Fig. 1 sehen wir die Carpelle mit den reifen Samen bereits nach aussen und abwärts gekrümmt. Zur Darstellung dieser Organe habe ich das alte, aber immer noch werthvolle Werk von Rumph, Herbarium Amboinense, pars prima, Amsterdam 1741, zu Rath gezogen, während sonst alle übrigen Theile der Fig. 1 von mir nach der Natur gezeichnet und gemalt wurden.

Weit auffälliger als bei *C. circinalis* ergibt sich die Blattnatur des Carpells bei *Cycas revoluta* Thunb., wie ich dasselbe bei dreifacher Vergrösserung in Fig. 4 nach einem im hiesigen botanischen Museum vorhandenen Exemplare dargestellt habe. Das ganze Carpell ist wollig bedeckt von langen, röthlichgelben Filzhaaren, welche auch an den Samenknospen im jungen Zustande die ganze Oberfläche bekleiden. Der obere Theil des Carpells ist gefiedert wie ein gewöhnliches junges Laubblatt, während am unteren Theil des Carpells rechts und links statt der Fiedern die mächtig grossen Samenknospen sitzen. Letztere sind rundlich, seitlich etwas zusammengedrückt und am Scheitel nabelartig ausgebuchtet. Nach der Befruchtung verschwindet der Flaum an der Oberfläche der Samenknospen von *Cycas revoluta*; der heranwachsende reife Same wird, wie bei *Cycas circinalis* (vergl. Fig. 3 mit 4) glatt, orange bis purpurroth und gleicht dann einem apfelähnlichen Gebilde.

Es lag nicht in unserer Absicht, auch die anatomischen und entwicklungsgeschichtlichen Verhältnisse der Samenknospen und der reifen Samen zu illustriren. Es würde uns hiezu auch das geeignete Untersuchungsmaterial gefehlt haben. Auch zeigt die botanische Biologie an dieser Stelle noch eine namhafte Lücke, so dass wir zur Darstellung dieser letztangeführten Verhältnisse heute umsonst bei andern Forschern hinreichende Auskunft zu erhalten suchten. So beschränke ich mich darauf, hier schliesslich auf eine diesbezügliche Stelle in dem Lehrbuch der Botanik von Julius Sachs zu verweisen. „Die Samenknospe ist immer gerade (atrop) und besteht aus einem massiven Knospenkern und einem dicken massiven Integument, welches von zahlreichen Fibrovasalsträngen in seiner innern Schicht durchzogen wird. Die Mikropyle wird von einem dünnen Röhrchen gebildet, in welches sich der Rand des Integumentes zusammenzieht und verlängert. Nach neueren Angaben De Bary's scheint noch ein zweites, inneres Integument (bei *Cycas revoluta*) vorhanden zu sein. Ueber die Entstehung des Embryosackes, des schon lange vor der Befruchtung mächtig entwickelten Endosperms, der grossen, mit blossem Auge leicht sichtbaren, bei *Cycas* 3—5 Mm. langen Corpuscula (Archegonien) und der langen Vorkeimschläuche ist nur wenig bekannt.“ — Bei *Cycas revoluta* sowohl als bei *Cycas circinalis* wird die äussere Schicht der Samenschale fleischig, die innere hart.

Fig. 1. Habitusbild der weiblichen Pflanze von *Cycas circinalis*, $\frac{1}{5}$ natürliche Grösse. **n** Narben der alten, vom Stamm abgefallenen Laubblätter. **br** Schuppenblätter des Stammes. **tk** Terminalknospe am Scheitel des Stammes. **cp cp** Carpelle (Fruchtblätter) mit den daran hängenden Samen.

Fig. 2. Ein noch junges Fruchtblatt von *Cycas circinalis*, in natürl. Grösse, mit 7 noch unbefruchteten Samenknospen **sk**.

Fig. 3. Ein älteres Fruchtblatt mit 2 reifen Samen **sk''** von *Cycas circinalis*, in doppelter Grösse.

Fig. 4. Ein wohlentwickeltes Fruchtblatt von *Cycas revoluta* mit den mehr oder weniger entwickelten Samenknospen **sk** und **sk'**. Nach einem im bot. Museum zu Zürich befindlichen Exemplar. Vergrösserung $\frac{3}{1}$.

Literatur: Rumph, G. E., Herbarium Amboinense, plurimas conpl. Arbores, Frutices, Herbas, Plantas terrestres & aquaticas etc. Pars prima. Amsterdam 1741.

Hooker, W. J. in Curtis's Botanical Magazine. Bd. 55. London 1828 und Bd. 57. London 1830.

Le Maout & Decaisne. Traité général de Botanique descriptive et analytique. Paris 1868.

Sachs, J. Lehrbuch der Botanik. Neueste Auflage 1880.

Lueresen, Chr. Medicinisch-pharmaceutische Botanik. II. Bd. pag. 34 ff. Leipzig 1879.

Taxus baccata. L.

Haben wir in den beiden Tafeln „Pinus Laricio Fol. A. & B.“ die männliche und weibliche Blüte der Gymnospermen einer morphologischen Darstellung unterworfen und in der Tafel mit *Cycas circinalis* und *revoluta* das glänzendste Beispiel für Gymnospermie illustriert, so darf unserem Werke auch eine Tafel nicht fehlen, in welcher die Morphologie und Anatomie des Samens einer gymnospermen Pflanze zur Anschauung gebracht wird. Wir haben zu diesem Zwecke die Frucht von *Taxus baccata* L. gewählt, um in der Darstellung der aus der denkbar-einfachsten Blüte resultirenden Frucht die Basis für das Verständniss complicirter Verhältnisse zu gewinnen.

Taxus baccata, die gemeine europäische Eibe, ist bekanntlich diöisch. Zur Blüthezeit — in den ersten lauen Tagen des Frühlings — tragen die männlichen Stöcke eine Menge augenfälliger, in die Ferne schwefelgelb schimmernde Blüten, die eine Unmasse trockenen, leichten Blütenstaubes in Form von kleinen Wölkchen an die Luft abgeben. Die weiblichen Stöcke dagegen tragen die ganz unscheinbaren, kaum stecknadelkopfgrossen, grünen weiblichen Blüten und zwar in bedeutend geringerer Menge als die männlichen Stöcke ihrerseits männliche Blüten produciren. Aber es gewährt einen wunderbaren Anblick, wenn der dunkelgrüne weibliche Baum nach wenigen warmen Frühlingstagen seine Blüten in empfängnisfähigen Zustand setzt und dann in Hunderten von kugeligen Tröpfchen erglänzt, wovon jedes den Scheitel einer weiblichen Blüte einnimmt, um den vom Winde hergetragenen Blütenstaub festzuhalten und an die befruchtungsfähige Stelle hinzuleiten.

Die weibliche Blüte von *Taxus baccata* ist in der That die denkbar einfachste Blüte des Pflanzenreiches. Sie besteht zur Zeit der Bestäubung nur aus einer orthotropen, mit einem einzigen Integument ausgestatteten Samenknospe, welche anscheinend den Scheitel eines kurzen Seitentriebes einnimmt, der selbst in der Blatt-Achsel eines mit grünen Nadeln ausgestatteten beblätterten Zweiges steht (vergl. Fig. 1, bl bl). Aber in Wirklichkeit steht die weibliche Blüte nicht am Scheitel des primären kurzen Seitentriebes, sondern sie schliesst einen Kurztrieb zweiter Ordnung ab, der in der Achsel eines schuppenförmigen Tragblattes am obern Theil des primären Kurztriebes entspringt und den Scheitel des letztern bei Seite drängend (vergl. Fig. 2, sk) über diesen hinaus in derselben Richtung weiterwächst. „In ganz seltenen Fällen kommt es dann auch vor, dass der primäre Kurztrieb, dessen Endknospe (sk in Fig. 2) in der Regel abortirt, nachträglich sich von neuem verlängert, die secundäre Achselknospe (Blüthenknospe) zur Seite drängt und zu einem kleinen beblätterten Zweige auswächst.“

Der secundäre Kurztrieb, welcher (über dem seitwärts gedrückten Scheitel sk des primären Kurztriebes) mit einer weiblichen Blüte abschliesst, trägt — unterhalb der letzteren — 3 Paare decussirter Blattschuppen, Vorblätter (schb in Fig. 2). Das unterste Paar dieser Schuppen steht zum Tragblatt des fertigen Kurztriebes quer, so dass unser Längsschnitt der weiblichen Blüte,

der durch die Mediane des Tragblattes geht, nur ein einziges von den 3 Schuppenpaaren des fertilen Kurztriebes zeigen kann. Auch die wenigen Blätter des primären Kurztriebes sind schuppenförmig, sie sind aber nicht opponirt, sondern spiralig angeordnet; auch entwickeln sie sich weniger stark, als die 3 Schuppenpaare des blüthentragenden Kurztriebes zweiter Ordnung, die zur Zeit der Fruchtreife am Grunde des fleischigen Arillus als trockenhäutige, gelbliche Gebilde sofort auffallen müssen, indess die verkümmerten Schuppchen des primären Kurztriebes dicht unterhalb jener ersteren gar nicht mehr in die Augen springen.

Ueber dem obersten jener 3 decussirten Schuppenpaare steht die nackte Samenknospe, deren Knospkern (K K in Fig. 2) den Scheitel des fertilen Kurztriebes einnimmt. Das Integument — in unserer Fig. 2 die Zellschichten ep, chl & scl umfassend — ist einfach. Wenn wir diese einfache Samenknospe mit derjenigen der meisten andern Pflanzen vergleichen, wo ein äusseres Integument eine innere Hülle umschliesst, so kommen wir zu dem Schluss, dass die Samenknospe von *Taxus baccata* des äusseren Integumentes entbehrt, statt desselben aber nachträglich einen Arillus (ar in Fig. 2) erhält, welcher als morphologisches Aequivalent der äusseren Hülle anzusehen ist. *)

Das Integument der weiblichen *Taxus*-Blüte besitzt eine relativ beträchtliche Dicke; es wird peripherisch von einer grosszelligen Epidermis (ep Fig. 2) begrenzt; auf diese folgt eine Zellschicht grosser, fast kubischer Zellen, die reichlich mit Chlorophyllkörnern ausgestattet sind (chl in Fig. 2); dann folgen noch einige kleinzellige Schichten (scl), die in ihrer grössten Ausdehnung bis zur Samenreife verholzen und den härtesten Theil der reifen Samenschale bilden helfen.

Der Knospkern (nucellus) K K Fig. 2 „ist in jungen Blüten völlig frei, später streckt er sich bedeutend an der Basis“ und erscheint dann in der untern Hälfte auf eine beträchtliche Strecke mit dem Integument verwachsen. Das letztere bildet über dem Scheitel des Knospkernes zur Zeit der Bestäubung einen ziemlich weiten Micropylengang, der einen wasserhellen Flüssigkeitstropfen enthält, welcher hinwieder bei lauem trockenem Frühlingswetter nicht nur den Micropylengang erfüllt, sondern, einem Thautropfen gleich, weit über den Scheitel der grünen Samenknospe vorragt. Dieser diamantglänzende Tropfen dient dazu, den vom Wind hergetragenen Blütenstaub festzuhalten. Nach kurzer Zeit verschwindet der Tropfen, sich mehr und mehr ins Innere der Micropyle zurückziehend, wobei die kleinen Pollenkörner durch den weiten Micropylengang auf den Scheitel des Knospkernes herniedergezogen werden, um daselbst keimend die Pollenschläuche zu bilden. Im Gewebe des Knospkernes K K Fig. 2, das zur Blüthezeit aus isodiametrischen zartwandigen Zellen besteht, entsteht um Mitte Mai durch Vergrösserung einer mittleren Zelle

*) Vergl. Strasburger, Angiospermen und Gymnospermen pag. 68.

der Basis des Knospenkernes der Embryosack **e** Fig. 2, der nun rasch weiter wächst, auf Kosten der benachbarten Zellen. Um die gleiche Zeit wird an der Basis des Integumentes, zwischen diesem letzteren und dem obersten Schuppenpaare des blüthentragenden Kurztriebes, ein Ringwall sichtbar, welcher, aus kleinen, sich rasch theilenden Zellen bestehend, die Anlage des Arillus **ar** Fig. 2, darstellt. Dieser Arillus, Samemantel, von andern Autoren auch Cupula genannt, verdankt seine Entstehung einer seitlichen Wucherung der Blüthenaxe und kann, wie oben bemerkt, als Analogon einer zweiten Hülle, eines äusseren Integumentes, aufgefasst werden. „Um diese Zeit beginnt auch erst die Differenzirung der Gefässbündel des Integumentes. Anfangs Juni füllt sich der Embryosack mit Endosperm, die Archegonien (Corpuscula) werden gebildet“ und das Ei im Anfang Juli durch den mittlerweile herunterwachsenden Pollenschlauch befruchtet. Der schon vorher mit Endosperm reich erfüllte Embryosack verdrängt nach und nach alles Knospenkerngewebe. Von den am Scheitel des Endosperms liegenden Archegonien (5 bis 8 an der Zahl) gibt in Folge der Befruchtung nur Eines einem lebensfähigen Embryo das Dasein. Ende August ist die Entwicklung des Keimes (Embryo) vollendet; die Samenschale erhärtet und bräunt sich auf der Oberfläche; bald darauf wächst auch der ringwallähnliche Arillus becherförmig um die Samenbasis herum, wird höher und höher und überragt endlich den Scheitel des reifen Samens, der mitten in seinem Grunde sitzt, um ein Beträchtliches, indem er saftig wird und eine prächtige purpurrothe Färbung annimmt (Fig. 3 & 4).

Es wäre unnütz — hier auch der unpassende Ort dazu — die vielerlei morphologischen Deutungen der Taxusblüthe und ihrer Theile, wie sie von verstorbenen und von zeitgenössischen Botanikern vertreten werden, an dieser Stelle vergleichend neben einander zu setzen. Da unsere Figuren der Taxustafel durchaus den thatsächlichen Verhältnissen entnommen sind, so dürfte es ein Leichtes sein, beim Gebrauch unseres Werkes die Demonstration der hier zur Anschauung gebrachten Objecte in einer von der obigen Auffassung abweichenden Deutung durchzuführen (man vergleiche Strasburger, die Coniferen und Gnetaceen. Jena 1872, pag. 4—8).

Wir haben in Fig. 3 einen samentragenden Zweig von *Taxus baccata* in natürlicher Grösse dargestellt. In Fig. 4 ist ein Zweig mit einem einzigen Samen bei 8-facher Vergrösserung zu dem Zwecke abgebildet worden, um die relative Grösse und Lage von Same und Arillus zu illustriren.

Der Arillus besitzt die bekannte Bechergestalt und besteht in reifem Zustande aus einem sehr zartwandigen saftigen Zellgewebe. Diese bläulich bereifte purpurne Becherhülle ist von bestrickender Schönheit und von süssem angenehmem Geschmack, durchaus nicht giftig und liefert, in grösseren Mengen gesammelt, einen schmackhaften „Fruchtsaft“ zum Einkochen. (In rohem Zustand zähflüssig, wird der Saft beim Erwärmen dünnflüssig-tropfbar).

Zur Zeit der Samenreife (Anfangs Oktober) gewährt der fruchtbehangene Baum mit seinen purpurnen Fleischbechern einen überraschenden Anblick. Erfolgt

das Ausreifen der Samen bei anhaltend ruhigem Wetter, so bleiben die „Früchte“ in überreifem Zustand so lange am Baum, bis ein unsanfter Herbstwind den letztern zu rütteln beginnt; dann fallen die Samen mit sammt den rothen Bechermänteln zu Boden. Hierbei lösen sich auch häufig einige Paare der trockenhäutigen Schuppenblätter, welche die Basis des Arillus stützen, (Fig. 4) gleichzeitig mit dem letztern vom Baume ab. Damit ist die Aussaat vollzogen.

Der reife Same (Fig. 5a & 5b) besitzt eine eiförmige Gestalt. Der untere Pol, mit welchem der Same im Arillus festsetzt, zeigt ein stumpfes Höckerchen, das rings von einer gürtelförmigen Basalfäche umgeben wird (Fig. 5a & 5b), während der obere Pol, dem Scheitel der Samenknope entsprechend, in eine nur wenig stumpfe Spitze ausgezogen ist. Der Same ist von 2 Seiten her etwas zusammengedrückt, was am besten aus Fig. 5b zu ersehen und besitzt somit zwei (stumpfe) Längskanten, die nach Strasburger (Coniferen und Gnetaceen pag. 4) mit der Mediane des obersten Schuppenpaares alterniren. Unter diesen Längskanten verlaufen im Gewebe des Integumentes resp. der Samenschale die nur schwach entwickelten Gefässbündel, die von der Basis der Samenknope an rechts und links hinaufsteigen bis zum Scheitel des Integumentes.

Die genauere Kenntniss vom Aufbau des reifen Samens von *Taxus baccata* verdanken wir der sorgfältigen Untersuchung, die Dr. William Kellermann, derzeit Professor in Lexington, Kentucky, im Winter 1880/81 im botanischen Laboratorium der Züricher Universität anlässlich des Studiums der Keimungsgeschichte von *Taxus* angestellt hat. Ihm verdanken wir auch die Originalzeichnungen zur Hauptfigur 6 unserer Tafel, sowie der Nebenfiguren 5a, 5b, 7 & 8.

Zur Zeit, da der reife Same vom Baum fällt, ist sein spec. Gewicht grösser als dasjenige des Wassers; die vom Arillus umgebenen frischen Samen sinken im Wasser rasch zu Boden. Wird der Arillus jedoch entfernt, so schwimmen die freien Samen ohne Schwierigkeit auf dem Wasserspiegel, da sie sich nur schwer benetzen, wohl in Folge eines äusserst feinen Wachsüberzuges der dunkelbraunen Epidermis. Ein medianer Längsschnitt (Fig. 6), in der Richtung des grössten Querdurchmessers **a—b** in Fig. 5b geführt, zeigt uns den ganzen Aufbau der 3 Bestandtheile des reifen Samens:

1. ausen die Samenschale, die Zellschichten **ep**, **chl** & **scl** umfassend.
2. den Eiweisskörper, Endosperm, **Es**.
3. den Embryo, in einer axilen Höhle des Endosperms liegend.

Die Samenschale baut sich aus folgenden Elementen auf: peripherisch liegt die stark verdickte und cuticularisirte Epidermis **ep**, deren Zellhöhlungen von einer dunkeln körnigen Masse erfüllt sind. Am oberem, spitzen Pol des reifen Samens reicht die dunkelbraune Epidermis bis zum Micropylengang **mg**, gegen den untern Pol hin schliesst die Epidermis mit einem Ringwall ab, welcher die weniger dunkel gefärbte Basalfäche des Samens umgibt. An letzterer, die ja die Anheftungsfläche zwischen Samen und Blüthenaxe bildet, ist selbstverständlich die Epidermis nicht vor-

handen, sondern wird am reifen Samen ersetzt durch einige farblose Zellschichten, deren kleine Zellen nur wenigverdickte Wände besitzen (**bz** in Fig. 6).

Unmittelbar unter der Epidermis **ep** folgt eine einfache Schicht relativ grosser, fast kubischer Zellen, deren radial gestellte Wände sich nicht verdicken, **chl** in Fig. 6. Diese Zellschicht enthält auch im reifen Samen noch zahlreiche Chlorophyllkörner, wir bezeichnen sie daher wohl am passendsten mit dem Ausdruck Chlorophyllschichte. Sie reicht einerseits bis an den Rand der abgestumpften Spitze am obern Pol, andererseits bis an die Peripherie des basalen Ringwalles am untern Pol.

Innerhalb der Chlorophyllschichte folgt eine mächtigere Lage kleinerer Zellen (**sc**l Fig. 6), von denen diejenigen, welche an die Chlorophyllschichte grenzen, eine radiale Anordnung zeigen, meist auch radial etwas verlängert sind. Mit Ausnahme einiger kleinerer Fragmente an der innern Peripherie der Samenschale, ist dieses kleinzellige Gewebe verholzt, die Wände sind stark verdickt, ungemein hart, das Zelllumen ist auf einen sehr kleinen zackigen Raum reducirt, die gelben verholzten Wände zeigen feine Porenkanäle und sind concentrisch geschichtet. Dieses sclerenchymatische Gewebe bildet den Hauptbestandtheil der Samenschale und kann nur durch grossen Druck gesprengt werden, indess die cuticularisirte, ebenfalls erhärtete Epidermis sammt der darunter liegenden Chlorophyllschichte (**ep** & **chl**) leicht vom reifen Samen abgekratzt werden kann. Das Sclerenchym der Samenschale umgibt den Eiweisskörper **Es** im ganzen Umfang; es setzt sich bis zum verengerten Micropylengang fort und reicht andererseits nicht allein bis in den basalen Ringwall **br br** hinein, sondern setzt sich auch continuirlich unter der Basis des Eiweisskörpers fort. Es ist das eigentliche Schutzorgan des Samen-Inhaltes.

Innerhalb der Samenschale folgt der compacte Eiweisskörper, das Endosperm **Es**, im Wesentlichen die Form des Samens besitzend. Nur findet sich an seinem Scheitel eine verjüngte Partie, welche als nach Oben abgerundeter Höcker in die glockenartige Erweiterung hineinragt, die von dem unterhalb des Micropylenganges **mg** kuppelartig zusammenneigenden Sclerenchym der Samenschale gebildet wird. Die isodiametrischen, zartwandigen, farblosen Zellen des Endosperms enthalten eine grosse Anzahl kleiner Oeltropfen, welche die Hauptmasse der im Endosperm abgelagerten Reservestoffe ausmachen. Nebst den Oeltröpfchen, die bei verletzten Zellen gerne in grössere Massen zusammenfliessen, findet sich als weiterer Zellinhalt feinkörniges Plasma mit Krystalloiden und kleinen Globoiden. Diese schmackhaften Reservestoffe des *Taxus*-Samens liefern beim Keimen das erste Baumaterial zur weiteren Entwicklung des vom Endosperm eingeschlossenen Embryos. Aber gerade wegen der Schmackhaftigkeit des Eiweisskörpers stehen die Samen der Eibe in grosser Gefahr, von Thieren gefressen zu werden, lange bevor die Keimung beginnt. Am Uetliberg bei Zürich, wo *Taxus baccata* noch sehr gemein ist und in herrlichen Beständen angetroffen wird, werden alljährlich Hunderttausende von Samen ausgereift und vor Eintritt des Winters abgeworfen. Nichts desto weniger trifft man im Frühjahr unter den dortigen Bäumen höchst selten eine zur Ent-

wicklung gelangende Keimpflanze, während die Ueberreste der von den Thieren erbrochenen und ausgefressenen Samen zu Tausenden am Boden liegen.

In einer langgestreckten, axil verlaufenden centralen Höhlung des Eiweisskörpers liegt der Embryo, die junge Keimpflanze, der wichtigste Inhaltsbestandtheil des Samens. Er steht, wie bei den übrigen Samenpflanzen, auf dem Kopf, sein Wurzelende (zwischen **V** & **T** Fig. 6) nach Oben, dem Scheitel des Samens zu, sein Stammscheitel (**s** zwischen **Co Co** Fig. 6) abwärts, der Basis des Samens zu gerichtet. Sein Wurzelende steht bei **T** mit einem Gewebestrang in Verbindung, der sich in variirender Krümmung gegen den micropylensichtigen Scheitel des Endosperms als sogen. Embryo-Träger fortsetzt. In unserer Fig. 6 ist dieser Embryoträger, welcher aus mehreren parallel neben einander verlaufenden Zellreihen besteht, nicht vollständig gezeichnet, sondern von darüber liegenden Endospermzellen verdeckt, so dass er nur durchschimmert. Abwärts gegen den Embryo hin zeigt der Embryoträger nur unregelmässig angeordnete Zellen (bei **T** Fig. 6); allmählig geht sein Gewebekörper in die Wurzelanlage des Embryos über, deren Vegetationspunkt bei **V** sofort in die Augen springt. Die den Vegetationspunkt **V** kappenartig deckenden Zellschichten zwischen **V** & **T** gehören zumeist der Wurzelhaube an, sind aber nicht scharf abgegrenzt weder gegen den Embryoträger hin, noch weiter abwärts (am Keimpflänzchen aufwärts) gegen die Rindengewebe **R R** der Wurzelbasis und des Stämmchens hin. Wie aus der Figur sofort ersichtlich, bilden Stämmchen und Wurzelanlage ein einziges continuirliches Axenorgan, an dessen oberem, der Samenbasis zugekehrten Ende der Stammscheitel **s** und die zwei einzigen Cotyledonen **Co, Co** liegen. Die Cotyledonen neigen über dem Vegetationspunkt **s** des Stämmchens zusammen, sie sind opponirt, gleich gross und ihre Berührungsfäche steht senkrecht zur Breitseite des Samens. Im Innern des Embryos, der eine walzenförmige, an beiden Enden etwas verjüngte Gestalt besitzt, kann man ohne Mühe die beginnende Differenzierung in Plerom **P** und Periblem **R R** unterscheiden. Bekanntlich geht aus dem letzteren bei der weiteren Entwicklung während des Keimens die primäre Rinde, aus dem ersteren der centrale Fibrovasalcyylinder (mit Einschluss des Stamm-Markes) hervor, während die peripherische, den ganzen Embryo nach Aussen abgrenzende Zellschicht, das sogen. Dermatogen später zur Epidermis wird. Der mediane Längsschnitt durch die Axe des Embryos zeigt auch bereits, dass das Plerom sich in die Cotyledonen hinein fortsetzt. Letztere sind im reifen Samen noch wenig entwickelt, verlängern sich aber während des ersten Keimungsstadiums beträchtlich und functioniren gegenüber dem Eiweisskörper als Saugorgane, welche aus dem Endosperm die Reservestoffe wegführen in den sich während des Keimens rasch entwickelnden Embryo.

Die Keimung des Samens. Es scheint, dass die Samen von *Taxus baccata* nur dann zu keimen vermögen, wenn sie — auf oder in der Erde liegend — allen Unbilden des Winters ausgesetzt werden; denn eine Menge durchaus reifer Samen, die in verschiedenen Aussaaten während des Winters im Warmhaus zum Keimen veranlasst werden sollten, versagten vollständig,

während am Uetli die von Thieren verschonten Samen im Freien regelmässig keimen.

Wenn der Same in feuchtem Boden liegt, so schwillt beim Keimen das Endosperm an, die Samenschale wird gesprengt und reisst bei *Taxus baccata* meisst vom Wurzelende des Keimes an längs der beiden Längskanten (also an den Schmalseiten des zusammengedrückten Samens) auf, Fig. 7 B. Das Wurzelende wird durch eine rasche Streckung der Achse am Scheitel des Endosperms hinausgeschoben und krümmt sich nun alsbald, der Schwerkraft folgend, abwärts in die Erde. Weiter wachsend wird diese direkte Verlängerung des Stengels zur kräftigen, absteigenden Pfahlwurzel *w* in Fig. 7 A & 7 B, aus welcher später in acropetaler Folge rasch die ersten Seitenwurzeln hervortreten (Fig. 8). Nach dem Austritt des Wurzelendes aus dem geborstenen Samen strecken sich auch die Cotyledonen, schieben ihre Basen und das dazwischen liegende Axenende hinaus, bleiben aber mit ihren mittlern und obern Theilen noch so lange im Endosperm *e* eingeschlossen (*co* in Fig. 7 A), bis dieser Reservestoffbehälter ausgesogen ist. Bei *Taxus baccata* verlängert sich das unterhalb der Cotyledonen liegende (hypocotyle) Stengelglied beträchtlich, macht dabei ein scharfes, aufwärts gerichtetes Knie, (*hst* in Fig. 7 A & B), welches den Boden, in dem die Keimung stattfindet, durchbricht und endlich die Cotyledonen nachzieht. Sobald letztere an's Tageslicht getreten sind, streckt sich das hypocotyle Glied gerade, die beiden opponirten Cotyledonen (*Co Co* in Fig. 8) breiten sich aus und diese schon vorher ergrünten ersten Blätter functioniren nun als erste Laubblätter der Keimpflanze, deren epycotyle Axe in der Folge noch einige weitere Blätter zur Entwicklung bringt, um dann gegen das Ende der ersten Vegetationsperiode mit einer endständigen Knospe (Winterknospe) abzuschliessen (Fig. 8).

Fig. 1. Ein beblätterter Zweig mit etlichen Blüten (*bl bl*), 2 $\frac{1}{2}$ Monate nach der Bestäubung. Nach der Natur gezeichnet am 19. Mai 1881. Vergrösserung $\frac{5}{1}$.

Fig. 2. Eine Blüthe im medianen Längsschnitt, 2 $\frac{1}{2}$ Monate nach der Bestäubung, bei 50-facher Vergrösserung nach der Natur gezeichnet am 19. Mai 1881. *sk* — auf die Seite geschobene, abortirte Endknospe des primären Kurztriebes,

an welchem der secundäre blüthentragende Trieb entspringt. *ar* — Arillus. *ep* — Epidermis des Integumentes, *chl* — Chlorophyllschichte, *scl* — Sclerenchymsschichte des Integumentes. *KK* — Knospkern (nucellus), *e* — Embryosack.

Fig. 3. Ein beblätterter Zweig mit reifen Samen, in natürlicher Grösse nach dem Leben gezeichnet 2. Oktober 1880. An dem Zweige links ist der Arillus eines Samens unentwickelt geblieben.

Fig. 4. Fragment eines beblätterten Zweiges mit reifem Samen, bei 8-facher Vergrösserung nach der Natur gezeichnet im October 1880.

Fig. 5. a b. Reifer Same von der Breitseite (**5a**) und von der Basis (**5b**) gesehen. Vergr. $\frac{10}{1}$.

Fig. 6. Medianer Längsschnitt durch den reifen Samen, Schnitt in der Richtung von **a—b** Fig. 5b geführt. *S* — Scheitel des Samens mit dem Micropylen-Ausgang *mg*. *bz* — basales peripherisches Gewebe der Samenschale. *br br* — basaler Ringwall. *ep* — cuticularisirte Epidermis, *chl* — Chlorophyllschicht, *scl* — Sclerenchymsschicht der Samenschale. *Es, Es* — der grosse Eiweisskörper (Endosperm) in dessen Axe der Embryo liegt. *T* — Embryoträger, *V* — Vegetationspunkt der Wurzel, *P* — Pleromcylinder, *R R* — Periblemcyllinder des Keimstämmchens; *Co Co* — Cotyledonen, *s* — Scheitel des Keimstämmchens. Vergr. $\frac{120}{1}$.

Fig. 7. A. Der von der Samenschale befreite keimende und aufgeschnittene Same. *e* — Endosperm, *Co* — Cotyledonen, welche den Endospermkörper aussaugen; *hst* — hypocotyle Stengel, knieförmig gebogen, *W* — Hauptwurzel. $\frac{7}{1}$. **B.** Derselbe Keimling in unberührtem Zustand, mit seinen obern Theilen noch im Endosperm und in der geborstenen Samenschale *ss* eingeschlossen. Vergrösserung $\frac{7}{1}$.

Fig. 8. Keimpflanze von *Taxus baccata* am Ende der ersten Vegetationsperiode. Vergrösserung $\frac{2}{1}$. *Co Co* — die beiden grünen, bleibenden Cotyledonen.

Die Figuren 5, 6, 7 & 8 nach Originalzeichnungen von Dr. William Kellermann.

- Literatur:** **Strasburger**, Dr. **Eduard**. Die Coniferen und die Gnetaceen, mit Atlas von XXVI. Tafeln. Jena 1872.
Lürssen, Dr. **Chr.** Medicinisch-pharmaceutische Botanik. Bd. II. Leipzig 1879.
Strasburger. Die Angiospermen und Gymnospermen. Jena 1879.
Sachs. Lehrbuch der Botanik. IV. Auflage. Leipzig 1874.

Pinus Laricio

var. austriaca Endl:

(Fol. A. und Fol. B.)

Zu den niedersten Blütenpflanzen gehören die Nadelhölzer (Coniferen), welche bekanntlich mit einigen andern Gruppen die unterste Klasse der Phanerogamen, die sogen. Gymnospermen, die nacktsamigen Gewächse darstellen. In der That reihen sie sich im natürlichen Pflanzensystem direkt an die obersten, die höchst differenzirten Kryptogamen an. Die Entwicklungsgeschichte hat so viele übereinstimmende Momente aus der Biologie der Gefässkryptogamen und der Gymnospermen zu Tage gefördert, dass wir heute unmöglich mehr an einem genetischen Zusammenhang beider Pflanzenklassen zweifeln können und für den Biologen die tiefe Kluft, welche bis vor Kurzem die Blütenpflanzen von den Kryptogamen zu trennen schien, nicht mehr existirt. So kommt denn unsern Nadelhölzern — abgesehen von dem national-ökonomischen und klimatologischen Standpunkt — eine wissenschaftliche Bedeutung zu, wie kaum einer andern Gruppe von Blütenpflanzen. Für die Phylogenese sind sie geradezu unentbehrliche Wegweiser, die an der untern Grenze des Phanerogamen-Reiches hinüberzeigen ins vielgestaltige Areal der Kryptogamen.

Wir haben in den beiden vorliegenden Tafeln die Blütenbestandtheile und die Frucht der österreichischen Schwarzföhre (*Pinus Laricio* var. *austriaca*) dargestellt, um in einer folgenden Tafel (Supplement) sodann die intimern sexuellen Vorgänge innerhalb der Samenknospe zur Anschauung zu bringen.

Die männlichen Blüten (Tafel A) von *Pinus Laricio* sind Zäpfchen und stehen zu 3 bis 10 und noch mehr anscheinend am Ende eines mit Nadeln besetzten vorjährigen Zweiges, in Wirklichkeit aber an der untern Hälfte eines jungen Zweiges, der sich nach dem Verstäuben der Blüten aus der Mitte der Inflorescenz (also am Ende des vorjährigen Zweiges) erhebt und in seiner obern Hälfte die Kurztriebe mit ihren jungen Nadelpaaren entfaltet. In Fig. 1 Tafel A sehen wir eine männliche Inflorescenz von 9 Blüten, in ihrer Mitte die Spitzen der ersten sichtbaren Nadeln des diesjährigen Zweiges. Das Heranreifen der männlichen Blüten erfolgte im Beobachtungsjahr (1878) an den Bäumen des botanischen Gartens in Zürich im Mai, das Verstäuben fand in der zweiten Hälfte dieses Monats statt, während in südlicheren Gegenden diese Prozesse selbstverständlich früher erfolgen. (Strasburger sah in Catania — Sicilien — schon am 10. März *Pinus Laricio* verstäuben.)

Die Einzelblüte — ein Zäpfchen — (von manchen Botanikern fälschlich auch „Kätzchen“ genannt) entspricht in ihrer Stellung durchaus einem jener Kurztriebe, der je ein Paar Nadeln trägt und steht wie der nadelbildende Kurztrieb in der Achsel eines Niederblattes. In Fig. 2 Tafel A sehen wir eine vollständig entwickelte Blüte in 54-facher Vergrößerung dargestellt. An der Basis derselben sehen wir etliche braun gefärbte, schuppenartige, trockene Vorblätter *br br*, deren Seitenränder und Spitzen ausgefranst sind. Oberflächlich betrachtet erscheinen die Staubblätter in rechts- und linksläufige Spiralen angeordnet; es sind dies die sogen. secundären Spiralen oder

Parastichen, wie wir sie z. B. an jedem Tannzapfen ebenfalls beobachten können. In Wirklichkeit ist die Blattdivergenz der männlichen Blüte von *Pinus Laricio* $\frac{2}{13}$, die Grundspirale (genetische Blattspirale) ist aber wegen der dichten Stellung der Blätter eine so langsam ansteigende, dass sie auch hier dem oberflächlichen Blick entgeht.

Ein senkrechter Längsschnitt durch die männliche Blüte, wie wir ihn in Fig. 3 dargestellt haben, zeigt uns im Wesentlichen den Bau der Blütenaxe und der an ihr sitzenden Staubblätter. Jene ist spindelförmig, in der halben Länge am kräftigsten, gegen die Basis, wie gegen den Scheitel hin verjüngt. Die grösste Masse dieses spindelförmigen Gewebekörpers besteht aus parenchymatischem Grundgewebe, durch welches sich — vom Grund der Blütenaxe aus — zahlreiche zarte Gefässbündel hinziehen, die sich aufwärts verzweigen und an jedes Staubblatt je einen schwachen Strang absenden (*g g* in Fig. 3 & 5 Tafel A). Die vielen Staubblätter stehen an der verlängerten Blütenaxe so dicht über einander, dass sie sich zur Zeit des Verstäubens meistens allseitig berühren. (Freilich zeichnet sich *Pinus Laricio* vor andern Arten derselben Gattung dadurch aus, dass während der Pollenaussaat, in manchen Fällen schon vorher, die Blütenaxe sich rasch zu strecken beginnt, wobei die einzelnen Staubblätter aus einander rücken und sich oft beträchtlich von einander entfernen). Das einzelne Staubblatt ist stiellos; von der Blüthenspindel aus geht, wie die Figg. 3 & 5 zeigen, ein stielartiger Gewebekörper ab, der von einem schwachen Gefässstrang durchzogen wird und an seinem äusseren Ende, an der Peripherie der zapfenartigen Blüte, sich in ein blattähnliches Gebilde erweitert. Aber jener stielartige Gewebekörper trägt auf der Unterseite rechts und links je einen Staubsack. Beide Staubsäcke, die mit jenem stielartigen Körper parallel laufen, sind auf der ganzen Länge mit ihm verwachsen; wir müssen jenen Körper daher wohl als Analogon des Connectivs auffassen, wie wir es bei den Staubblättern der Mono- und Dicotyledonen antreffen (*co co* in Fig. 3, 4, 5 Tafel A). — Die Staubsäcke *s s* erstrecken sich von der Blüthenspindel an bis unter die Fläche der blattartigen Verbreitung *sp* des Connectivs. Letztere ist in der untern Hälfte mit dem äussern Ende der Staubsäcke verwachsen, in der obern Hälfte (dem Scheitel der Blüte zugekehrt) dagegen frei und über den untern Theil des nächsthöheren, senkrecht über ihm stehenden Staubblattes, sowie über die Ränder der benachbarten (rechts und links) höher stehenden Blätter vorgreifend, Fig. 2 & 3. Diese schildförmige peripherische Gewebeplatte, welche bei oberflächlicher Betrachtung der männlichen Blüte als purpurn schattirte gelbe oder gelbgrüne Zapfenschuppe erscheint, besteht bloss aus parenchymatischen Zellen und entbehrt der Gefässe vollständig. Ihre nach Aussen grenzende Epidermis geht nach unten unmerklich in die Epidermis der zwei Staubsäcke über. Zur Zeit der Pollenreife besteht die Wand der Antheren in ihrer grössten Ausdehnung bloss aus einer einzigen Zellschichte, der Epidermis, deren Zellmembranen zierliche

Verdickungen zeigen (vergl. in Fig. 4 Tafel A die regelmässigen Punktreihen auf den Begrenzungslinien der Epidermiszellen), wie sie Strasburger auch bei *Pinus Pumilio* angetroffen, beschrieben und abgebildet hat (Coniferen und Gnetaceen Tafel VI. Fig. 24). Die Epidermiszellen sind in der Richtung der Längsaxe des Pollensackes stark verlängert, (e e in Fig. 4 Tafel A). Die Pollensäcke selbst sind nicht allein mit dem Connectiv, sondern auch auf der ganzen Länge unter sich verwachsen. Sie öffnen sich je durch einen Längsriss, der sich an der untern Seite des Sackes, von der Blüthenspindel an bis zur peripherischen Staubblattschuppe erstreckt. Sobald der Riss den Pollensack geöffnet hat, stülpen sich die aus einander klaffenden Wände rückwärts, die wellenartigen Krümmungen derselben bringen den trockenen pulverartigen Pollen in's Rutschen und in kurzer Zeit tritt der Blütenstaub aus allen Zwischenräumen der männlichen Blüthe an's Tageslicht, an den Sonnenschein und die trockene Luft, aber auch an den Wind, der bei der Aussaat des Pollens aller Coniferen eine Hauptrolle spielt. Dass dies der Fall, lehrt ein flüchtiger Blick auf eine plötzlich vom Wind bewegte, bei vorher ruhender Atmosphäre verstäubende Föhre: der erste Windhauch führt ganze Wolken schwefelgelben Blütenstaubes mit sich und trägt sie weithin auf andere Bäume oder auch benachbarte Felder oder Seespiegel, die nicht selten streckenweise wie von Schwefelblumen bedeckt erscheinen (die natürliche Ursache der Sage vom Schwefelregen). Der aus den reifen Antheren tretende Blütenstaub von *Pinus Laricio* ist durchaus trocken, staubartig, nicht cohärent, das einzelne Pollenkorn besitzt eine fast kugelige Gestalt mit bald mehr, bald weniger abgeplatteten Polen. In der Nähe des einen Poles findet sich beiderseits je eine lufthaltige blasige Anschwellung; es sind diese Blasen nichts anderes als Flugorgane, welche das spezifische Gewicht des relativ grossen Pollens bedeutend vermindern (pr pr in Fig. 7 & 8 Tafel A) und das Blütenstaubkorn zum Transport durch die Luft auf weite Strecken hin befähigen. Diese „Flügel“ entstehen beim heranreifenden Pollen dadurch, dass sich an den betreffenden Stellen die äussere Membranschicht von der darunter liegenden Hautschicht trennt und rasch an Ausdehnung zunimmt, wobei erst Wasser in den blasigen Zwischenraum tritt, welches aber im letzten Stadium der Pollenreihe durch Luft ersetzt wird. Die Membran der lufthaltigen Blasen ist netzartig verdickt und zwar auf der Innenseite, dem Hohlraum angrenzend. Die Membran des Pollenkornes besteht aus zwei wesentlich verschiedenen Schichten oder Häuten; einer äussern, dünnern, gelblich gefärbten, die man Exine nennt — sie entspricht dem Exospor der Kryptogamen-Sporen — und einer innern farblosen, dickeren, quellungsfähigen, der Intine, welche dem Endospor der Kryptogamensporen entspricht (in Fig. 7 Tafel A ist ex die Exine, in die Intine). Der ganze Innenraum des kugeligen oder eiförmigen Pollenkörpers ist von körnigem Plasma erfüllt. Bei Anwendung gewisser Reagenzien lässt sich auch leicht die Theilung des Polleninhalts in eine grössere und eine kleinere Zelle nachweisen; durch eine uhrglas-förmige Zellwand, welche an dem einen abgeflachten Pol, an der Rückenseite des Pollenkornes, auf der Innenwand (Intine) aufgesetzt ist, wird im letzten Reifestadium der ursprünglich einzellige Pollenkörper in zwei Zellen

getheilt, von denen jede einen Zellkern mit Kernkörperchen besitzt (n n in Fig. 7 A). Bezeichnen wir den andern abgeflachten Pol des Pollenkornes, in dessen Nähe die lufthaltigen Flügel sitzen, mit dem Ausdruck „Bauchseite,“ so besteht der Pollen-Inhalt also aus einer kleinern biconvexen Rücken-zelle (v) und einer grossen Bauchzelle (an in Fig. 7 A Tafel A).

Bringt man frisch verstäubte Pollenkörner in eine mässig concentrirte Zuckerlösung und lässt sie einige Tage liegen, so treibt die grosse Pollenzelle (Bauchzelle) einen Keimschlauch (ps Fig. 8 Tafel A). Dabei wird die äussere Pollenhaut (Exine) an der Bauchseite zersprengt; die aufquellende Intine tritt aus dem Riss heraus in Form eines warzenartigen Auswuchses, der allmählich sich zum Pollenschlauch verlängert. Unter Aufnahme von Zuckerlösung von aussen her ergiesst sich nach und nach der ganze Inhalt der grossen Pollenzelle in den Pollenschlauch, wobei sich zahlreiche grosse Amylon-Körner bilden (am), während der Zellkern n sich an die Spitze des Schlauches begibt. Hier besteht der Inhalt des Pollenschlauches aus feinkörnigem Plasma; erst in gewisser Entfernung vom Zellkern treten die grossen Stärkeköerner auf.

Das Gleiche findet bei den Pollenkörnern statt, welche beim Verstäuben auf eine weibliche Blüthe und dort direkt auf die Kernwarze der Samenknospe gelangen (vergl. po in Fig. 5 Tafel B). Dort treibt die grosse Bauchzelle des Pollens einen Schlauch, der durch das Gewebe des Knospenkernes hinunterwächst bis zu den weiblichen Zellen im Embryosack. Man hat daher mit Recht die grosse Bauchzelle des Pollens als Analogon der Antheridiumzelle am männlichen Prothallium der höhern Gefässkryptogamen aufgefasst, während die kleine Rücken-zelle des Pollenkornes dem vegetativen Körper eines höchst rudimentären Prothalliums gleichzusetzen ist. Sie erhielt daher auch den Namen „vegetative Zelle.“

Es braucht wohl kaum besonders hervorgehoben zu werden, dass die männlichen Blüthen von *Pinus Laricio*, welche bis zum Schluss des Verstäubungsprocesses beträchtlich in die Länge wachsen, kurz nach der Entleerung des Pollens austrocknen und früher oder später als „kätzchenartige“ Gebilde abgeworfen werden.

Die weiblichen Organe von *Pinus Laricio* erscheinen ebenfalls in Zapfen angeordnet. Ueber die morphologische Deutung des weiblichen Zapfens sind zur Stunde die Botaniker noch ungleicher Ansicht. Während die einen Morphologen den Föhrenzapfen als Einzelblüthe, resp. als Einzelfrucht auffassen, führen andere sehr gewichtige Argumente in's Feld, wonach der weibliche Zapfen als Blütenstand, resp. als Fruchtstand betrachtet werden müsste. Es kann nicht in der Aufgabe unseres Werkes liegen, in diesem Widerstreit eine einseitige Parteilichkeit zu nehmen; wir beschränken uns darauf, die wesentlichsten Verhältnisse bildlich so darzustellen, wie sie die Natur uns in den lebenden Objekten geboten hat, es dabei dem einzelnen Docenten, der von unserem Werke beim Unterricht Gebrauch macht, überlassend, welcher von den beiden Auffassungen und ihrer entsprechenden Terminologie er den Vorzug geben will.

In Fig. 1 Tafel B haben wir die 3 wichtigsten Entwicklungsstadien des weiblichen Zapfens an einem und demselben Ast von *Pinus Laricio* vor uns: an der Spitze den jungen weiblichen Zapfen f zur Bestäu-

bungszeit; in der Mitte — an der Grenze zwischen dies-jährigem und vorjährigem Zweig zwei weibliche Zapfen **f' f'**, die vor einem Jahr bestäubt wurden und noch unreif, erst halberwachsen sind, und am Grund der Figur zwei reife weibliche Zapfen **f" f"**, im Begriff, ihre geflügelten Samen zu entleeren, zwei Jahre nach der Bestäubung.

Die weiblichen Zapfen entstehen entweder einzeln oder zu mehreren an der Spitze der jungen Zweige, die im Mai rasch aus den im Vorjahr gebildeten Knospen emportreiben. Sie werden in den Achseln ähnlicher Deckblätter wie die nadeltragenden Kurztriebe angelegt, doch an der Stelle, wo sich sonst Zweigknospen bilden. In unserer Fig. 1 findet sich an der Spitze des diesjährigen Zweiges nur ein einziger weiblicher Blüten-Zapfen, während auf andern Zweigen desselben Baumes häufig deren 3 und 4 gezählt wurden, zwischen denen dann in der Mitte die Zweigknospe für das nächste Jahr zu sehen war, während die letztere am vorliegenden Zweige anscheinend unterhalb des Blütenzapfens und seitlich von diesem steht (**k** in Fig. 1). In Fig. 3 ist der in Fig. 1 an der Zweigspitze stehende Blütenzapfen **f** stark vergrößert zur Anschauung gebracht. Er ist gleichsam gestielt, der Stiel mit einer grössern Anzahl von ausgetrockneten, schuppenartigen, am Rande ausgefranst und braungefärbten Niederblättern bekleidet (**br br** Fig. 3). Die zur Bestäubungszeit zu Tage tretenden Schuppentheile des Blütenzapfens sind purpurn gefärbt, stellenweise auch grün nüancirt. Die Blattdivergenz ist auch hier, wie beim männlichen Zapfen ⁵/₁₃ und die Parastichen treten ebenfalls schon zu dieser Zeit deutlich hervor. In Fig. 2 haben wir ein Fragment des tangentialen senkrechten Längsschnittes vor uns, der die wesentlichsten Bestandtheile des Zapfens hinreichend erläutert. An der Zapfenaxe **ax** sitzen zweierlei blatt- oder schuppenartige Gebilde: die purpurn gefärbten kürzern Deckschuppen **d d**, in deren Achseln — und an ihrer Basis mit ihnen verwachsen — die grösseren Fruchtschuppen **fs fs**; letztere sind an ihrer Spitze mit einem kegelförmigen Gewebekörper versehen, welcher namentlich bei der oberflächlichen Betrachtung des Blütenzapfens sich gleich bemerklich macht und wohl für das Auffangen der Pollenkörner nicht ohne Bedeutung ist. Die Deckschuppen **d** sind bei der Betrachtung des Zapfens von Aussen nicht sichtbar; sie sind beträchtlich kürzer als die in ihrer Achsel sitzenden Fruchtschuppen; sie vergrössern sich auch in der Folge nicht mehr, so dass wir sie am reifen Fruchtzapfen umsonst suchen. Die Fruchtschuppen **fs fs** tragen auf ihrer Oberseite, an der Basis, wo sie der Zapfenspindel inserirt sind, je 2 Samenknospen, (Fig. 4 **sk** Tafel B) je eine rechts und links von der Mittellinie der Schuppe. Die Längs-Axen beider Samenknospen divergiren in den Richtungen von der Basis zum Scheitel. Die einzelne Samenknospe besteht zur Blüthezeit aus einem langgestreckten eiförmigen Knospenkern (**k k** in Fig. 5) und dem aus mehreren Zellschichten bestehenden einfachen Integument **int** in Fig. 5), das nur am untern Theil des Knospenkerns mit diesem letztern verwachsen ist, während es den Scheitel des Knospenkerns trichterförmig überkrönt und nach zwei Seiten hin in langgestreckte Gewebelappen auswächst (**ap** in Fig. 4 & 5). Ein weiter Mikropylen-Gang (**my**) führt von

der Basis jener Lappen **ap** hinein auf den Scheitel der Samenknospe, die sogen. Kernwarze (**kw** in Fig. 4 & 5). Wie ein Blick auf die Figg. 2, 4 & 5 lehrt, sind die Samenknospen gerade (atrop), stiellos — also ohne Nabelstrang (funiculus), auf der Fruchtschuppe sitzend und mit der einen Seite auf ihrer ganzen Länge mit jener verwachsen. Der Scheitel der Samenknospe mit seinem weiten Mikropylengang ist abwärts, dem Winkel zwischen Fruchtschuppe und Zapfenspindel zugekehrt, jedoch der Längsaxe der Fruchtschuppe etwas abgewendet. Durch die Stellung der Fruchtschuppen an der Zapfenspindel, sowie durch die Lage der Samenknospen am innern Winkel zwischen Fruchtschuppe und Zapfenaxe und durch den Bau von Fruchtschuppe und Samenknospe sind Verhältnisse gegeben, durch welche die auf den weiblichen Blütenzapfen fallenden Pollenkörner sehr leicht den Weg zum Mikropylengang der Samenknospen finden. Dort wird zur Bestäubungszeit ein Tropfen Flüssigkeit ausgeschieden, an welchem das trockene Pollenkorn haften bleibt. Jener Tropfen wird aber in kurzer Zeit kleiner und kleiner, wobei das Pollenkorn vollends durch den Mikropylengang auf den Scheitel der Samenknospe, die Kernwarze **kw** hinuntergezogen wird und somit direkt mit dem nackten Scheitel des Knospenkerns in Berührung kommt (Fig. 5 **po**). Das Blütenstaubkorn beginnt sofort zu keimen; der Pollenschlauch aus der grossen Bauchzelle dringt in das Gewebe des Knospenkerns hinein und wächst daselbst abwärts, dem Embryosack entgegen. Letzterer ist zur Bestäubungszeit noch nicht deutlich wahrnehmbar, sondern entwickelt sich erst in der Folge zum grossen Behälter des Endosperms und der am Scheitel des letzteren auftretenden Archegonien (Corpuscula). Da wir die im Knospenkern stattfindenden intimern Sexualprocesse auf einer besondern Tafel zur Darstellung bringen werden, so dürfte es genügen, hier summarisch zu verfahren.

Nach der Bestäubung wachsen die Theile des weiblichen Blütenzapfens (mit Ausnahme der Deckschuppen) rasch heran zu der Grösse, wie wir sie in Fig. 1 **f' f'** an den halberwachsenen Fruchtzapfen sehen. Dabei verdicken sich auch die Fruchtschuppen derart, dass sie sämmtlich dicht zusammenschliessen, nirgends einen freien Zwischenraum übrig lassend; der ganze Zapfen nimmt eine grüne Farbe an; die Samenknospen sind vor allen schädlichen Einflüssen geschützt, das Gewicht des Zapfens veranlasst eine Biegung des kurzen Stieles in dem Sinne, dass die im Herbst des ersten Jahres halberwachsenen Zapfen bereits eine hängende Stellung einnehmen. Ueber den Winter bleibt der Fruchtzapfen unverändert; die Pollenschläuche haben im Innern der Samenknospen die Befruchtung noch nicht vollzogen; sie sistiren ihr Wachstum für den Winter ebenfalls. Erst im Anfang des 2ten Sommers, auf dem Entwicklungsstadium **f' f'** der Fruchtzapfen in Fig. 1 erreichen die Pollenschläuche die Eizellen im Embryosack. Die eigentliche Befruchtung findet somit erst ein Jahr nach dem Bestäuben der weiblichen Blütenzapfen statt. Nach diesen intimsten sexuellen Vorgängen entwickelt sich der Fruchtzapfen im Verlaufe des zweiten Sommers zur Vollendung: die Fruchtschuppen verholzen, während die Samenknospen zu den reifen Samen heranwachsen. Bis zum Anfang des 3ten Sommers bleiben die Zapfen geschlossen, die Fruchtschuppen schliessen immer noch dicht zusammen. Erst wenn

die Samen völlig ausgereift sind (Fig. 7 A & B) beginnen die Fruchtschuppen auszutrocknen und aus einander zu treten, wie Fig. 1 f' f' und Fig. 6 zeigt. Die Samen-Aussaart erfolgt im Verlauf des 3ten Sommers. Eine Vergleichung zwischen der verholzten Fruchtschuppe (Fig. 7 B & C) mit ihren beiden reifen Samen und der Fruchtschuppe mit den beiden Samenknospen (Fig. 4) zur Blüthezeit zeigt, dass während der Entwicklung des Blüthenzapfens zum Fruchtzapfen hauptsächlich der mittlere Theil der Schuppe sich in die Länge dehnt, während der oberste, von einer Kegelspitze überkrönte Theil der Fruchtschuppe im weitem Wachstum bedeutend zurückbleibt. Die reifen Samen mit ihrer verholzten Samenschale liegen in Vertiefungen an der Basis der Fruchtschuppe (Fig. 7 B). Mit ihnen löst sich aber auch jeweils eine flügelartige Gewebeplatte (al Fig. 7 A) von der Oberseite der Fruchtschuppe ab, die aber keineswegs zum Samen gehört, sondern auch nur lose und nur so lange mit dem letzteren im Zusammenhang steht, bis sie als „Flügel“ bei der Samen-Aussaart ihre Mission erfüllt hat. Ein leiser Druck genügt, um den eiförmigen Samen von dieser flügelartigen Gewebeplatte loszutrennen.

I. Tafel A.

- Fig. 1.** Ein vorjähriger Zweig mit zahlreichen Kurztrieben und Nadelpaaren bedeckt, an seiner Spitze die sich rasch zum diesjährigen Triebe entwickelnde Zweigknospe *r*, um deren untere Hälfte die 9 männlichen Blüten ♂ gruppirt sind. Bei *r'* ein diesjähriger Seitenzweig, eben aus der Knospe brechend. Natürl. Grösse. Gezeichnet am 24. Mai 1878.
- Fig. 2.** Eine verstäubende männliche Blüthe stark vergrössert. *br br* — die trockenen schuppigen Vorblätter, *sp sp* — die peripherischen schuppenartigen Theile der Staubblätter; an der Basis derselben sehen wir die zwischen den Blättern vorgequollenen, trockenen Pollenkörner. Vergr. $5\frac{1}{2}$.
- Fig. 3.** Senkrechter Längsschnitt durch die männliche Blüthe. *g g* die Gefässbündel, welche die Zapfenspindel durchziehen und in die Staubblätter abgehen. *co* — Connectiv, *s* — Pollensack, *sp* — der schuppenartige Theil des einzelnen Staubblattes. Bei *s'* ein Staubsack noch ganz, bei *s'* zum Theil noch mit Pollen erfüllt. Vergr. $8\frac{1}{2}$.
- Fig. 4.** Ein entleertes, durch zwei Längsrisse geöffnetes Staubblatt, schief von aussen und unten gesehen. *sp* — der Schuppentheil, *co* — Connectiv, *e e* — Epidermis der geöffneten Staubsäcke. Vergr. $10\frac{1}{2}$.
- Fig. 5.** Senkrechter Längsschnitt durch ein Staubblatt, *ax* — Axe des männlichen Blüthenzapfens. Die übrigen Bezeichnungen wie in Fig. 3 & 4. Vergrösserung $8\frac{1}{2}$.
- Fig. 6.** Zwölf Pollenkörner bei schwacher Vergrösserung, im trockenen Zustand beobachtet. $800\frac{1}{2}$.
- Fig. 7.** A — Optischer Schnitt durch ein reifes Pollen-

korn, das erst in Zuckerlösung, dann mehrere Monate in Glycerin gelegen hatte. *pr pr* — Luftsäcke, *ex* — Exine, *in* — Intine, *v* die kleine Rückenzone oder „vegetative“ Zelle, *an* — die grosse Bauchzelle. *nn* — Zellkerne B. Ein anderes Pollenkorn, mit denselben Reagenzien behandelt, von der Bauchseite gesehen. In beiden Pollenkörnern sind die Plasmakörper der einzelnen Zellen etwas contrahirt, die Intine dagegen aufgequollen. Vergröss. $2000\frac{1}{2}$. Nach der Natur gezeichnet am 24. Oktbr. 1878

- Fig. 8.** Ein in Zuckerlösung keimendes Pollenkorn; im Schlauch *ps* die zahlreichen grossen Stärkeköerner *am am*, am Scheitel der Zellkern. Vergr. $2000\frac{1}{2}$. Nach der Natur gezeichnet den 30. Mai 1878

II. Tafel B.

- Fig. 1.** Die drei hauptsächlichsten Entwicklungsstadien der weiblichen Zapfen, in natürlicher Grösse nach der Natur gezeichnet am 22. Mai 1878. *f* ein weiblicher Zapfen am obern Ende des diesjährigen Triebes, *f'* zwei halberwachsene Zapfen am obern Ende des vorjährigen Triebes, *f''* — zwei reife Fruchtzapfen am obern Ende eines zweijährigen Triebes. *a, b, c* — drei ebenbürtige diesjährige Triebe mit den sich eben entfaltenden jungen Nadeln auf den zahlreichen Kurztrieben.
- Fig. 2.** Fragment eines tangentialen Längsschnittes durch einen weiblichen Zapfen zur Bestäubungszeit. *ax* — Axe, *dd* — Deckschuppen. *fs fs* — Fruchtschuppen mit den Samenknospen *sk sk* an ihrer Basis. Vergr. $4\frac{1}{2}$.
- Fig. 3.** Ein weiblicher Zapfen zur Zeit der Bestäubung von der Seite gesehen. *br br* — die trockenen schuppenartigen Blätter am Zapfenstiel. *fs* — Fruchtschuppen. Vergr. $2\frac{1}{2}$.
- Fig. 4.** Eine Fruchtschuppe zur Blüthezeit, von oben betrachtet. *sk* — Samenknospe, *my* — Mikropylengang, *ap* — lappenartige Auswüchse der Samenknospenhülle. *kw* — Kernwarze. Vergrösserung $3\frac{1}{2}$.
- Fig. 5.** Eine Samenknospe bei 300-facher Vergrösserung. *kk* — Knospkern, *po* — Pollenkorn auf der Kernwarze *kw*. Das Integument *int* oben in den Lappen *ap* verlängert. *my* — Mikropylengang.
- Fig. 6.** Ein reifer Fruchtzapfen, geöffnet, von oben betrachtet, bei $4\frac{1}{2}$ -facher linearer Vergrösserung. Die verholzten ausgetrockneten Fruchtschuppen sind rückwärts gebogen und die reifen Samen dadurch in Freiheit gelangt.
- Fig. 7.** A — Reifer Same *s* mit dem Flügel *al*. B — reife Fruchtschuppe von oben betrachtet, die Samen sind entfernt, doch erkennt man leicht die beiden Vertiefungen, in denen sie lagen, ebenso den Umfang der Gewebeplatten, welche als „Flügel“ mit den Samen abfielen. C — Dieselbe Zapfenschuppe von aussen gesehen. A B & C sind 8 mal vergrössert.

- Literatur:** Strasburger, Dr. Eduard. Die Coniferen und Gnetaceen. Jena 1872.
 „ Die Befruchtung bei den Coniferen. Jena 1869
 Sachs, Dr. Julius. Lehrbuch der Botanik. Leipzig 1874.
 Strasburger. Ueber Befruchtung und Zelltheilung. Jena 1878.

Pinus Laricio.

(Fol. C).

Wir haben in den beiden vorhergehenden Tafeln (Pinus Laricio var. austriaca, Fol. A und B) die Morphologie der männlichen und der weiblichen Blüthe, sowie des reifen Fruchtzapfens illustriert und im Texte hiezu eine dritte Tafel in Aussicht gestellt, welcher die Aufgabe zukommt, die Vorgänge im Innern der Samenknospe vor, während und nach der Befruchtung darzustellen. Wenn ich von der Absicht, diese dritte Tafel erst in den Supplementslieferungen erscheinen zu lassen, abgegangen bin, so geschah es auf Wunsch von bewährten Lehrern an Mittelschulen, für welche letztere ja die Supplementslieferungen nach meiner damaligen Ansicht aus pädagogischen Gründen entbehrlich sein sollten, es aber nach meiner nunmehrigen Ueberzeugung ebenso wenig sein werden, als die 7 ersten Lieferungen, welche die Mittelschul Ausgabe bilden sollen. Item, die pädagogischen Bedenken sind während der vier Jahre dauernden Bearbeitung des „Atlas“ gerade durch tüchtige Lehrkräfte an Mittelschulen, durch Pädagogen von Fach, bei mir gehoben worden. Ich folge somit diesem massgebenden Rathe und behandle also in der vorliegenden Tafel die intimeren Geschlechtsvorgänge im Innern der bestäubten Samenknospe von Pinus Laricio, um die letzte grosse Lücke in der „Physiologie der Fortpflanzung“ auch für die Mittelschul Ausgabe unseres Werkes so gut als möglich auszufüllen.

Schon im Text zu den beiden vorhergehenden Tafeln gleicher Benennung wurde der Bestäubungsmodus bei Pinus Laricio besprochen. Die weibliche Blüthe ist zur Zeit der Bestäubung (Anfangs Juni) etwa erbsengross, wie bei **f** in Fig. 1 der Tafel B zu sehen ist. Die Pollenkörner gelangen auf beschriebenen Wege in den weiten Micropylengang der einzelnen Samenknospe und von dort durch das Schwinden des Flüssigkeitstropfens im Micropylengang auf die Kernwarze am Scheitel des Knospenkernes (Nucellus), wie **po** bei **kw** in Fig. 5 Tafel B zeigt. Nach der Bestäubung wachsen die Fruchtschuppen (oder Samenschuppen) des grün werdenden Zapfens derart in die Dicke, dass sie eng zusammenschliessen und dadurch die ihrer weitem Entwicklung unterliegenden Samenknospen (**sk** in Fig. 2 und 4 Tafel B) gegen äussere schädliche Einflüsse schützen. Das auf der Kernwarze liegende Pollenkorn (**po** in Fig. 5 Tafel B) treibt kurz nach der Bestäubung einen nur wenig tief ins Knospenkerngewebe (**k k** Fig. 5 Tafel B) eindringenden Pollenschlauch (vergl. **ps** in Fig. 8 Tafel A), der alsbald zu wachsen aufhört, um bis zum nächsten Juni, also mehrere Monate lang im Ruhezustand zu verharren. Zur Zeit der Bestäubung ist nämlich noch gar kein Embryosack im Knospenkerngewebe vorhanden; denn dieser bildet sich erst in Folge der Bestäubung und zwar tief unterhalb des Scheitels, in der Axe des Knospenkerngewebes. Es liegt nicht in unserer Aufgabe, die Entstehungs- und Entwicklungsgeschichte des Embryosackes von Pinus Laricio zu illustriren; wir beschränken uns darauf, an die diesbezüglichen neuern Untersuchungen von E. Strasburger zu erinnern und hervorzuheben, dass alle die neuesten

Forschungen auf diesem Gebiete zu folgender Deutung führen: Der Knospenkern der Samenknospe ist bei allen Blütenpflanzen ein Macrosporangium, in welchem meistens nur **eine Macrospore** gebildet wird, die als „Embryosack“ erscheint.

Diese Macrospore, der Embryosack (nur in wenigen Fällen zu mehreren in einer Samenknospe erscheinend) löst sich aber nicht mehr vom mütterlichen Organ ab, wie dies bei den höchsten Gefässkryptogamen (z. B. bei Selaginella helvetica, vergl. die Tafel dieser Benennung) der Fall ist, um ausserhalb des mütterlichen Organismus in ein weibliches Prothallium auszukeimen, sondern bei sämtlichen Blütenpflanzen bleibt die Macrospore im mütterlichen Organ, im Macrosporangium, d. h. im Knospenkerngewebe der Samenknospe, eingeschlossen, um hier — im Innern des Sporangiums zu keimen. Das Letztere geschieht bei Pinus Laricio in der Zeit, da der Pollenschlauch seine Ruheperiode durchmacht. Die Macrospore (der Embryosack) besitzt in ihrer ersten Zeit nur einen einzigen Zellkern; dieser theilt sich (beim Anfang der Keimung) in zwei Tochterkerne; diese theilen sich in vier Enkelkerne und so fort, bis eine grosse Anzahl kugelliger Kerne im Embryosack (in der Macrospore) vorhanden ist. Um diese Kerne, die sich an der Wand des Embryosackes anlagern, sammelt sich Protoplasma: es entstehen ebenso viele sich berührende und gegenseitig polyedrisch abplattende Zellen, die weiter wachsend und sich theilend endlich die ganze Macrospore, d. h. den ganzen Embryosack als sogen. Endosperm erfüllen.

Das Endosperm der nacktsamigen Gewächse (Gymnospermen) ist nichts Anderes als das weibliche Prothallium, wie es sich beim Keimen der Macrosporen z. B. bei Selaginella helvetica im Innern der Sporen bildet.

Diese Thatsache zu illustriren ist die Aufgabe unserer Hauptfigur (3) der vorliegenden Tafel von Pinus Laricio.

Kurze Zeit vor der wirklichen Befruchtung, die bei Pinus Laricio erst ein ganzes Jahr nach der Bestäubung stattfindet, besitzt der Zapfen unserer Schwarzföhre das durch Fig. 1 und 2 Fol. C illustrierte Aussehen. Fig. 1 zeigt den halberwachsenen Zapfen in doppelter Grösse von Aussen gesehen, Fig. 2 denselben im medianen Längsschnitt. Beide Figuren wurden am 25. Juni 1882 nach Zapfen, die eben frisch vom lebendigen Baum genommen, angefertigt. Wie aus diesen Figuren ersichtlich, ist um diese Zeit von den sogen. Deckschuppen (vergl. **d d** in Fig. 2 Fol. B) keine Spur mehr zu erkennen, während die Frucht- oder Samenschuppen (**fs fs** Fig. 2 und 3 Fol. B und **ff** in Fig. 2 Fol. C) innert des ersten, zwischen Bestäubung und Befruchtung liegenden, Jahres enorm in die Dicke und Länge gewachsen sind, und zwar derart, dass die Samenknospen, welche ebenfalls an Volumen beträchtlich zugenommen, ganz eingeklemmt und tief im Innern des Zapfens (auf der Oberseite über der Schuppenbasis) versenkt und rings von den lebendigen Geweben der erst wenig

verholzten, noch saftigen Zapfenschuppen umgeben erscheinen (**SS** in Fig. 2 Fol. C). Die peripherischen Gewebe des Zapfens sind dunkelgrün gefärbt, während die tiefer liegenden Gewebepartien der Schuppen, sowie diejenigen der verholzten Zapfenspindel im frischen Längsschnitt farblos erscheinen, aber in kurzer Zeit (während der Anfertigung der Zeichnung Fig. 2) an freier Luft liegend, durch Oxydation röthlich werden.

Bringen wir einen solchen Längsschnitt mit gut getroffener halbierter Samenknospe unter das Microscop, so erkennen wir bei 140-facher Vergrößerung un schwer alle wesentlichen Theile, welche in dieser Zeit den Charakter der Samenknospe kennzeichnen und die wir daher in Fig. 3 (Hauptfigur der vorliegenden Tafel) zur Darstellung brachten:

Die Samenknospe ist aufrecht (atrop, orthotrop) und besitzt ein einfaches Integument **II**, das sich allerdings unterhalb der Kernwarze **kw** in eine äussere (**I I**) und eine innere Gewebeschichte (**I' I'**) differenziert hat. Jene, die äussere Integumentschichte, besteht aus fast isodiametrischen, letztere — die innere Integumentschichte **I' I'** — aus langgestreckten Parenchymzellen. Die Integumentlappen über dem Micropylengang **mg** sind durch den Druck der fest über und neben einander liegenden Fruchtschuppen nicht mehr frei aus einander stehend, wie zur Zeit der Bestäubung (vergl. **ap** in Fig. 4 und 5 Fol. B), sondern fest zusammengeschlossen und am Scheitel meist gebräunt. Der Micropylengang **mg** ist fast nicht mehr zu erkennen und am Scheitel überdies meist noch durch einen Harztropfen (**h** in Fig. 3 Fol. C) total verschlossen. Ein zweiter Harztropfen (**h'**) findet sich am untern Ende des Micropylenganges und deckt die Kernwarze **kw** fast kappenartig.

Die äussere Integumentschichte **II** ist auf der der Samenschuppe zugekehrten Seite (rechts in unserer Figur) locker mit dem parenchymatischen, farblosen Gewebe **ff** der besagten Schuppen verwachsen. Wir haben von letzterer nur einige wenige Gewebeschichten dargestellt, um die Art der Anheftung der Samenknospe an die sie tragende Fruchtschuppe skizziren zu können. Von den Gefässen, welche die letztere durchziehen, haben wir nur ein kleines Fragment **G** gezeichnet, welches die Fruchtschuppe der Länge nach durchzieht und einen Zweig **G'** gegen die Basis der Samenknospe absendet. Die charakteristische Gefässwandverdickung erstreckt sich aber in diesem Zweige nur bis zum Eintritt in das Integumentgewebe der Samenknospenbasis: die Fortsetzung dieses Gefässbündels in die Samenknospe selbst erscheint nur als zarter Strang langgestreckter Faserzellen ohne besondere Wandverdickungen (**G''**) und erstreckt sich auch nur bis an die äussere Grenze der innern Integumentschichte, etwas schief unterhalb der Basis des Knospenkernes.

Ein eigenthümliches grosszelliges, aber zartwandiges Parenchymgewebe **B** an der abgerundeten Basis der Samenknospe repräsentirt wohl den Stiel (Funiculus) der aufrechten Samenknospe und ist scharf gegen das isodiametrische Integumentgewebe abgesetzt. Häufig löst sich beim Anfertigen der Längsschnitte schon zu dieser Zeit die ganze Samenknospe, soweit sie vom Integument begrenzt wird, als Ganzes von der Frucht- (oder Samen-) Schuppe ab, ein Beweis, dass

der Verband der früher so eng mit einander verwachsenen Gebilde (Schuppe einerseits und Samenknospe andererseits) seit der Bestäubung ein lockerer geworden ist. Indess ist hinzuzufügen, dass die Fruchtschuppe trotzdem das Bildungsmaterial für die noch weiter statthabende Entwicklung der Samenknospe bis zur Reife des Samens zu liefern hat.

Innerhalb der Samenknospenhülle (Integument **II'**) findet sich der Knospenkern (Nucellus **Nu**), d. h. das Macrosporangium, in welchem sich eine einzige, mächtig entwickelte Macrospore, der Embryosack (**Es Es** Fig. 3) vorfindet. Während zur Zeit der Bestäubung (also 1 Jahr früher, vergl. Fig. 5 **kk** in Fol. B) der Knospenkern durch und durch aus gleichartigen zartwandigen Parenchymzellen bestand, finden wir jetzt im Innern des Knospenkernes eine riesige, sackartige Zelle **Es Es**, welche von kleinen, isodiametrischen Endospermzellen (**E E** Fig. 3 Fol. C) erfüllt ist und den grössten Raum des Knospenkern-Innern in Anspruch nimmt. Das Gewebe des Knospenkernes oder Macrosporangiums wurde nämlich beim Heranwachsen des Embryosackes **Es Es** (oder der Macrospore) mehr und mehr verdrängt und resorbirt, so dass es nun bloss noch über dem Scheitel des Embryosackes einige Mächtigkeit besitzt (**Nu**), während es von der Insertion des Integumentes an (**I' I'** Fig. 3) bis an die Basis der Samenknospe nur noch einige Zellschichten mächtig ist und hier, im untern Theil, fast unmerklich in die Basis des Integumentgewebes übergeht.

Im oberen, kegelförmigen Theil des Knospenkernes (**Nu**) enthalten die Zellen nicht nur einen Zellkern, sondern auch reichlich Stärkekörner nebst feinkörnigem Protoplasma und erscheinen daher bei durchfallendem Lichte dunkler gefärbt, als im untern Theil. In jenem oberen Theil des Nucellus verharret der nach der Bestäubung entstandene Pollenschlauch mehrere Monate lang im Ruhezustand. Wir sehen bei **po** noch eine Spur desselben durchschimmern.

Der Embryosack **Es Es** (Fig. 3) bildet mit seinem Inhalt in dieser Zeit (ein Jahr nach der Bestäubung, also im Juni des zweiten Jahres) einen langgestreckten eiförmigen, scharf abgegrenzten, farblosen Körper, der sich von der Basis des Knospenkernes an hinauf bis zu $\frac{2}{3}$ oder $\frac{3}{4}$ der Höhe des letzteren erstreckt. Er besitzt eine überall dicht geschlossene, ununterbrochene Membran, welche sich durch Anilintinctur roth färbt und den ganzen Endospermkörper **E E** scharf gegen das Knospenkerngewebe abgrenzt. Häufig fällt er beim Schneiden sammt seinem compacten Inhalt aus dem Knospenkern heraus, woraus sich also ergibt, dass er nicht innig mit den Geweben des letzteren verwachsen ist. Ende Mai oder Anfangs Juni (je nach der Art des Frühlings und der damit zusammenhängenden früheren oder späteren Entwicklung der Neubildungen in der Pflanzenwelt) findet man im Embryosack (d. h. in der Macrospore) erst einen homogenen Gewebekörper aus strahlig angeordneten, meist isodiametrischen Zellen, welche eben das sogen. Endosperm (**E E** Fig. 3) darstellen und nichts Anderes sind, als das Produkt des Keimungsprocesses der Macrospore, d. h. das weibliche Prothallium, das sich im Innern der Macrospore (des Embryosackes) in ähnlicher Weise bildet, wie das weibliche Prothallium im Innern der

Macrospore von Selaginella. Bald aber werden am Scheitel des Endosperms, dicht unter der bogenförmig gewölbten Membran des Embryosackes grössere und plasmareichere Zellen bemerkbar, die sich beim Weiterwachsen und in Folge gesetzmässig statthabender Zelltheilungen in ähnlicher Weise zu Archegonien entwickeln, wie am Scheitel des weiblichen Prothalliums bei den Selaginellen. Durch rasches Wachsen und Ueberwuchern von Seite der benachbarten Endospermzellen am Scheitel des Embryosackes werden die Archegonien (**Ar Ar** Fig. 3) alsbald so überholt, dass sie ziemlich tief im obern Theil des Endospermkörpers versenkt erscheinen, während vom Scheitel des Embryosackes aus trichterförmige Zugänge **tr** abwärts in Form enger Kanäle zu den Archegonien führen. Die letzteren wurden früher, da man über ihr Wesen und ihre Bedeutung noch im Unklaren war, Corpuskeln (*Corpuscula*) genannt, welcher Ausdruck sich bis in die neueste Zeit in vielen Lehrbüchern erhalten hat, nun aber durchaus aufzugeben ist.

Ich habe in den vielen empfängnisfähigen Samenknospen von *Pinus Laricio* meist je 3 oder 4 Archegonien am Scheitel des Endosperms angetroffen. In unserer Hauptfigur 3 sind deren 2 im optischen Längsschnitt dargestellt, während ein drittes Archegonium zwischen diesen beiden von Unten (Hinten) her noch durchschimmert und ein viertes mit dem uns zugekehrt gewesenen Theil der Samenknospe entfernt wurde.

Diese Archegonien sind die eigentlichen weiblichen Geschlechtsorgane; sie sind durchaus gleicher Natur wie die Archegonien der Moose [vergl. Tafel mit „*Marchantia* (Archegonium und Antheridium)“], der Farne, Schachtelhalme und der Bärlappgewächse und sie bilden den schlagendsten Beweis für den genetischen Zusammenhang zwischen Gefässkryptogamen einerseits und niedern Blütenpflanzen anderseits.

Ich habe in Fig. 4 Fol. C bei 370-facher Vergrößerung den obern Theil eines Archegoniums mit dem benachbarten Endospermgebe (**E**) und einem Theil des Embryosackes **Es** dargestellt. Das Archegonium von *Pinus Laricio* besteht aus einem Halstheil und dem Bauchtheil. Der Halstheil **h** ist im vorliegenden Falle auf das Minimum von 4 oder 5 Halszellen und auf die einzige Canalzelle **C** reducirt. Strasburger, dem wir die umfassendsten diesbezüglichen Untersuchungen verdanken, fand bei *Pinus silvestris*, *P. Strobus*, *P. Laricio* und *P. Pinaster* den Halstheil bald aus 4, bald aus 6, selten aus 8 neben einander liegenden Zellen, ausserdem oft in 2 bis 3 über einander liegenden Etagen zusammengesetzt. „Bei *Pinus silvestris* und *P. Strobus* bleibt der Halstheil nur eine Etage hoch“, also so, wie ich es im vorliegenden Falle bei *Pinus Laricio* angetroffen habe. Indess gibt Strasburger (Befruchtung der Coniferen Taf. II. Fig. 16) auch eine ähnliche Figur wie unsere vorliegende 4, woselbst der Halstheil des Archegoniums von *Pinus Laricio* aus 2 Etagen besteht. Es scheinen sich also in der endgiltigen Ausbildung des Halstheiles der Archegonien bei einer und derselben Pflanzenart Variationen geltend zu machen. Der Bauchtheil des Archegoniums wird nach der Abscheidung der Canalzelle (**C** Fig. 4) zur eigentlichen Eizelle (**Ov** in Fig. 3 und 4), welche in der That auch eiförmige Gestalt besitzt.

Rings um die mächtige Eizelle **Ov** des Archegoniums, welche sich auf Kosten der umgebenden Endospermzellen zu fast riesenhafter Grösse entwickelt, theilen sich die benachbarten Endospermzellen derart, dass schliesslich eine einzige continuirliche Schichte kleiner, plasmareicher Zellen den Bauchtheil des Archegoniums einhüllt, ähnlich wie im Prothalliumgewebe bei den Farnen die den versenkten Bauchtheilen der Archegonien zunächst liegenden Zellen eine kleinmaschige Hülle um die letztern bilden

Die 3 oder 4 Archegonien am Endosperm-Scheitel sind bei *Pinus Laricio* ziemlich nahe beisammen, oft bloss durch 1 oder 2—3 Zellschichten des Endosperms von einander getrennt.

Während die zartwandigen Endospermzellen (**E E** Fig. 3) im mittlern und untern Theil des Embryosackes durchaus farblos sind, erscheinen diejenigen in der Nähe des Scheitels und der Archegonien schwach gelblich gefärbt und reicher an feinkörnigem Plasma. Die Eizelle dagegen ist kurz vor der Befruchtung dicht erfüllt von schaumigem, mit zahlreichen kleinen Vacuolen ausgestatteten, gelblichem Protoplasma und einem grossen Zellkern (**N N** in Fig. 3 und 4). Bei ganz jungen Archegonien findet sich in der noch nicht empfängnisfähigen Eizelle eine grosse centrale Vacuole, an deren Stelle erst später kleinere Vacuolen treten, wie wir sie nebst dem Zellkern **N** in Fig. 3 und 4 (**V V V**) dargestellt haben.

Befruchtung: Wenn die Archegonien reif sind, so beginnt der bisher ruhende Pollenschlauch vom obern Theil des Knospenkernkegels (**Nu** in Fig. 3) an abwärts zu wachsen gegen den Scheitel des Embryosackes hin, wo die von der Membran des letztern überspannten trichterförmigen Zugänge zu den Archegonien liegen. Auf dieser Strecke werden vorweg die im Wege liegenden Knospenkernzellen aufgelöst; einem gleichen Schicksal unterliegt sodann die Partie der Embryosack-Membran, welche den Trichter über dem zu befruchtenden Archegonium überspannt (vergl. **Es** über **tr** bei Fig. 4). Der Pollenschlauch gelangt hierbei mit seinem vorderen, fortwachsenden Ende in den Trichter und wächst nun vollends bis hinunter zum Halstheil des Archegoniums. Hier lässt er sich noch keineswegs aufhalten, sondern er dringt auch durch den Halstheil, die Zellen desselben aus einander drängend oder auflösend und gelangt schliesslich bis zur eigentlichen Eizelle, um endlich auch in diese vorzudringen (**Ps Ps** in Fig. 5). Der mehr oder weniger tief in die Eizelle eindringende Theil des Pollenschlauches erscheint im Vergleich zu dem in und unter dem Trichter, ausserhalb des Archegoniums liegenden Theil verjüngt und lässt am vordersten Ende, das am tiefsten in die Eizelle vorragt, eine verdünnte Stelle in der Membran, einen sogen. Tüpfel (**T** in Fig. 5) erkennen, „der offenbar den Uebertritt der befruchtenden Substanz erleichtert, was wahrscheinlich noch durch einen von dem höher liegenden Gewebe auf die ausserhalb des Archegoniums liegende Partie des Pollenschlauches geübten Druck unterstützt wird“. Die Vorgänge im Pollenschlauch selbst werden von Strasburger folgendermassen geschildert: Die in Einzahl vorhandenen kleinen vegetativen (Prothallium-) Zellen des Pollenkornes (vergl. die Zelle **v** in Fig. 7 A der Tafel „*Pinus Laricio* var. *austriaca* Fol. A“), d. h. die vegeta-

tiven Zellen der Microspore betheiligen sich an der Bildung des Pollenschlauches nicht (vergl. in Fol. A Fig. 8 ps). Der Zellkern der grossen Pollenzelle (an in Fig. 7 A Fol. A) aber wandert in die Pollenschlauchspitze. Wie speciell bei andern Nadelhölzern constatirt werden konnte, theilt sich dieser Pollenschlauchkern (n Fig. 8 Fol. A) in seiner neuen Lage in zwei Tochterkerne und um jeden der letzteren findet Zellbildung statt, indem sich Plasma um denselben sammelt. Während die nach Oben gelegene der beiden Primordialzellen sich gewöhnlich nicht weiter theilt, wiederholt sich in der untern die Theilung ein oder zwei mal und ihre Nachkommen nehmen, sich in eine Ebene ausbreitend, das untere Ende des Pollenschlauches ein (in Ps Ps Fig. 5 Fol. C). Der Kern der Eizelle, der an Grösse und Inhalt zugenommen hat (N in Fig. 4), rückt gegen die Mitte der Eizelle vor, während die Kanalzelle (C in Fig. 4 Fol. C) desorganisirt wird. Während der Befruchtung schwinden die kleinen Pollenschlauchkerne über dem Archegonium und die Substanz muss auf irgend eine Weise in das Archegonium übertreten. Man findet nämlich in den Eizellen der Archegonien vor dem Pollenschlauch-Ende einen sphärischen, zellenartigen Ballen, den Strasburger „Spermakern“ genannt hat. Dieser Spermakern bewegt sich gegen den Eikern zu und verschwindet mit demselben. Auch hier besteht also die Befruchtung in der Vereinigung der Bestandtheile zweier Zellen; denn offenbar handelt es sich hier nicht nur um Verschmelzung von zwei Kernen, vielmehr findet wohl auch eine Vereinigung des Pollenschlauchplasmas mit dem Ei-Plasma statt.

Es ist zu bemerken, dass bei den Pinus-Arten für jedes zu befruchtende Archegonium ein besonderer Pollenschlauch nothwendig ist.

„Nach der Befruchtung wandert der aus der Verschmelzung des Spermakernes mit dem Eikern hervorgegangene Zellkern („Keimkern“) in den dem Archegoniumhals gegenüber liegenden Theil des Eies und hier beginnt nun die Bildung des sogen. Vorkeimes“. Der „Keimkern“ theilt sich rasch nacheinander im Grunde der Eizelle in zwei Tochter-, dann in 4 Enkelkerne; um letztere (N N N in Fig. 6 Fol. C) bilden sich durch Plasma-Anhäufung vier in einer Querzone neben einander liegende Zellen. Diese 4 ersten Zellen an der Ei-Basis theilen sich nun durch Querwände in drei über einander liegende Etagen; die Zellen der zweiten Etage wachsen zu sehr langen, vielfach gebogenen Schläuchen aus (Sch in Fig. 7 und 8), während die der oberen Etage als Rosette im Archegonium stecken bleiben. Die vier Zellen der untersten Etage, welche durch jene Streckung bei der Schlauchbildung (Sch) in das Endosperm unterhalb des Archegoniums hinausgeschoben werden, theilen sich noch wiederholt und tragen so zur Verlängerung des Vorkeimfadens oder Embryo-Trägers bei. Dann trennen sich die 4 vorher zusammenhängenden Zellreihen des Vorkeimes von einander: jede trägt eine Gipfelreihe, welche die Keimanlage (Ea Ea Fig. 7, 8 und 9 erzeugt.

So sehen wir denn, dass bei der Schwarzföhre, wie bei den meisten andern Abietineen aus einer einzigen befruchteten Eizelle mehrere Embryo-Anlagen hervorgehen. Trotzdem und trotz des Umstandes, dass

nicht selten in einer und derselben Samenknospe mehrere Archegonien zugleich befruchtet werden, entwickelt sich in der Folge meist nur eine Embryo-Anlage zur jungen Keimpflanze des heranreifenden Samens. Wir haben die ersten Entwicklungsstadien des heranwachsenden Embryos in den Figuren 7, 8 und 9 illustriert. Durch fortdauerndes Wachsthum und wiederholte Zelltheilungen entsteht nach und nach aus der Embryo-Anlage Ea Ea ein vielzelliger Gewebekörper, der sich allmählig in Stammaxe, Wurzelanlage und Keimblätter, Cotyledonen (co co Fig. 10) differenzirt und in einer axilen Höhle des Endosperms liegt, so zwar, dass das Wurzelende (Wh Fig. 10) nach Oben, d. h. dem Embryoträger (Vorkeim) zugekehrt, der Stammscheitel (s in Fig. 10) mit den Cotyledonen co co abwärts, gegen die Basis der zum Samen heranreifenden Samenknospe gekehrt erscheint, wie wir dies in der Tafel mit *Taxus baccata* (Hauptfigur) dargestellt haben.

Der Embryo, welcher sich in der Mitte des reifen Pinus-Samens befindet, steht also auf dem Kopf; während aber bei *Taxus baccata* (vergl. diese Tafel) nur 2 Cotyledonen gebildet werden, entstehen am Embryo von *Pinus Laricio* deren mehrere, die, in einen Quirl gestellt, den nackten Scheitel (s Fig. 10) der Keimaxe umgeben. Die Stammaxe geht nach Rückwärts unvermerkt in die Wurzelanlage über, die ja bei den Gymnospermen und Dicotyledonen als spätere Hauptwurzel die direkte Verlängerung des Stengels bildet und an ihrem hintersten Ende schon im reifen Samen die Wurzelhaube (Wh) erkennen lässt.

Während der Ausbildung des Embryos wächst auch das Endosperm, vom Embryosack umschlossen, noch kräftig fort, seine Zellen erfüllen sich mit Fett und Eiweissstoffen; es wird zum Reservestoffbehälter für die Weiter-Entwicklung beim Keimen des Samens und wird in letzterem ja bekanntlich schlechtweg „Eiweisskörper“ genannt. Schliesslich ist vom wachsenden Endosperm alles Knospengewebe verdrängt worden, indess sich die Samenknochenhülle, das Integument, zur harten Samenschale differenzirt.

Ueber die Oeffnung der reifen Fruchtzapfen und die Samenaussaat von *Pinus Laricio* ist schon im Text zu Tafel B (dieser Benennung) referirt worden. Ein Gleiches gilt vom Vorgang der Keimung nach stattgehabter Samenaussaat, die wir an *Taxus baccata* illustriert haben.

Fassen wir nun alle die Anhaltspunkte zusammen, die sich aus der Vergleichung der gewonnenen Resultate bei den Gymnospermen mit ähnlichen Verhältnissen bei den höchsten Gefässkryptogamen ergeben, so kommen wir zu folgender Analogienkette:

1. Die blühende Nadelholzpflanze entspricht der beblätterten, sporenbildenden Gefässkryptogame, der sporangientragenden *Selaginella helvetica* (vergl. diese Tafel).
2. Die Staubblätter der Nadelholzblüthe sind Bildner von Microsporangien.
3. Der Pollensack entspricht dem Microsporangium von *Selaginella*.
4. Das Pollenkorn der Nadelhölzer ist eine Microspore, die bei der Reife sich in 2 (oder mehr) Zellen kammert, von denen die eine Zelle dem rudimentären männlichen Prothallium der Microspore von *Selaginella*, die andere Zelle dem Antheridium desselben

männlichen Prothalliums entspricht; die pollenschlauchbildende Zelle ist das eigentliche männliche Organ des verkümmerten Prothalliums.

5. Die am Scheitel des Pollenschlauches entstehenden Zellkerne secundärer Ordnung entsprechen den Spermatozoiden der Selaginellen.
6. Die weibliche Blüthe von Pinus ist ein Macrosporangien-Stand.
7. Der Knospkern (Nucellus) der Samenknospe von Pinus ist ein Macrosporangium.
8. Der grosse Embryosack entspricht einer Macrospore.
9. Das vor der Befruchtung bei allen Gymnospermen im Embryosack entstehende Endosperm ist das weibliche Prothallium und entspricht dem beim Keimen der Macrospore (von Selaginella helvetica) resultirenden weiblichen Prothallium der höchsten Gefässkryptogamen.
10. Die Archegonien im Endosperm der Samenknospe bei den Nacktsamern sind dieselben weiblichen Geschlechtsorgane, wie sie am Prothallium der Macrospore von Selaginella entstehen. Theil für Theil ist in beiden dasselbe.
11. Die Befruchtung im Innern der Samenknospe entspricht im Wesentlichen durchaus der Vereinigung vom Spermatozoid mit der Eizelle des Archegoniums bei den Gefässkryptogamen. Einzig die Bildung von autonomen Bewegungsorganen, wie sie den Spermatozoiden zukommt, unterbleibt bei den männlichen Plasmakörperchen im Pollenschlauch der Gymnospermen.
12. Die Prozesse der Keimbildung nach stattgehabter Befruchtung sind bei Gymnospermen und höchsten Gefässkryptogamen dieselben.
13. Der reife Same der Gymnospermen ist zur Zeit seiner Aussaat nichts Anderes, als das abfallende Macrosporangium sammt eingeschlossener Macrospore, welche letztere im Innern des Sporangiums keimte, das weibliche Prothallium mit den Archegonien bildete und letztere befruchten liess, um gleich hernach auch den Embryo zur folgenden, zur sporenbildenden Generation, d. h. zur beblätterten Stengelpflanze zu bilden. Der reife Same ist also Macrosporangium sammt Macrospore, mit weiblichem Prothallium, sammt Embryo der folgenden Generation.
14. Bei den Gymnospermen ist somit die eigentliche geschlechtliche Generation so reducirt, dass sie nur als transitorischer Theil der geschlechtslosen Generation erscheint. Der Generationswechsel, wie wir ihn bei den Archegonien-bildenden Kryptogamen (Moosen, Farnen, Schachtelhalmen und Bärlappgewächsen) kennen gelernt haben, ist hier auf verborgene Vorgänge im Innern der einen und zwar der geschlechtslosen Generation reducirt.

Aber der Uebergang von den Gefässkryptogamen zu den höhern Blütenpflanzen ist durch die Gymnospermen ein fast unmerklicher geworden.

Fig. 1. Einjähriger, halberwachsener Zapfen von Pinus Laricio, noch ganz grün; die Archegonien in den Samenknospen sind noch unbefruchtet. Nach der Natur gezeichnet: 25. Juni 1882. Vergrößerung 2.

Fig. 2. Derselbe im medianen Längsschnitt. **s, s** — die an der Basis, auf der Oberseite der Frucht-

schuppen **f, f** liegenden Samenknospen noch mit unbefruchteten Archegonien. Nach der Natur gezeichnet: 25. Juni 1882. Vergr. 2.

Fig. 3. (Hauptfigur). Eine Samenknospe des einjährigen Zapfens im medianen Längsschnitt, kurz vor der Befruchtung der Archegonien **Ar Ar** bei 140-facher Vergrößerung nach dem Leben gezeichnet. **B** — der an der Basis der Samenknospe (als Funiculus? erscheinende) Auswuchs der Fruchtschuppe. **i i', i i'**, — das Integument, längs der ganzen Höhe des Knospkernes in 2 verschiedene Schichten differenzirt, von denen die äussere (dunklere) Schicht **i** reichlich mit luftführenden Interzellularräumen ausgestattet ist, während letztere in der innern Integumentschichte **i' i'** entweder ganz fehlen oder doch beträchtlich kleiner und weniger zahlreich sind. **mg** — Micropylengang; **h** — Harztropfen am obern Ende des letzteren; **h'** — Harztropfen über der Kernwarze **kw**, farblos. **Nu** — Knospkerngewebe (Nucellus); **po** — Spur des Pollenschlauches; **Ar Ar** — Archegonien im optischen Längsschnitt; **NN** — Zellkerne der Eizellen **Ov, Ov**, in deren einer (rechts) ausserdem noch eine grosse Vacuole **Va** zu sehen ist. **E E** — Endospermgewebe; **Ws** — die kleinen, dicht der Eizelle der Archegonien anliegenden Endospermzellen. **Es Es** — Embryosack (Macrospore), welche den ganzen Endospermkörper einschliesst; **f f** — die der Samenknospe zunächst liegenden, lose mit letzterer verwachsenen Zellschichten der Fruchtschuppe; **G** — Fragment eines die Fruchtschuppe durchziehenden Gefässbündels, **G'** — Abzweigung eines Gefässstranges gegen die Basis der Samenknospe zu; **G''** — Fortsetzung dieser Abzweigung durch das Integumentum.

Fig. 4. Oberer Theil eines Archegoniums vor der Befruchtung, mit dem nächstliegenden Endosperm **E**, dem Trichter **tr** und dem überspannenden Embryosack **Es**, bei 370 facher Vergrößerung nach dem Leben gezeichnet: 12 Juni 1882. **h** — die Halszellen; **C** — die Canalzelle; **Ov** — die Eizelle des Archegoniums, **N** — der Zellkern der letztern mit dem Nucleolus **n**. — Das Plasma der Eizelle ist durch die vielen kleinen Vacuolen **V V V** schaumig geworden.

Fig. 5. Oberer Theil eines Archegoniums von Pinus Laricio im Momente der Befruchtung. **E** — Endosperm; **Am** — Archegonium-Membran. **Ov** — Eizelle; **Ps Ps** — Pollenschlauch. Nach E. Strasburger. Vergrößerung 370.

Fig. 6. Eine Eizelle von Pinus nach der Befruchtung. An der Basis der befruchteten Eizelle haben sich bereits 4 Zellkerne **NN** gebildet. Vergr. 285. Nach E. Strasburger.

Fig. 7. 8. 9. Die Entwicklung der Embryo-Anlagen **Ea Ea** und der Vorkeimschläuche **Sch Sch** (Embryoträger) nach stattgehabter Befruchtung der Archegonien bei Pinus Laricio und P. Pumilio. **Fig. 7** — von Pinus Laricio. Vergr. 150. Nach E. Strasburger.

Fig. 8 & 9 — von Pinus Pumilio. Vergr. 240.
Nach E. Strasburger.
Fig. 10. Der Embryo von Pinus Pumilio nach Anlage
des Pleromscheitels der Wurzel zur Zeit der

beginnenden Differenzirung des Vegetations-
kegels *s* und der Cotyledonen *co, co*, im
Längsschnitt. *Wh* — Wurzelhaube. Ver-
größerung 100. Nach E. Strasburger.

- Literatur:** Strasburger, E. Die Befruchtung der Coniferen. Taf. II. Fig. 20. Jena 1869.
Strasburger, E. Die Coniferen und Gnetaceen. Taf. XI. Fig. 22. 23. 28. 32. 33. Jena 1872.
Strasburger, E. Angiospermen und Gymnospermen. Taf. XVII. Fig. 28. Jena 1879.
Strasburger, E. Ueber Befruchtung und Zelltheilung. Taf. II. Fig. 69. 70. 71. Jena 1878.
Sachs, Julius. Lehrbuch der Botanik. IV. Auflage. 1874.
Lürssen, Chr. Medicinisch-pharmaceutische Botanik. II. Bd. Leipzig 1879—1882.
Müller, N. J. C. Handbuch der Botanik. II. Bd. Heidelberg 1880.
Goebel, K. Grundzüge der Systematik und speciellen Pflanzen-Morphologie. Leipzig 1882.
Sachs, Julius. Vorlesungen über Pflanzenphysiologie. XLII. Vorlesung. Leipzig 1882.

Elodea canadensis, Casp.

Die canadische Wasserpest, *Elodea canadensis*, ist als Object für die Demonstration des Baues und der Lebenserscheinungen pflanzlicher Zellen nicht minder interessant, als die in unserem Atlas ebenfalls dargestellte *Chara fragilis* und *Erythrotis Beddomei* (vergl. die Tafeln dieser Benennungen). Zeigen uns die Röhrenzellen von *Chara* die Rotation des lebendigen Zellinhaltes (mit Ausschluss der wandständigen Chlorophyllkörner), während die Zellen der Staubfadenhaare von *Tradescantia* und *Erythrotis Beddomei* uns den besten Einblick in die Circulations-Erscheinungen lebendiger Plasmastränge gewähren, so bietet uns die canadische Wasserpest in ähnlicher Weise wie *Vallisneria spiralis* zu jeder Jahreszeit das beste Material zur Demonstration der Uebergänge zwischen Circulation und Rotation lebender Plasmamassen, wobei als besonders wichtiges Moment der Umstand mit in Rechnung fällt, dass hier — bei *Elodea canadensis* — der ganze plasmatische Zellinhalt, Chlorophyllkörner und Zellkern mit inbegriffen, die Bewegungen ausführt. Der Leichtigkeit, mit welcher sich diese physiologisch hochberühmte Pflanze in Cultur und lebhafter Vegetation erhalten lässt, ist es zu danken, dass wir jetzt die canadische Wasserpest fast in allen botanischen Gärten der civilisirten Welt antreffen und als beliebte Aquarium-Pflanze auch in weiteren Kreisen finden. Ohne grosse Mühe und Kosten und fast ohne Plage dürfte sie leicht für alle Lehranstalten erhältlich sein, in denen unser Atlas Eingang gefunden hat.

Die canadische Wasserpest stammt, wie der Name sagt, aus dem nördlichen Amerika, wo sie von Canada bis zum Mississippi einheimisch ist. Nach Europa gelangte sie durch Zufall im Jahr 1836, wo sie unmittelbar nach der Ausspflanzung nordamerikanischer Wasserpflanzen in einem Teiche Irlands Fuss zu fassen begann. In kurzer Zeit — noch im gleichen Jahre — ward jener Teich von ihr derart ausgefüllt, dass sie Alles überwucherte und daher bei der Ausreinigung ganze Wagenladungen fortgeschafft werden mussten. Fünf Jahre später fand sie sich zerstreut schon in mehreren Seen von Schottland und Irland. Von 1841 an bis zum Jahr 1854 verbreitete sie sich üppig wuchernd in dem Kanalsystem von Mittel-England nach allen Richtungen in solchem Masse, „dass sie die Fischerei, die Schifffahrt, das Oeffnen und Schliessen der Schleusen hinderte, ja hier und da den Abfluss des Wassers aufstaute und dadurch Ueberschwemmungen verursachte.“ Hiedurch erwarb sie sich den Namen „Wasserpest“. — Im Jahre 1854 liess sich ein Berliner Botaniker die Pflanze zur Untersuchung aus England schicken; in diesem Jahre gelangte die Wasserpest also zum ersten Mal auf das europäische Festland, welches bis jetzt von ihr verschont blieb. Im Jahre 1857 hatte sich *Elodea canadensis* bereits bei Sanssouci in der Nähe von Potsdam im Freien angesiedelt; von hier aus sich rasch weiter ausbreitend war sie bis 1864 schon in die Havelseen vorgedrungen, wo sie, wie vorher in England, Alles überwucherte und den vorher klaren Wasserspiegel in ein wiesenähnliches

Grün verwandelte. „Bald zeigte sie sich im ganzen Lauf der Havel, von ihrer Quelle an der mecklenburgischen Grenze bis zu ihrer Mündung, ebenso in der Spree und allen mit ihnen in Verbindung stehenden Canälen; ja, sie drang selbst in die Elbe vor; in Hamburg nahm sie vom Alsterbassin Besitz; von Stettin aus hat sie in der Dammschen See, Oder und Dievenow, und von Breslau aus in zahlreichen Teichen Schlesiens sich eingenistet; von Gent aus hatte sie schon seit 1858 die flandrischen Kanäle in Beschlag genommen“. — Seit einigen Jahren zeigt sich die Wasserpest auch in Züricher Gewässern, so im untern, der Stadt zunächst gelegenen Theil des Sees, dann im Ausfluss des Sees, der als „Limath“ die Stadt durchzieht. Im Sommer 1881 waren manche Partien des Zürichersees so von ihr erfüllt, dass kleine Schiffe im Dickicht derselben stecken blieben und ganze Schiffs-ladungen weggeführt werden mussten. Hier gelangte sie denn auch im gleichen Sommer zur Blüthe. Es ist kein Zweifel, dass *Elodea canadensis*, die sich in Europa nur durch Sprosse und Knospen vermehrt, in wenig Jahren den grössten Theil von Deutschland, Oesterreich, von der Schweiz und wohl auch von Frankreich, Italien und Oesterreich-Ungarn erobert haben wird. Sie scheint überhaupt alle Anlagen zu einem Kosmopolit zu haben. Seichte, stagnirende und langsam fliessende Süsswasser mit sandigem oder schlammigem Grunde scheinen die einzigen Existenzbedingungen dieser Pflanze zu sein; sie verträgt zu ihrer Vegetation alle Wärmegrade vom Eispunkt an bis zur tropischen Temperatur von 24–34° Celsius. Ein kleiner, mit Sand oder gewöhnlicher Dammerde gefüllter Blumentopf im Aquariumgrunde dient ihr als geeigneter Standort bei Zimmer-Cultur. Jahraus, jahrein im Wasser untergetaucht, verlangt sie keiner weiteren Pflege, sondern sprosst und vegetirt ins Unendliche.

Ich habe in Fig. 1 den Habitus eines üppig vegetirenden weiblichen Exemplars nach lebenden Pflanzen dargestellt. Der schlanke, oft viele Fuss Länge erreichende, hellgrüne, saftige Stengel ist sehr zerbrechlich, senkrecht oder schief vom Grunde aufsteigend, zweigabelig verzweigt, in seiner ganzen Länge bis in die höhern, jüngern Regionen hinauf gleich dick und in regelmässigen Abständen mit meist 3-zähligen Blattquirlen versehen. Da und dort entspringt im Winkel der Gabeläste eine lange, röthlich gefärbte, senkrecht abwärts bis zum schlammigen Grund reichende Wurzel (r r Fig. 1).

Unter günstigen Verhältnissen kommen in Europa gelegentlich die hier acclimatisirten weiblichen Exemplare auch zum Blühen. *Elodea canadensis* kommt in ihrer Heimat in drei verschiedenen Blütenformen zur Anthese. Dort trifft man nebst weiblichen Exemplaren auch hermaphrodite und männliche Stöcke, die, sonderbar genug, auch in der Differenzirung jeder der drei Blütenformen auffallend stark variiren. Die Zwitterpflanze und die männliche und weibliche sind in Amerika nirgends an derselben Stelle beobachtet worden; bei St. Louis und New-York kommen z. B.

nur männliche und weibliche Exemplare vor. (Die männlichen Blüten besitzen 3—9 Staubblätter, während die Zwitterblüthen deren 3—6 zählen).

Die Zweige der weiblichen (europäischen) Pflanze, an denen die Blüthe erscheint (Fig. 1), befinden sich mehr oder weniger tief, 2 bis 12 bis 20 und mehr Centimeter, unter der Oberfläche des Wassers. Die Blüten sitzen einzeln in der Achsel eines Blattes, welches eigentlich dem nächst höheren Knoten zugehörte, aber um ein Internodium abwärts versetzt wurde, so dass der Blattquirl, von dem die Blüthe abgeht, nun 4-zählig erscheint, während der nächstfolgende höhere Blattquirl auf zwei Blätter reducirt ist. Die weibliche Blüthe besitzt (wie die zwitterige) eine langgestreckte, fadenartige Perigonröhre, welche bei oberflächlicher Betrachtung irrthümlich als schlanker Blütenstiel genommen wird. Diese Röhre (pr, pr', pr'' Fig. 1), dehnt sich so lange aus, bis die oberen Blüthentheile die Wasseroberfläche erreichen, wobei eine von den Kelchlappen abgeschiedene, in der noch nicht oder nur wenig geöffneten Blüthe eingeschlossene Luftblase (l l Fig. 1) so lange als Schwimmapparat dient, bis an der Grenze zwischen Luft- und Wasserspiegel die Blüthe sich vollständig ausbreiten kann (fl fl Fig. 1). Ich habe indess auch Blüten beobachtet, die den Wasserspiegel nicht vollständig erreichten und dennoch ihre Perigonkreise öffneten; dabei blieb die kugelige Luftblase in der offenen Blüthe haften, so dass die central gelegenen Theile der letzteren dennoch von Luft umspült blieben. Ohne Zweifel findet die normale Anthese auf dem Wasserspiegel selbst statt. Am Grund der 2 bis 20 bis 30 Centimeter langen Blütenröhre (pr, pr', pr'') findet sich eine scheidenförmige „Spatha“ (s Fig. 1 und 2), welche sich oben zweilappig öffnet und nach dem entwicklungs geschichtlichen Befund als aus der Verwachsung zweier seitlicher Vorblätter hervorgegangen zu betrachten ist. Am untern Ende der Blütenröhre, von der Basis der scheidenförmigen „Spatha“ s umgeben, findet sich der länglich-ovale, einfächerige Fruchtknoten (f Fig. 2), der an jeder der 3 Placenten 1—2 orthotrope Samenknochen trägt. Der Querdurchmesser der geöffneten Blüthe beträgt 4—5 Millimeter. Das geöffnete Perianthium besteht aus 3 oblong-linealen, schief aufrechten, nachenartig vertieften, schmutziggelblichrothen Kelchblättern (k k k in Fig. 3), die nach Ausen und Oben in eine stumpfe, kapuzenartige Spitze endigen, und aus drei Kronblättern von weisslicher Farbe und ähnlicher Gestalt, wie die Kelchblätter; nur ist die Consistenz der letztern eine festere, diejenige der Kronblätter (c c Fig. 3) eine zartere. Dann folgen drei farblose, fast cylindrische Fäden, die nicht völlig die Länge der Kelch- und Kronzipfel erreichen und durch ihre Stellung und Ausbildung sich als verkümmerte Staubblätter (f Fig. 3) zu erkennen geben. Den innersten Kreis bilden drei oblong-lineale, stark ausgebreitete und gekrümmte, mit langen, carminrothen Narbenpapillen ausgestattete Stigmata (st st Fig. 3). Caspary, der die weibliche Elodea-Blüthe zuerst gründlich untersucht hat, fand gelegentlich auch einzelne Blüten, wo 1 oder 2 Stigmata fehlten. In Fig. 2 und 3 sind normale weibliche Blüten bei 8- und bei 23-facher Vergrößerung mit Hülfe des Prismas nach dem Leben dargestellt worden;

wie aus diesen Figuren hervorgeht, alterniren die 4 dreizähligen Kreise der Blütenblattformationen. Eine Bestäubung dieser Blüten kann hierzulande nicht stattfinden, da die männlichen Elodeastöcke in Europa noch nie beobachtet wurden. Es unterbleibt daher bei uns auch jede Fruchtbildung und bleibt es somit Aufgabe der amerikanischen Fachgenossen, die Bestäubungsvorgänge und die Fruchtbildung von *Elodea canadensis* zu ermitteln.

Für unsere Zwecke liegt das Hauptgewicht in den vegetativen grünen Laubblättern, die, soweit die Quirle nicht von der Blütenbildung beeinflusst sind, alle in dreizähligen Wirteln am Stengel angeordnet erscheinen. Sie sind länglich, bis lineal-lanzettlich, spitz oder spitzlich (Fig. 2), nach vorn verschmälert, kleingesägt von zahnartig vorspringenden Blattrand-Zellen (z z Fig. 4) und bestehen mit Ausnahme des Randes und der Mittelrippe aus zwei Schichten eng mit einander verbundener Zellen. Diejenige Zellschichte, welche die Oberseite des Blattes bildet, besteht aus parallelepipedischen Zellen von beträchtlichen Dimensionen; die Zellen der untern Schichte dagegen sind bedeutend kleiner, im Uebrigen aber gleichgestaltet. Sämmtliche Zellen stehen in lückenlosem Verbande, bis auf ziemlich enge Intercellulargänge von ungefähr quadratischem Querschnitt, welche die Stellen einnehmen, wo je zwei der grösseren Zellen der Oberseite und zwei der kleineren Zellen der Unterseite an einander grenzen. Flächenansichten des Blattes bei durchfallendem Lichte zeigen uns diese mit Luft erfüllten Intercellularräume als schwarze, das Blatt der Länge nach durchziehende, hier und da auch Anastomosen bildende Längsstreifen.

In allen Blattzellen, auch in den zählig vorspringenden Zellen des Randes (z z z Fig. 4) finden sich zahlreiche Chlorophyllkörner, die jedoch nicht immer die gleiche Lage beibehalten, sondern in Folge verschiedener Beleuchtung und mechanischer Eingriffe leicht ihre gegenseitige Stellung und die Art ihrer Lagerung und Vertheilung auf der Innenseite der Zellwände ändern. Die Anordnung und Ortsveränderung der Chlorophyllkörner ist in den Zellen der Blattoberseite wegen der grösseren Weite derselben viel deutlicher als in den schmalen Zellen der Blattunterseite. Wir haben daher in Fig. 4 die diesbezüglichen Verhältnisse in einem Fragment der Blattoberseite und zwar aus der Nähe des gezähnten Blattrandes, sowie diesen letzteren selbst zur Darstellung gebracht.

Wenn wir ausgewachsene grüne Blätter von der lebenden Pflanze ohne weitere Präparation so unter das Microscop bringen, dass die Oberseite der in Wasser liegenden Objecte dem Deckglas zugekehrt ist, so erkennt man schon bei mittelstarker Vergrößerung das Gefüge der Zellschichte an der Blattoberseite. Die Mitte des Blattes wird der Länge nach, von der Basis bis zur Blattspitze, von einem aus mehreren Zellschichten zusammengesetzten Faserstrang durchzogen; rechts und links von diesem Mittelnerv besteht die Zellschichte der Blattoberseite aus grösseren, breiteren, in der Flächenansicht oft quadratisch aussehenden Zellen, die ziegelsteinartig an einander gefügt sind. Jede dieser Zellen wird von einer farblosen, glashellen, doppelt conturirten Membran begrenzt; wo benachbarte

Zellen an einander stossen, dient dasselbe Membranstück für beide sich berührende Zellen. Da letztere im Ganzen und Grossen die Gestalt eines Ziegelsteines besitzen, so müssen wir an jeder Zelle 6 verschiedene Wandflächen unterscheiden, von denen 4 senkrecht zur Blattoberfläche stehen und die wir daher „Seitenwände“ nennen. Sie werden bei der Flächenansicht des ganzen Laubblattes allein gesehen, während die zwei andern Wandflächen parallel zur Blattoberfläche verlaufen: die eine von diesen zweien fällt in die Aussenfläche des Blattes selbst und soll kurzweg „Aussenwand“ genannt werden; die andere liegt tiefer, rückwärts, im Innern des Blattes und grenzt an die Zellen der Blattunterseite; wir nennen sie kurzweg „Rückenwand“. Während die Seitenwände (sw sw Fig. 4) bei mittlerer Einstellung alle auf einmal im optischen Schnitt gesehen werden und als farblose, zwischen zwei parallel neben einander laufenden Linien liegende Streifen erscheinen, können wir die parallel mit dem Deckglas verlaufende Aussen- und Rückenwand wegen ihrer Frontlage nicht direkt wahrnehmen, es sei denn dass wir es mit einer zerrissenen toten Zelle, deren Wände in Folge des Absterbens bräunlich gefärbt erscheinen, zu thun haben, wie dies in Fig. 4 bei T T der Fall ist, wo bei höherer Einstellung die Fragmente der bräunlich gewordenen Aussenwand in der Frontansicht wahrnehmbar sind.

Gegen den Blattrand hin nehmen die Zellen der Blattoberseite eine schmälere, langgestreckte Form an; die Längsaxe dieser Zellen verläuft in der Längsrichtung des Blattes. Am Blattrande selbst findet sich eine Zellreihe, in welcher je die zweite oder dritte Zelle in einen schief nach Vorn und Aussen gerichteten Zahn (z z z Fig. 4) ausgewachsen ist.

Alle Zellen ohne Unterschied stimmen darin überein, dass sie im lebenden Zustand von einer klaren, farblosen, wasserhellen Flüssigkeit erfüllt sind, während die Innenseite der Zellwände von einer dünnen Schichte farblosen Wandplasmas austapeziert erscheint. Auf diesem, von kleinen farblosen Körnchen durchsetzten Wandplasma liegt die grösste Zahl der grünen, assimilirenden, linsen- oder eiförmigen Chlorophyllkörner (ch ch Fig. 4) und der in jeder Zelle vorhandene, meist linsenförmige Zellkern (N N).

Unmittelbar nachdem wir das frisch abgeschnittene Blatt von *Elodea canadensis* im Wasser liegend und vom Deckglas bedeckt, unter das Microscop gebracht haben, finden wir die Chlorophyllkörner in einer lückenlosen einfachen Lage in der Plasmaschichte der in die Blattoberseite fallenden Aussenwand, bald in dichtgedrängter Stellung, so dass sich die grünen Körner mit ihren Rändern fast berühren, bald mehr zerstreut stehend, aber dann immer so, dass die Abstände zwischen den Chlorophyllkörnern gleich gross sind. Immer liegen letztere mit ihrem grössten Durchmesser der Zellwand parallel und sie befinden sich in Ruhe. In diesem Zustand gestattet das Object eine genauere Betrachtung der einzelnen Chlorophyllkörner (vergl. T T Fig. 4). Da finden wir häufig Körner von linsenförmiger Gestalt, die, weil sie uns die Breiteite zukehren, von kreisrundem Umriss erscheinen. Bei andern Körnern finden wir einen elliptischen Umriss, noch andere sind länger gestreckt und zeigen auf halber Länge eine mehr oder weniger tief

gehende Einschnürung (ch" ch" bei T T in Fig. 4). Diese letzteren Körner sind im Begriffe, sich durch Zweitheilung zu vermehren. Jene Einschnürung greift nämlich immer tiefer, bis das erst langgestreckte, dann bisquitförmige Korn in zwei symmetrische Hälften, in Tochterkörner zerfällt. Bei Tag enthält jedes Chlorophyllkorn 1 oder 2 kleine kugelige Stärkekörnchen, die mehr oder weniger excentrisch, oft beinahe ganz am Rande des einen oder andern Poles liegen und — weil thatsächlich farblos — nur blass grünlich-gelb schimmern, da sie von einer mehr oder weniger dünnen Lage grüngefärbten Plasmas bedeckt sind. Da die Chlorophyllkörner von *Elodea* relativ gross sind, so eignet sich unsere Pflanze ganz vorzüglich zur Demonstration der Theilungsvorgänge geformter Plasmakörper. Häufig — aber nicht immer — trifft man auch den Zellkern auf der Aussenwand, neben den Chlorophyllkörnern im Wandplasma liegen (N N in T T Fig. 4). Da derselbe linsenförmig ist und ebenfalls mit der Breitseite der Aussenwand anliegt, so erscheint er uns in der Flächenansicht kreisrund. Er besteht aus feingekörntem, farblosem Protoplasma und besitzt ein excentrisches, kugelförmiges Kernkörperchen n. Wir haben in den beiden Zellenfragmenten T T, wo in Folge eines Risses der ganze Wandbeleg plötzlich getödtet und die ursprüngliche Lage der Chlorophyllkörner und des Zellkernes nur wenig alterirt wurde, die in Vorstehendem signalisirte Normalstellung der geformten Plasmatheile illustriert. Auf den Seitenwänden finden sich keine Chlorophyllkörner, oder nur ausnahmsweise hie und da ein solches, das dann seine schmale Seite dem Beobachter zukehrt und ebenfalls bewegungslos ist. Die mit der von Chlorophyllkörnern bedeckten Aussenwand parallele Rückenwand ist in dieser Zeit entweder ganz leer oder auch mit einigen wenigen Körnchen ordnungslos bedeckt.

Frank hat gezeigt, dass auch in Blättern, welche mit der Pflanze noch zusammenhängen, die nämlichen Zustände wie im eben frisch abgeschnittenen, unter dem Microscop liegenden Blatt gefunden werden. Dem gleichen Beobachter verdanken wir die anschauliche Beschreibung der hier nun zur Sprache kommenden Bewegungs-Erscheinungen. Unsere eigenen Beobachtungen, die wir zum Zwecke der Herstellung unserer Tafel anstellen mussten, stimmen mit den Frank'schen Angaben überein. Wir lehnen uns daher im Folgenden an die letzteren an:

In der Regel schon wenige Minuten nach Herstellung des Präparates bemerkt man Bewegung in die Chlorophyllkörner und Unordnung in ihre Stellung gerathen. Man sieht an einer oder an einigen Stellen der Aussenwand einige Körner weiter von einander rücken und anderen entsprechend sich nähern. Auch rutschen manche Chlorophyllkörner schon jetzt auf eine Seitenwand (wie in Zelle I. Fig. 4), meistens aber werden zunächst an der Aussenwand die Chlorophyllkörner an gewissen Stellen zusammengeschwemmt, bald vorwiegend in einen, bald in mehrere, aber nicht scharf umschriebene Haufen, bald auch mehr in Quer- oder in einem Längsstreifen; oder es sind solche Haufen nach einer oder mehreren Seiten hin zu einem Streifen verdünnt. Es ist überaus deutlich, dass diesen Anhäufungen von Chlorophyllkörnern eine Häufung schleimigen Protoplasmas an diesen Stellen entspricht. Bei

hinreichend starker Vergrößerung und guter Beleuchtung, z. B. bei Anwendung des Hartnack'schen Immersions-Systemes IX., kann man unschwer Theile des bis dahin gleichmässig vertheilten feinkörnigen Protoplasmas sich zu dünnern oder dickern Ballen oder zu Strängen zusammenziehen sehen, wobei die eingebetteten grossen Chlorophyllkörner passiv von ihrer Stelle gerückt werden. Man sieht nun aber auch in diesen Strängen eine innere Strömung beginnen, in Folge welcher die Chlorophyllkörner langsam in Bewegung gerathen. Dabei ist es überaus deutlich, wie ausnahmslos die Richtung, in welcher die grünen Körner sich bewegen, dieselbe ist, wie die, in welcher der Protoplasmaschleim fliesst.

Die Ströme verändern fortwährend ihre Lage, manche verzweigen sich, andere verschwinden, während wieder neue auftreten. Die Lage und Richtung der Ströme ist eine sehr mannigfaltige: manche gehen unter der Aussenwand querüber von einer Seitenwand nach der entgegengesetzten Seite in gerader oder in schiefer Richtung; meist aber senkt sich der Strom von einer Stelle der Aussenwand anhebend in schiefer Richtung in tiefere Gegenden der Zelle, nach der Rückenwand oder ungefähr nach der Kante zwischen dieser und einer Seitenwand (vergl. in Zelle II. Fig. 4 die beiden schief nach Oben und in die linke Ecke sich bewegenden Plasmaströme *pl pl*). In allen solchen Strömen werden vielfach auch Chlorophyllkörner mit fortbewegt und zwar entsprechend der Richtung und Lage dieser Ströme ohne bestimmtes Ziel. Zu einer gewissen Zeit werden z. B. eine Anzahl grüner Körner nach einer Seite hin oder nach dem Hintergrunde geschwemmt, während bald darauf durch einen neu entstandenen Protoplasmastrom andere oder vielleicht dieselben Chlorophyllkörner wieder an die Aussenwand zurückgetrieben werden. So geschieht es auch zuweilen, dass vorübergehend einmal alle Chlorophyllkörner von der Aussenwand verschwunden sind; nach kurzer Zeit werden aber wieder welche dahin gebracht, um daselbst eine Zeit lang zu liegen oder umhergetrieben zu werden, und so kann sich auf einer schon leer gewordenen Aussenwand wieder eine ziemliche Anzahl Körner ansammeln. In dieser Weise geht das Spiel der Bewegungen eine Zeit lang fort, bis endlich nach 1—2 Stunden ein neuer Zustand angebahnt wird. Unverkennbar wird nämlich die Anzahl der momentan an der Aussenwand befindlichen Chlorophyllkörner im Allgemeinen immer geringer, während sich dieselben an den Seiten und Hinterwänden immer mehr anhäufen. Eine genauere Betrachtung lehrt aber auch, dass die Strömchen unter der Aussenwand (vergl. Zelle II. in Fig. 4) seltener werden. Man sieht nämlich, wie dieselben ihre Lage entweder so verändern, dass sie sich der um die Seitenwände vertheilten Protoplasma Masse einlagern, oder wie diejenigen Strömchen, welche von der Aussenwand nach der Seite oder nach Hinten fliessen, rückwärts aufhören und also ebenfalls von der an der Seite oder auf der Rückenwand liegenden Masse des Protoplasmas vollständig aufgenommen werden. In dem Maasse nun, als dieses Fliehen des Protoplasmas und der Chlorophyllkörner von der Aussenwand vollständiger wird, beginnt in den jetzt an den Seitenwänden (*sw sw* Fig. 4) angehäuften Massen eine neue Erscheinung, nämlich eine rings herum

laufende Rotation des plasmatischen Wandbeleges sammt den darin eingebetteten Chlorophyllkörnern, in gleicher Weise, wie es von der *Vallisneria spiralis* schon längst bekannt ist. Die Rotation bildet sich aber erst allmählig aus; zunächst sieht man nur an diesem oder jenem Punkte des Umfanges der Zelle schwache Ansätze einer solchen hervortreten, die an einer sehr trägen Fortbewegung dieses oder jenes grünen Kornes parallel der Seitenwand sichtbar wird. Es gerathen aber in der Folge immer mehr Körner in gleiche und gleichsinnige Bewegung und die letztere wird immer beschleunigter, bis endlich alle an den Seitenwänden der Zellen liegenden Chlorophyllkörner in je nach der Höhe der Temperatur verschieden lebhafter Rotation begriffen sind. Dabei macht man unschwer die Beobachtung, dass die den Seitenwänden aufliegende, in strömender Bewegung begriffene Plasmaschicht, in welcher die Chlorophyllkörner mit fortgeführt werden, jetzt gerade relativ sehr mächtig geworden ist (vergl. *pl pl* in Zelle III. Fig. 4).

Ist die Rotation einmal im vollen Gange, so bemerkt man in der Regel auch keine an der Aussenwand oder durch die Zelhöhle hingehenden Protoplasmaströmchen mehr. (Nur im Uebergangs-Stadium, wie z. B. in Zelle II. Fig. 4 zu sehen ist, können beiderlei Erscheinungen gelegentlich wahrgenommen werden).

Bis zum Eintritt der lebhaftesten Rotation sind auch in der Regel sämtliche Chlorophyllkörner von der Aussenwand verschwunden, oder es ist wohl noch eins oder auch ein paar daselbst sitzen geblieben (*ch" ch"* in Zelle V. Fig. 4), aber diese liegen dann dauernd in Ruhe. Auf der Rückenwand bemerkt man häufig eine grössere Anzahl von grünen Körnern, die unregelmässig gehäuft oder zerstreut liegen; auch diese sind unbeweglich.

Ist die Rotation einmal im Gange, so bleibt sie es dauernd, ebenso wie auch die Chlorophyllkörner in ihrer nunmehrigen Anordnungsweise unverändert verharren. Es wird also überhaupt der Zustand der Zelle, wie er sich beim Eintritt der Rotation ausbildet, ein constanter. In abgeschnittenen Blättern, welche in Wasser unter Deckglas lagen, erhielt Frank die Zellen viele Tage lang am Leben, ein Umstand, der dieses Demonstrationsobject für Zwecke des Unterrichtes ungemein werthvoll macht.

Die beschriebenen Uebergänge aus dem Ruhezustand des wandständigen Protoplasmas und der darin eingebetteten Chlorophyllkörner und des Zellkernes in den Zustand ununterbrochener Rotation vollziehen sich in der Regel nicht genau gleichzeitig in allen Zellen des abgeschnittenen Blattes. Den Anfang machen in der Regel die der Wundstelle zunächst gelegenen Zellen, während diejenigen der Blattspitze und ihrer nächsten Partie etwas später nachfolgen. Auch in den Querzonen des Blattes befinden sich die Zellen im Allgemeinen nicht in ganz gleichen Stadien; die der Mittelrippe und dem gesägten Blattrand zunächst liegenden beginnen die Veränderungen früher als jene mehr isodiametrischen Zellen der Blattoberseite zwischen Rippe und Rand. Dies trifft auch dann zu, wenn wir ein frisch abgeschnittenes Blatt durch kreuzende Schnitte in mehrere Stücke zerlegen und letztere einzeln beobachten.

Hinsichtlich der Rotationsrichtung besteht keine bestimmte Beziehung zwischen den benachbarten Zellen: sowohl zwei seitlich als auch zwei in longitudinaler Richtung verbundene Zellen (letztere stehen in Längsreihen) können gleichsinnige wie entgegengesetzte Rotation haben, so dass es ebenso gut Zellwände gibt, auf deren beiden Seiten die Plasmastränge gleichgerichtet sind, wie solche, an denen dieselben in entgegengesetzten Richtungen fliessen. Im einen wie im andern Falle ist das Schauspiel ein ungewohnt interessantes und belebtes, wenn man gleichzeitig die Rotation in mehreren Zellen auf einmal überschaut.

In den zu spitzen Zähnen (z z z Fig. 4) ausgewachsenen Zellen des Blattrandes ist das Protoplasma des Wandbeleges in anastomosirende Stränge verdickt, in denen langsame Circulationsbewegungen ähnlicher Art wahrgenommen werden, wie in den Zellen der Staubfadenhaare von *Tradescantia* und von *Erythrotis Beddomei* (vergl. die Tafel letzterer Benennung). Auch hier sind die wenigen Chlorophyllkörner in der Regel den circulirenden Plasmasträngen eingebettet, ebenso der Zellkern, der ähnlich wie die Chlorophyllkörner und die stets wechselnden Ströme seine Lage bald langsam, bald schneller wechselt, wie aus unserer Hauptfigur 4, wo die Pfeile jeweilen die Stromrichtung des beweglichen Plasmas andeuten, leicht zu ersehen ist. Verfolgen wir die Veränderungen im Zellinhalte eines frisch abgeschnittenen Blattes von Anfang an bis zum Eintritt der continuirlichen Rotation in den grössern Blattzellen zwischen Rand und Rippe, so haben wir während der Fixirung der dem Blattrande angehörenden und ihm zunächst liegenden Zellen reichlich Gelegenheit, alle möglichen Uebergangsstadien zwischen ausgesprochener Circulation einerseits und Rotation andererseits wahrzunehmen, wobei sich jene Bilder ergeben, die wir in den mehreren Randzellen und den benachbarten Zellen der Blattoberseite (Fig. 4) dargestellt haben.

Diese Bewegungserscheinungen des lebendigen, in seinen bisherigen Beziehungen zum ganzen Pflanzenkörper durch die Lostrennung und das Zerschneiden des Blattes gestörten Protoplasmas sind an und für sich schon interessant; sie beanspruchen aber von jedem Beobachter um so mehr Interesse, als hier nicht bloss farbloses, peripherisch im Zellinnern eingeschlossenes Plasma (wie bei *Chara*) in Bewegung geräth, sondern auch die grossen Chlorophyllkörner und der noch grössere Zellkern passiv in die Wanderung mit hineingezogen werden. Die rotirenden Chlorophyllkörner kehren dem Beschauer selbstverständlich die Schmalseite zu, sind daher nur im Profil zu sehen. Das Gleiche gilt von dem rotirenden, also auf den Seitenwänden der Zelle hingleitenden Zellkern (vergl. N' N' in Fig. 4 rechts oben). Häufig stauen sich nicht allein die Wellen werfenden, wandernden, feinkörnigen und farblosen Partien des Wandplasmas, sondern auch die mitwandernden Chlorophyllkörner zu langsam dahintrutschenden Haufen (ch in Zelle B Fig. 4). Ebenso häufig stauen sich die wandernden, lebhaft rotirenden Chlorophyllkörner am träge dahingleitenden Zellkern, diesen oft ganz bedeckend und mit ihm zusammen einen momentan in seiner Bewegung verzögerten Klumpen bildend. Nicht selten bleiben einzelne Chlorophyllkörner, oder der isolirt gleitende

Zellkern allein in einer Ecke zwischen Längs- und Querwand für einige Augenblicke liegen, oft durch den ziehenden Druck des rotirenden Plasmastromes für Momente in den Formen sich verändernd, bis sie langsam und allmählig aus dem Winkel wieder auf die flache Wand vorrücken, dort ihr Linsenprofil wieder annehmend und abermals in eine lebhaftere Bewegung gerathend.

Das Fliehen der Chlorophyllkörner von den mit der Blattoberseite parallelen Zellwandflächen auf die seitlichen Wände, wobei die grünen Körner zur Flächenansicht des Organes Profilstellung einnehmen, ist nicht allein bei *Elodea*, sondern auch bei andern grünen Pflanzen beobachtet worden. In vielen Fällen vollzieht sich diese Flucht unter dem Einfluss verschiedener Lichtintensitäten. Hierüber wolle man die Stahl'sche Arbeit „Ueber den Einfluss von Richtung und Stärke der Beleuchtung auf einige Bewegungserscheinungen im Pflanzenreich“ (Bot. Zeitung 1880) nachlesen und dieselbe vergleichen mit der Arbeit von Frank: „Ueber die Veränderung der Lage der Chlorophyllkörner und des Protoplasmas in der Zelle und deren innere und äussere Ursachen“ (in Pringsheim's Jahrbüchern für wissenschaftliche Botanik, Band. VIII., 2. Heft, 1871). In beiden Arbeiten ist die weitere diesbezügliche Literatur angegeben. Ein den dermaligen Stand dieser Frage beleuchtendes Referat findet sich in W. Pfeffer, Pflanzen-Physiologie, II. Band 1881 pag. 392 ff. unter dem Titel: „Bewegungen der Chlorophyllkörner“.

Fig. 1. Habitusbild eines üppig vegetirenden und blühenden, weiblichen Exemplars von *Elodea canadensis*, in natürlicher Grösse nach dem Leben gezeichnet. st st — Stengel; r r — Wurzeln; kn — neue Sprossknospe am untern, ältern Stengeltheil; s s s — überall die „Spatha“ der axillären Blüten; pr, pr' pr'' — langgestreckte, fädige Blütenröhre; fl fl fl — drei an der Oberfläche des Wasserspiegels zur Anthese gekommene Blüten; bl bl — unter dem Wasserspiegel sich öffnende Blüten, je eine kugelige Luftblase | | tragend.

Fig. 2. Fragment eines Stengelstückes mit drei Blattquirlen A, B und C und einer vom Quirl A abgehenden, aus der Achsel des „Deckblattes“ blt' entspringenden weiblichen Blüthe, bei 8-facher Vergrösserung nach der Natur gezeichnet. s — Spatha; pr — Blütenröhre.

Fig. 3. Oberer Theil einer weiblichen Blüthe, schief von Oben gesehen, 23 mal vergrössert. pr — Blütenröhre; k k k — Kelchblätter; c c c — Kronblätter; f — die drei verkümmerten fädigen Staubblätter; st st — die carminrothen Narben.

Fig. 4. Fragment der Blattoberseite mit dem gezähnten Rand und den nächstliegenden Längsreihen der hier langgestreckten Blattzellen, am Ende der Uebergangszeit zur Rotation des plasmatischen Wandbeleges. Unten rechts bei T T zwei bei der Präparation zerrissene, plötzlich getödtete Zellen mit bräunlichen Wänden; die Chlorophyllkörner liegen flach auf der dem Beschauer zugekehrten Aussenwand und

zeigen alle Theilungsstadien. **N N** — Zellkerne; **n n** — Kernkörperchen. In Zelle I. beginnen die Chlorophyllkörner auf die Seite zu fliehen; in Zelle II. ist diese Flucht weiter vorgeschritten: die letzten Plasmastränge **pl** fliehen mit dem Zellkern **N** und den Chlorophyllkörnern **chl** von der Aussenwand auf die Seitenwände **sw sw**, wo das Plasma bereits in Rotation übergeht. In den Zellen III. und IV. und B sind alle Chlorophyllkörner auf die Seitenwände vertheilt und rotiren hier sammt dem Zellkern im geschlossenen Strom des Wandplasmas. In Zelle V. sind einige

Chlorophyllkörner (**ch**) auf der Aussenwand verblieben und verharren in Ruhe. In Zelle VI. rotirt das auf den Seitenwänden liegende Plasma, während noch ein Plasmastrang auf der Aussenwand schief von einer Seite zur andern querüber läuft. In den Blattrandzellen, die zum Theil in spitze Zähne **z z z** ausgewachsen sind, bietet das lebendige Plasma die schönsten Bilder der Circulation. Ueberall geben die Pfeile die Richtung an, in welcher die Plasmatheile strömen. Vergrößerung 2200.

(Alle Figuren wurden vom Herausgeber nach dem Leben gezeichnet).

- Literatur:** **Torrey, John.** Flora of the State of New-York. Vol. II., Plate CXXV. pag. 264, 265. Albany 1843.
Caspary. Die Hydrilleen, in Pringsheim's Jahrbüchern für wissenschaftliche Botanik. Bd. I.
Caspary. Die Blüthe von *Elodea canadensis*, in Bot. Zeitung 1858 pag. 313 ff. und Tafel IX.
Horn. Zur Entwicklungsgeschichte der Blüthe von *Elodea canadensis*, im Archiv für Pharmacie, III. Reihe. Vol. I. Heft V.
Frank. Ueber die Veränderung der Lage der Chlorophyllkörner und des Protoplasmas in der Zelle, und deren innere und äussere Ursachen. Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik. Band VIII. pag. 233 ff. Leipzig 1871.
Eichler. Blüthendiagramme I. Theil, pag. 92, 93. Leipzig 1875.
Stahl, E. Ueber den Einfluss von Richtung und Stärke der Beleuchtung auf einige Bewegungs-Erscheinungen im Pflanzenreiche, mit 1 Tafel. Botanische Zeitung 1880.
Pfeffer, W. Pflanzen-Physiologie II. Band. Leipzig 1881, pag. 392 ff.

Erythrotis Beddomei, Hooker f.

Die Gattung *Tradescantia* ist seit langer Zeit wegen der eigenthümlichen Circulationsbewegungen des Plasmas in den lebenden Zellen ihrer Staubfadenhaare eine der berühmtesten und spielt in dem Kapitel von der Physiologie des pflanzlichen Plasma's eine Hauptrolle.

In neuester Zeit ist dieselbe Pflanzengattung auch in anderer Richtung zu physiologischer Berühmtheit gelangt, da Strasburger gezeigt hat, dass die Entwicklungsgeschichte derselben Staubfadenhaare alle Haupt-Erscheinungen der Zellkerntheilungen in kurzer Zeit am Auge des Beobachters vorübergehen lässt und zwar im denkbar günstigsten Falle, nämlich in der lebendigen Zelle selbst.

Die so häufig citirte und demonstirte *Tradescantia virginica* und ihre Schwesterarten, welche jetzt nicht nur in allen botanischen Gärten, sondern als Zierpflanzen auch in Laienkreisen gehegt und gepflegt werden, blühen meist im Beginne des Sommers, wochenlang oft bis in den August hinein. In dieser Jahreszeit, da überdies eine Unmasse anderer Objecte den Lehrer und Lernenden bestürmt, findet sich also fast überall an höheren Lehranstalten das lebendige Demonstrationsobject für Plasma-Circulation und Zellkerntheilung ohne Schwierigkeit; aber gerade im Sommer wird an unseren meisten Hoch- und Mittelschulen nach altem Usus nicht allgemeine Botanik, nicht Anatomie und Entwicklungsgeschichte, sondern specielle (oder systematische) Botanik gelehrt, so dass zu der Zeit, da diese höchst wichtigen Objecte für die Lehre des Zell-Lebens behandelt werden, nämlich im Winter, das lebende Untersuchungsmaterial nicht vorhanden ist, sofern man eben an *Tradescantia* festhalten will.

Es war daher für den Herausgeber des „Atlas“ eine erfreuliche Entdeckung, als er im November und Dezember des Winters 1881/82 nach geeigneten Objecten für die Demonstration von Zelltheilungen und Plasma-Circulation suchend, im Orchideenhaus des botanischen Gartens in Zürich zum ersten Mal der lebhaft blühenden Pflanze gewahr wurde, welche im Wesentlichen alle im Vorstehenden berührten Erscheinungen der Staubfadenhaare von *Tradescantia virginica* zur Untersuchung und Demonstration darbot, in einer Zeit, da an unseren europäischen Hoch- und Mittelschulen in der Regel die Zellenlehre behandelt wird und die wichtigsten Objecte am Microscop demonstrirt werden sollten. Diese — also im Winter zur Blüthe gelangende Pflanze — ist mit *Tradescantia* so nahe verwandt, dass sie der Uneingeweihte leicht für eine Art der genannten Gattung halten wird. J. D. Hooker, der diese Pflanze zum ersten Mal für die Systematik beschrieb, nannte sie indess nicht *Tradescantia*, sondern *Erythrotis* und belegte sie — nach dem Entdecker dieses vorderindischen Gewächses, dem britischen Colonel Beddome — mit dem Namen **E. Beddomei**. Hooker reihte sie wegen ihrer grossen Verwandtschaft mit *Commelina* in die natürliche Familie der Commelinaceen ein, in welche Familie ja bekanntlich auch die Gattung *Tradescantia* gehört.

Erythrotis Beddomei ist ein kleines krautartiges Gewächs, das von Beddome auf trockenen, nackten Felsen in Malabar, 3000—4000 Fuss über Meer gefunden wurde. Durch reife Samen kam die Pflanze in den botanischen Garten zu Kew, wo sie im Dezember 1874 zum ersten Mal blühte. Von hier aus gelangte sie in die Gewächshäuser des botanischen Gartens in Zürich, wo sie üppig gedeiht und nach den Mittheilungen des Garten-Inspectors Ortgies schon mehrere Male im Winter zum Blühen kam. Es ist also voranzusehen, dass die zierliche und lehrreiche Pflanze in kurzer Zeit sich in den meisten botanischen Gärten eingebürgert haben. An ein warmes Klima gewöhnt, ist sie für die gemässigte Zone eine Warmhauspflanze, aber leicht zu cultiviren. Wie aus Fig. 1 unserer Tafel hervorgeht, ist *Erythrotis Beddomei* mit reich beblätterten, kriechenden oder hängenden, sehr schlanken oberirdischen Stengeln versehen. Alle oberirdischen Theile sind orangeroth bis braunroth behaart, der Stengel ist von diesen Haaren an seiner ganzen Oberfläche zottig bekleidet, das Gleiche gilt von den Zweigen und Knospen des Blütenstandes. Die zweizeilig angeordneten Blätter sind stiellos und alterniren, sie sitzen mit herzförmigem Grunde am Stengel, den sie mit ihrer Scheide vollständig umgeben. Auf der Oberseite sind die Blätter lebhaft grün, auf der Unterseite schillern sie purpurroth in Folge der carminrothen Färbung des Zellsaftes der Epidermis. Die Breite und Länge der Blätter ergibt sich aus Fig. 1, die in natürlicher Grösse nach einem lebenden Exemplar hergestellt wurde.

Die 4—8 an kleineren Zweigen auf einander folgenden Blüten sind kurzgestielt und bestehen aus folgenden Blattkreisen:

- 1) Einem äusseren Perigonblattkreis, der kelchartig entwickelt ist und aus drei gleich grossen, freien, in gleichen Abständen von einander entfernten Blättern besteht (k k Fig. 2). Diese äusseren Perigonblätter sind nicht wie bei den meisten Monocotyledonen von gleichem Bau mit den innern Perigonblättern, sondern grün gefärbt und derb, an ihrer Aussen- (oder Unter-) Seite reichlich bedeckt mit orangegelben, langen Haaren.
- 2) Darauf folgt ein aus drei zarten, kronartig entwickelten, röthlich gefärbten Blättern bestehender Kreis innerer Perigonblätter (co co Fig. 2), die ebenfalls alle durchaus gleich gross sind und, in gleichen Abständen von einander entfernt, mit den drei Kelchblättern alterniren. Diese Kronblätter sind in der geöffneten Blüthe bedeutend grösser, als die Kelchblätter.
- 3) Innerhalb der zwei vorgenannten Blattkreise, die zusammen die Blütenhülle, das Perigon, bilden, folgen zwei mit einander alternirende Staubblattkreise mit je drei, zusammen also mit sechs Staubblättern, wie dies bei der typischen Monocotylen-Blüthe in der Regel der Fall (fl—a Fig. 2).
- 4) Im Centrum der Blüthe findet sich ein dreiblättriger, dreifächeriger Fruchtknoten, der in jedem Fache zwei Samenknochen enthält und von einem

langen Griffel überkrönt ist. Der Griffel trägt eine ganz unscheinbare papillöse Narbe (st Fig. 2) und ist gegen sein oberes Ende hin verjüngt, die Narbe nimmt also den Scheitel des dünnsten Griffeltheiles ein, ein Verhältniss, das im Gegensatz zu den meisten andern Blütenpflanzen wie eine Ausnahme erscheint.

Von besonderem Interesse sind die sechs Staubblätter der Blüthe von *Erythrotis Beddomei*. In Fig. 3 habe ich eines dieser Staubblätter bei stärkerer Vergrößerung dargestellt. Der Filamenttheil *f* ist dünn, fadenförmig, cylindrisch, in der geöffneten Blüthe beinahe senkrecht und steif. Der mittlere Theil, ungefähr die Hälfte der ganzen Länge einnehmend, ist mit gegliederten, unverzweigten, kettenförmigen Haaren bekleidet (*h h* Fig. 3), welche bei auffallendem Lichte cobaltblau erscheinen, in durchfallendem Lichte dagegen röthlich violett schimmern. Es sind die für den Zweck unserer Tafel wichtigsten Theile der Blüthe, die im Wesentlichen mit den längst berühmten Staubfadenhaaren der *Tradescantia virginica* übereinstimmen.

Am obern Ende ist der einzelne Staubfaden verjüngt und geht dort in das gelbe Connectiv oder „Band“ (*con* Fig. 3) des Staubbeutels über. Das Connectiv ist bei *Erythrotis* nach Oben verbreitert und am Scheitel ausgebuchtet, so dass die zwei Staubsäcke (*an an* Fig. 3) von Unten nach Oben divergiren, durch welches Merkmal sich die Gattung *Erythrotis* von den benachbarten Gattungen der Commelinaceen unterscheidet.

Die Staubfadenhaare (*h h* Fig. 3) von *Erythrotis* gleichen in entwicklungsgeschichtlicher wie in physiologischer Beziehung, in Form und Inhalt der Zellen, welche sie zusammensetzen, so sehr den Staubfadenhaaren von *Tradescantia virginica*, dass unsere sämtlichen Abbildungen von Fig. 3 bis Fig. 7 ohne Bedenken auch zur Demonstration der Erscheinungen benützt werden können, welche uns die Staubfadenhaare von *Tradescantia* darbieten.

Die vorliegende Tafel ist somit zur Erläuterung von Lebensprocessen verwendbar, welche sich bei zwei ganz verschiedenen Pflanzen, von denen die eine im Sommer, die andere aber im Winter blüht, in durchaus analoger Weise abspielen.

Schon bei schwacher (31-facher) Vergrößerung zeigt das einzelne Staubfadenhaar von *Erythrotis Beddomei* ein paternosterförmiges Aussehen; 40—50 tonnenförmige Zellen bilden je eine continuirliche Reihe, so zwar, dass die Zellen am unteren Theile des Staubfadenhaares langgestreckt erscheinen, während die Zellen von der Mitte der Fadenlänge an nach Oben mehr und mehr an Länge abnehmen, wie dies aus Fig. 4 ersichtlich ist. Die oberste Zelle des Staubfadenhaares ist jeweilen die kürzeste und fast von kugelförmiger Gestalt.

Im ausgewachsenen Zustand, (bei der geöffneten Blüthe) erscheint die zarte Membran jeder der 40—50 tonnenförmigen Zellen an ihrer Oberfläche etwas längsgestreift, was namentlich bei den obersten kürzeren Zellen störend auf die Durchforschung des Zellinhaltes und der Vorgänge im Zellinnern einwirkt.

Am günstigsten für die letzteren Untersuchungen gestalten sich die Verhältnisse bei den langgestreckten

unteren Zellen des Staubfadenhaares. Hier ist es möglich, schon bei 300-facher Vergrößerung ganz leicht die Anordnung der Zellinhaltsbestandtheile und die Lebenserscheinungen der Plasmastränge zu erkennen (Fig. 4). Selbst der Ungeübtere wird hier unschwer die wunderliche **Circulation des Protoplasmas**, wie sie fast in allen Lehrbüchern der Botanik durch Wort und Bild dargestellt ist, studieren können. Man hat einfach eines der Staubblätter aus der geöffneten Blüthe sorgfältig herauszuschneiden, die Anthere, welche bei der Beobachtung nur störend wirken kann, zu entfernen, das Filament, sammt den vielen Staubfadenhaaren ohne weitere Präparation in einen Tropfen frischen Wassers zu bringen, mit zwei Nadeln die Haare, denen gerne Luft anhängen bleibt, etwas aus einander zu legen und über das Ganze ein Deckglas zu legen.

Bringt man dieses Präparat bei einer Lufttemperatur von 15—30° Celsius unter das Microscop, so beobachtet man bei 300—500-facher Vergrößerung in kurzen Zügen Folgendes:

Die Zellen des unteren Haartheiles sind tonnenförmig, langgestreckt (Fig. 4, unterer Theil), etwa zwei mal so lang als dick. Der Raum jeder Zelle wird von einer obern und einer untern ebenen Wand und der gewölbten Seitenwand (Aussenwand der Tonne) begrenzt. Für die ebenen Wandstücke, welche zwischen den aufeinander folgenden Zellen des kettenförmigen Haares ausgespannt sind (*M'* und *M''* Fig. 7), wollen wir den Ausdruck „Querwände“ gebrauchen. Die gewölbte Aussenwand (*M M* Fig. 7) ist an ihrer Oberfläche cuticularisirt und etwas rauh durch nach Aussen vorspringende, kaum messbare Längsstreifen, die man am leichtesten in der Nähe der Einschnürung zwischen zwei Zellen wahrnimmt. Die Querwände (*M'* und *M''*) sind nicht cuticularisirt, durchaus glatt und wasserhell; letztere Eigenschaft kommt auch der Aussenwand zu, so dass es ein Leichtes ist, durch die farblose, durchsichtige Membran hindurch die Vorgänge im Innern der Zelle zu verfolgen.

Fast der ganze Hohlraum der tonnenförmigen, ausgewachsenen Zelle ist von einer wässerigen Zellflüssigkeit erfüllt, welche bei durchfallendem Lichte blassviolett, bei auffallendem Lichte tief himmelblau gefärbt erscheint. Dieser Farbstoff ist im Zellsaft gelöst, also nicht etwa an geformte, feste Zelltheile gebunden.

Die ganze Innenseite der Zellmembran ist mit einer ungleich dicken Schichte körnigen, farblosen Protoplasmas ausgekleidet, in welcher Schichte stärkere und schwächere Stränge von Plasma (*pl pl* Fig. 7) verlaufen, die fast ohne Ausnahme vom Zellkern ausgehen oder zu ihm zurücklaufen. In diesen Plasmasträngen hat Robert Brown 1833 zum ersten Mal jene strömende Bewegung beobachtet, die als Circulationserscheinung des lebenden Protoplasmas seither so häufig untersucht und namentlich von *Tradescantia*-Arten durch die verschiedensten Autoren einlässlich beschrieben wurde.

Der Zellkern (*N* Fig. 7) liegt in der ausgewachsenen Zelle meistens an irgend einer Stelle auf der Innenwand, häufig in einem Winkel der ebenen Quer- und der tonnenförmigen Längswand, wie dies in Fig. 7 dargestellt ist. Nicht selten treffen wir ihn

aber auch an den verschiedensten Stellen der gekrümmten Längswand, wo er aber selten lange am gleichen Punkte verharret, sondern fast fortwährend in langsamer (passiver) Wanderung begriffen ist. In einigen Fällen sah ich den Zellkern, der hier immer einen excentrischen Nucleolus (n Fig. 7) erkennen lässt, an Plasmasträngen, welche den Zellhohlraum durchsetzen, aufgehängt; aber auch in diesen Fällen stets langsam seine Lage verändernd.

Wenn der Zellkern frei im Zelllumen aufgehängt erscheint, so ist er von kugeliger Gestalt; rückt er dagegen auf die Zellwand hinaus, so nimmt er eine eiförmige, wohl gelegentlich auch linsenförmige Gestalt an (vergl. NN in Fig. 7). In allen Fällen ist der aus feingranulirtem Plasma bestehende, scharf umschriebene Zellkern von einer grösseren oder kleineren Menge unregelmässig vertheilten körnigen Protoplasmas bedeckt, in welches die hier zusammenlaufenden Plasmastränge einmünden, während andere Stränge hier ihren Ursprung nehmen und von da ausströmen in alle Theile der lebendigen Zelle, was wir durch die verschiedenen Pfeile (Fig. 7) angedeutet haben.

Die Plasmastränge bestehen aus einer homogenen, farblosen, durchsichtigen Grundsubstanz und aus darin eingebetteten, grösseren und kleineren, bei durchfallendem Licht meist dunkelgrau aussehenden Körnern, welche es uns möglich machen, die Circulationsbewegung wahrzunehmen. Nicht diese Körnchen selbst besitzen das Bewegungsvermögen, sondern das letztere ist eine Eigenschaft der homogenen Grundsubstanz des Plasmas, welche in fortwährender, bald langsamer, bald schneller Wanderung begriffen ist und die grauen Körner mit sich fortführt; letztere wandern als passive Körper in der zähflüssigen Hauptmasse der Plasmastränge.

Die Plasmastränge sind ungleich dick und häufig verästelt. In der Mehrzahl der Fälle verlaufen sie in der Richtung des längsten Durchmessers der Zelle oder doch nur wenig von derselben abweichend, schief von Unten nach Oben und von hier wieder bald gerade, bald schief abwärts. Gestalt und Richtung der strömenden Plasmastränge verändern sich fast continuirlich. Die Hofmeister'sche Schilderung von der Circulation des Plasmas in den Staubfadenhaaren von *Tradescantia virginica* passt mit geringen Abweichungen auch auf diese Vorgänge in den entsprechenden Organen von *Erythrotis Beddomei*: Vorhandene Plasmastränge werden an irgend einer Stelle dünner und reissen durch; die Stücke werden in den Wandbeleg oder in andere Stränge aufgenommen. Es treten neue Stränge aus dem Wandbelege oder neue Zweige aus schon vorhandenen Strängen hervor. Schwach divergirende Gabelungen eines Stranges verschmelzen auf weite Strecken, indem in ihnen die Masse des Protoplasmas sich beträchtlich anhäuft. Zwei stark convergirende oder parallel neben einander laufende Stränge gleicher oder entgegengesetzter Stromrichtung nähern sich mehr und mehr und verschmelzen endlich zu einem einzigen Strange. Die grösste Anhäufung des beweglichen Protoplasmas befindet sich in der Regel um den Zellkern herum. Manche Stränge sind breit, bandartig und in solchen Fällen werden häufig zwei, einander entgegengesetzte Richtungen der fliessenden Bewegung unterschieden. Bisweilen erscheint

eine mittlere Strömung von zwei parallelen, ihr entgegengesetzten Randströmungen eingefasst. In einzelnen Fällen kommen zwei entgegengesetzte Stromrichtungen an äusserst dünnen, kaum messbar dicken Plasmasträngen vor. Grössere, massigere Körner rücken in den Plasmasträngen langsamer, kleinere dagegen rascher vor.

Die Geschwindigkeit und Richtung der Strombewegung wechselt ebenso wohl, wie die Gestalt und Anastomosenbildung der einzelnen Stränge. Ein rasch fliessender Strom verlangsamt nach einiger Zeit seine Bewegung, bis die letztere für einige Augenblicke ganz aufhört; dann tritt häufig eine Strömung in umgekehrter Richtung ein. Die neue Stromrichtung tritt langsam ein, wird aber sehr rasch beschleunigt.

Bei genauerer und lange andauernder Beobachtung ergibt sich, dass nicht nur jene sichtbaren Stränge, sondern auch das homogene Wandplasma fortwährend in innerer Bewegung ist. So lange die Zelle lebt, so lange kommt das gesammte Plasma in ihrem Inneren — der Zellkern mit inbegriffen — nicht zur Ruhe.

So instructiv die Beobachtung der Vorgänge in der Einzelzelle bei der Anwendung genügend starker Object-Systeme sich gestaltet, (bei 500—600-facher Vergrösserung sind alle in Vorstehendem geschilderten Einzelheiten zu erkennen), so wunderlich erscheinen die Vorgänge im kettenförmig zusammenhängenden Ganzen des aus 40—50 Zellen bestehenden Staubfadenhaares, wie wir sie in Fig. 4 bei 300-facher Vergrösserung dargestellt haben. Da scheint dann das gesammte sichtbare Plasma in der Zellenkette eine einzige Reihe von wandelbaren Circulations-Centren darzustellen.

Häufig liegen die Zellkerne in 3—6 auf einander folgenden Zellen ganz ähnlich jeweilen in der Nähe der Querwand (vergl. die 6 untersten Zellen bei Fig. 4) und von ihnen aus geht je ein starker, breiter Plasmastrang parallel zur Längsaxe des Fadens auf- oder abwärts. Die dünnern Plasmastränge verlaufen dagegen meist mehr oder weniger schief und wechseln rascher als die dickern Stränge ihre Richtung und gegenseitige Anordnung. Am auffälligsten erscheint die Circulationsbewegung des Plasmas immer in der Nähe der Querwände, also dort, wo je zwei benachbarte Zellen zusammen treffen. Hier wird der ungeübtere Microscopiker in der Regel die Plasmabewegung zuerst wahrnehmen, denn da scheint oft der ganze plasmatische Wandbeleg der tonnenförmigen Aussenwände in lebhafter Bewegung zu oder von den ebenen Querwänden hin- oder wegzuströmen. Da fast alle circulirenden Plasmastränge die ganze Länge der Zelle durchlaufen, so convergiren sie fast ohne Ausnahme gegen die ebenen Querwände hin, wo die Zelle den geringsten Durchmesser besitzt, wesshalb hier — auf den Querwänden selbst — das zusammenfliessende Plasma selbstverständlich eine grössere Mächtigkeit besitzen muss, als auf der gewölbten, tangential so beträchtlich erweiterten, tonnenförmigen Aussenwand. Dementsprechend ist die Bewegung des Plasma's auf beiden Seiten der Querwände eine viel augenfälligere, als in der Mitte der gewölbten Aussenwand, um so mehr, als auf jeder Querwand die Plasmamassen von zwei Zellen zu- und abfliessen.

Es sind über diese Plasma-Circulationen in lebenden Pflanzenzellen die eingehendsten Untersuchungen

angestellt worden. Auch wurde ganz genau ermittelt, unter welchen Umständen die Strömung verlangsamt und schliesslich sistirt wird (letzteres z. B. bei Sauerstoff-Abschluss). Es ist hier nicht der Ort, des Näheren hierauf einzutreten und verweisen wir deshalb auf die unten angegebene Literatur (die Werke von Sachs, Hofmeister, Pfeffer, N. J. C. Müller etc.)

Nicht weniger interessant sind die Zelltheilungs-Vorgänge bei den Staubfadenhaaren von *Tradescantia* und von *Erythrotis*.

Strasburger war es, der zuerst darauf hinwies, wie sehr die jungen Staubfadenhaare von *Tradescantia virginica* und von *T. elata* geeignet sind, die Hauptphasen des Zelltheilungsprocesses in lebenden Zellen Schritt für Schritt zu beobachten. Allerdings haben schon vorher auch andere Forscher (Nägeli 1844, Hofmeister 1849, Weiss 1867) dieselben Objecte zu ähnlichen Beobachtungen benützt, aber Strasburger zeigte zuerst, in welcher Weise die verschiedenen Phasen der Zellkerntheilung aufeinander folgen, ehe eine neue Querwand die Mutterzelle in zwei Tochterzellen theilt. Den aus diesen Gründen von Strasburger als besonders günstige Demonstrationsobjecte für die Zelltheilung empfohlenen Staubfadenhaaren der genannten *Tradescantia*-Arten reihen sich ebenbürtig die gleichartigen Objecte von *Erythrotis Beddomei* an. Meine diesbezüglichen Untersuchungen sind im Wesentlichen nur eine Bestätigung der von Strasburger an seinen Objecten gemachten Beobachtungen und lassen sich die Resultate folgendermassen resumiren:

Wenn man der *Erythrotis Beddomei* eine junge Blütenknospe von ca. 2—3 Millimeter Längsdurchmesser entnimmt und dieselbe in einem Tropfen leicht angesüßten Zuckerwassers (in destillirtem Wasser ca. 1% Rohrucker) sorgfältig zergliedert, so wird man mit leichter Mühe die sechs Staubblätter mit den fast vollständig entwickelten Antheren und den noch sehr kurzen Filamenten herauszupräpariren im Stande sein. Zeigt sich hiebei, dass die Staubfadenhaare noch farblos sind, so kann man ziemlich sicher sein, unter den zahlreichen noch ganz jungen Haaren (die im Zuckerwasser zu liegen haben) einige anzutreffen, deren obere Zellen (die Scheitelzelle und die nächstliegenden Gliederzellen) noch in Theilung begriffen sind (Fig. 5 und 6). Beobachtet man nun längere Zeit, mindestens während 3—4 Stunden, die Scheitelregion eines solchen jungen Haares, das noch mit dem Filament in Zusammenhang steht, so wird man Gelegenheit haben, den Theilungsvorgang der Scheitelzelle (s Fig. 5) von Anfang bis zu Ende verfolgen zu können, namentlich wenn das in einem Tropfen Zuckerlösung liegende Object in der von Strasburger empfohlenen feuchten Kammer beobachtet wird. (Strasburger empfiehlt, auf den Objectträger einen feuchten Papprahmen zu legen, dessen umrahmter Innenraum, etwas kleiner als das Deckglas, als feuchte Kammer dient, sobald wir das zu untersuchende Object auf ein Deckgläschen in der Untersuchungsflüssigkeit ausbreiten und nun, umgestürzt, so auf den Papprahmen auflegen, dass das Object abwärts, gegen den von feuchter Pappe umrahmten Raum gerichtet ist, wodurch das Verdunsten der Untersuchungsflüssigkeit verhindert und ein allfälliger störender Druck von Seite des Deckglases auf das zu untersuchende Object vermieden wird).

Bei ganz jungen Staubfadenhaaren erscheinen die Zellen cylindrisch, häufig länger als dick und dicht erfüllt von feinkörnigem, nur wenige Vacuolen enthaltendem Plasma, und einem grossen kugeligen oder eiförmigen Zellkern. In solchen cylindrischen Zellreihen kann man an verschiedenen Stellen, hauptsächlich aber in der Scheitelregion, die Zelltheilung wahrnehmen. Etwas später sehen wir die tiefer liegenden Zellen des jungen Staubfadenhaares tonnenförmig anschwellen; dann treten neue Zelltheilungen in dieser Region nur noch selten auf; während die Theilungsvorgänge in der Scheitelregion noch einige Zeit fort dauern (Fig. 5). Die letzten Zelltheilungen finden in der Scheitelzelle (s Fig. 5) und in einigen nur wenig vom Scheitel entfernten Gliederzellen (Fig. 6 C D und F) statt und zwar in einer Zeit, da die tonnenförmige Anschwellung von der Basis des Haares auch gegen die höheren Fadenzellen vorgeschritten ist.

Die Zelltheilung wird durch ein verstärktes Längenwachsthum der Mutterzelle eingeleitet, wobei der ursprünglich kugelige Zellkern (N in B Fig. 5) sich in der Richtung der Zellen-Längsaxe in die Länge streckt und nach kurzer Zeit eine tonnenförmige Gestalt (to to Fig. 5) annimmt. An den beiden Polen (po po) dieser Kerntonne sammeln sich körnige Plasmamassen, die bei durchfallendem Licht dunkler erscheinen, als das ausserhalb der Kerntonne im übrigen Zellraum liegende Protoplasma. Die Kerntonne selbst, d. h. die zwischen den beiden Polen liegende Masse erscheint heller, durchscheinender, wasserreicher, als die übrigen Zellinhaltstheile. Als bald beobachtet man wechselnde Zeichnungen auf und in der Kerntonne; es bilden sich in Streifen angeordnete Körnchengruppen, welche von einem Pol zum andern verlaufen und fortwährend Ortsveränderungen erleiden. Die Substanz der Kerntonne ist während dieser Vorgänge in einer Art continuirlicher Aufregung, in fortwährender Verschiebung der Micelle begriffen. Die meridianische Streifung der Tonne ist bald deutlicher, bald undeutlicher zu sehen. Endlich tritt im Aequator der Kerntonne ein erst dunklerer, dann rasch hell durchscheinender Querstreifen auf; es ist dies der Vorgang der Kernplattenbildung, wobei die Tonne sich in zwei symmetrische Hälften differenzirt. Strasburger hat gezeigt, dass sich hiebei feine Stärkekörnchen in der Aequatorial-Ebene der Kerntonne ansammeln, welche Stärkekörnchen das Baumaterial zur Cellulosewand abgeben, welche sich an dieser Stelle bildet. In der That spannt sich hier nun als bald eine scharf conturirte Cellulose-Wand quer durch die fast den ganzen Durchmesser des Zelllumens einnehmende Kerntonne aus und setzt sich ringsum an die cylindrische Aussenwand der Mutterzelle an. Mittlerweile verschwinden die Streifenzeichnungen der Tonne; beiderseits vom Aequator der letzteren fliessen die Körnchenmassen gegen die Pole hin ab und hier — an den Polen selbst — individualisirt sich nun aus der Hauptmasse des Mutterkernes je ein neuer kugeliger Tochterkern (Fig. 6 A und B). Damit ist die Zelltheilung vollzogen: aus einer langgestreckten Mutterzelle (A Fig. 5) sind zwei kürzere Tochterzellen (A und B Fig. 6) entstanden. Jeder der beiden Tochterkerne (N N in A und B Fig. 6) zeigt gleich darauf ein deutliches Kernkörperchen, das in der Regel excentrisch liegt.

Die Tochterzellen wachsen in der Folge nicht allein in die Länge, sondern namentlich auch in die Dicke, letzteres jedoch derart, dass die Zelle binnen Kurzem eine tonnenförmige Gestalt erhält. Dies gilt namentlich von den unterhalb der Scheitelzelle liegenden Gliederzellen des jungen Staubfadenhaares, während die oberste Tochterzelle wiederholt sich gleich bleibt und oft lange Zeit ihre cylindrische Gestalt beibehält, letzteres eben so lange, als die Zelltheilungen sich wiederholen.

Mit dem Abschluss der Zelltheilungen nehmen alle Zellen des Staubfadenhaares tonnenförmige Gestalt an (Fig. 6). Dann findet man in jeder Zelle einen kugeligen, von körnigem Plasma umgebenen Zellkern **N N** mit deutlichem, excentrisch liegendem Nucleolus (**n n** in Fig. 6). In dem übrigen Plasma des Zellinnern treten rasch kleinere und grössere **Vacuolen** (**va va** Fig. 5 und 6) auf, welche von einer wasserhellen, farblosen Flüssigkeit erfüllt sind und, in der Folge sich vergrössernd, nach und nach mit einander verschmelzen (**D E F** in Fig. 6). Das Zellplasma ist feinkörnig und enthält auch grössere, farblose, stark lichtbrechende Kügelchen, die wohl nichts anderes als Stärkekörner sind und das Baumaterial zum weiteren Wachstum der Zellwände darstellen. Die Zellkerne der Tochterzellen letzten Grades sind kleiner, als die mütterlichen Zellkerne (vergl. **N N** in **C** mit **N N** in **A** und **B** Fig. 6) und wachsen in der Folge nur noch wenig, obschon die Zelle als Ganzes bis zur endgiltigen Ausbildung ihre Dimensionen verdreifacht.

Die aufmerksame Verfolgung der wachsenden Staubfadenhaarzellen von *Erythrotis Beddomei* gibt uns auch Aufschluss über die Art der Entstehung jener wunderbaren Circulationsbewegungen in den Plasmasträngen der ausgewachsenen Zelle: Während des Wachstums der Zelle vergrössern sich die Vacuolen; die Zellflüssigkeit nimmt an Masse zu, während die plasmatische Substanz sich nicht in entsprechendem Maasse vermehrt und daher alsbald auf wandständige Schichten und Stränge reducirt erscheint. Schon frühzeitig sieht man bei diesen Vorgängen unregelmässige intermittirende Bewegungen gewisser Plasmaportionen, indem sich die grauen Körnchen in der farblosen Grundsubstanz des Plasmas bald so, bald anders von ihrer Stelle bewegen, um oft wieder an den gleichen Ort zurückzukehren und von hier wieder in anderer Richtung einen Excurs zu machen. Schon bei Zellen von dem in Fig. 6 dargestellten Entwicklungsstadium kann man eine fortwährende Verschiebung der einzelnen Plasmatheilchen wahrnehmen. Während diese Verschiebungen aber im Anfang unregelmässige und unterbrochene sind, nehmen sie im spätern Verlauf eine Art von Regelmässigkeit an, sie werden constanter, namentlich dort, wo sich im Wandplasma feinere Stränge differenziren, welche vom Zellkern aus durch grosse Vacuolen hindurchsetzen, um in breitere Massenbänder überzugehen (Fig. 6 Zelle **E**). Mit der Ausdehnung der tonnenförmigen Aussenwand der einzelnen Zelle werden die breiteren, mächtigeren Plasmamassen mehr und mehr in die grösser werdende Innenfläche der Zellwand ausgezogen, wobei gelegentlich ein breites Band sich in zwei, drei Stränge spaltet, bis schliesslich eben jene Anordnung des Gesamtzellinhaltes resultirt, wie wir sie in der ausgewachsenen Zelle (Fig. 7)

antreffen. Erst längere Zeit nach der letzten Zelltheilung und nachdem alle Zellen des Staubfadenhaares sich mehr oder weniger abgerundet haben, färbt sich der Zellsaft violett. Der betreffende gelöste Farbstoff bildet sich im Dunkel, unabhängig vom Licht; denn in der geschlossenen Blüthe sind alle inneren Theile vom dicken, derben Kelch total eingeschlossen und gegen den Einfluss des Tageslichtes geschützt. Die Staubfadenhaare erscheinen auch schon etliche Tage vor dem Aufblühen der Knospe gefärbt; nach meinen Beobachtungen tritt die violette Farbe dieser Organe früher auf als die Carminfarbe in den innern Perigonblättern. Es kann auch kein Zweifel sein, dass die gefärbten Staubfadenhaare in den Blüthen der *Tradescantia* und *Erythrotis*-Arten mithelfen, die lockende Farbe der Blume zu steigern und dadurch den Insektenbesuch wahrscheinlicher zu machen.

Fig. 1. Blühender Zweig von *Erythrotis Beddomei*, in natürlicher Grösse nach dem Leben gezeichnet: 9. Decbr. 1881.

Fig. 2. Inflorescenz mit einer geöffneten, frischen Blüthe und drei Knospen **bo, bo, bo**, die eine im Begriffe, sich zu öffnen und am Scheitel bereits die hervorbrechende Anthere **a'** zeigend. **kk** — äussere Perigonblätter, kelchartig entwickelt. **co co** — innere Perigonblätter, kronartig entwickelt. **ff** — die Filamente mit den azurblauen Staubfadenhaaren; **aa** — Antheren. **st** — die kleine Narbe am obern Ende des Griffels. (Nach der Natur gezeichnet: 30. November 1881). Vergrösserung 13,5.

Fig. 3. Ein einzelnes Staubblatt bei 31-facher Vergrösserung. **ff** — Filament. **hh** — die paternosterförmigen Staubfadenhaare. **an an** — Antherenfächer. **con** — das nach Oben verbreiterte Connectiv oder Band, von einem Gefässbündel durchzogen.

Fig. 4. Ein einzelnes Staubfadenhaar bei 300-facher Vergrösserung. Die tonnenförmigen Zellen sind unten langgestreckt, am obern Ende des Fadens dagegen kurz, fast kugelförmig. In den meisten Zellen ist der Zellkern und der von ihm ausgehende Complex von Plasmasträngen zu sehen.

Fig. 5. Oberes Ende eines ganz jungen Staubfadenhaares mit der sich theilenden Scheitelzelle **A** und der allmählig tonnenförmig anschwellenden Gliederzelle **B**. In letzterer ein kugeliger Zellkern **N** mit dem Kernkörperchen **n**, körniges Plasma mit den wasserhellen Vacuolen **va va**. In der Scheitelzelle **A** der in eine Tonne verwandelte Kern **to to**, an dessen beiden Polen **po po** körniges Plasma dicht gehäuft ist, während auf der Tonne Körnchenstreifen und im Aequator die Kernplatte **kp** angedeutet sind. Vergrösserung 7320.

Fig. 6. Das obere Ende eines etwas weiter entwickelten Staubfadenhaares mit der Scheitelzelle **A**. Bei **C** und **F** haben sich kurz vor der Untersuchung dieses Objectes die Gliederzellen noch getheilt. In allen Zellen findet sich je ein

kugeliger Zellkern **N** mit dem Nucleolus **n**, ferner körniges Plasma mit kleineren und grösseren Vacuolen **va va**. Bei **D** und **E** sind durch Pfeile die ersten wahrnehmbaren Plasmaströmungen angedeutet. **q q** — die zwei zuletzt gebildeten Querwände in den Zellpaaren **C** und **F**. Vergrößerung 7320.

Fig. 7. Eine einzige ausgewachsene Zelle des Staubfadenhaares bei 4400-facher Vergrößerung. Oben und unten noch die nächst gelegenen

Fragmente der benachbarten Zellen. Der Zellsaft ist durch einen gelösten Farbstoff violett gefärbt. **NN** — Zellkerne, **n** — Nucleolus; **pl pl** — Plasmastränge, die in der Richtung der Pfeile strömende Bewegung zeigen. **MM** — tonnenförmige Aussenwand; **M' M''** — die ebenen Querwände.

(Alle Figuren sind vom Herausgeber nach der Natur gezeichnet.)

- Literatur.** **Hooker, J. D.** Erythrotis Beddomei, im Botanical Magazine, vol. XXXI. 3. Serie. London 1875.
Strasburger, E. Ueber ein zu Demonstrationen geeignetes Zelltheilungs-Object, in den Sitzungsberichten der Jenaischen Gesellschaft für Medicin und Naturwissenschaft. Jahrgang 1879.
Hofmeister. Die Lehre von der Pflanzenzelle. Leipzig 1867 pag. 35 ff.
Sachs, Julius. Handbuch der Experimental-Physiologie der Pflanzen. Leipzig 1865.
Pfeffer, W. Pflanzen-Physiologie. Leipzig 1881.
Müller, N. J. C. Handbuch der Botanik. I. Band. Heidelberg 1880.
Strasburger, E. Zellbildung und Zelltheilung. Jena 1875. (Erschien seither in 2. und 3. Auflage, auch in französischer Uebersetzung).

Cuscuta glomerata Choisy.

Die sämtlichen Pflanzen können rücksichtlich ihrer Ernährungsweise in zwei Categorien eingetheilt werden: a) assimilirende, d. h. solche, die aus der unorganischen Natur ihre Nährstoffe als unorganische Substanzen (Wasser, Kohlensäure, Salpeter-Ammoniak-, Phosphor- und Kalisalze etc.) aufnehmen und dieselben als Bausteine zu organischen Verbindungen benützen, welche letztere sie selbst aus jenen unorganischen zu bilden vermögen. Diese Gewächse sind entweder mit dem grünen Farbstoff, den wir Chlorophyll nennen, versehen, oder sie enthalten einen — oder mehrere — dem Chlorophyll (Blattgrün) verwandten Farbstoff, welcher bei der Assimilation dieselben Funktionen ausübt, wie jener erstere. Die zweite Kategorie b) umfasst die nicht assimilirenden Pflanzen, welche sich — die Anwesenheit von Wasser vorausgesetzt — nur aus schon vorhandenen organischen Stoffen zu ernähren vermögen und des Chlorophylls oder eines verwandten Farbstoffes entbehren. Die einen dieser nicht assimilirenden Pflanzen ernähren sich vorwiegend oder ausschliesslich auf Kosten todtter organischer Körper: aus abgestorbenen Pflanzenresten, Thierleichen, Humus. Man nennt sie Saprophyten. Die andern der nicht assimilirenden Gewächse dagegen dringen in lebendige Naturkörper hinein: in lebende grüne Pflanzen oder in lebendige Thiere, um aus dem Innern dieser „Wirthe“ ihre Nährstoffe zu beziehen; diese Pflanzen nennen wir echte Parasiten.

Wir haben unter den Spaltpilzen (s. die Tafeln mit Bacterium Anthracis und „Schizomycetes“) Parasiten und Saprophyten kennen gelernt. Im gemeinen Knopfschimmel (s. Tafel mit Mucor Mucedo) lernten wir einen kosmopolitischen Saprophyten, im Getreiderost-Pilz (s. Tafel mit Puccinia Graminis) einen verderblichen Parasiten und in Peziza aurantia (s. die Tafel dieses Namens) einen harmlosen Saprophyten kennen. Alle diese in unserem „Atlas“ zur Darstellung gelangten Beispiele sind dem Reiche der Kryptogamen entnommen, wo Parasiten und Saprophyten allerdings viel häufiger vorkommen, als im Reiche der Blütenpflanzen. Nichts destoweniger gibt es auch unter den Phanerogamen eine beträchtliche Anzahl nicht assimilirender Gewächse, von denen einige wegen des durch sie angerichteten Schadens ein hohes Interesse beanspruchen. Es mag daher passend erscheinen, in vorliegendem Werk auch einen dieser letzteren Repräsentanten, einen Parasiten aus der Abtheilung der Phanerogamen zur Behandlung zu bringen. Wir haben hiefür eine der schönsten Cuscuta-Arten gewählt, weil sie einer Pflanzengattung angehört, die über alle fünf Erdtheile verbreitet ist, im Wesentlichen auch in allen ihrer Species dieselben Erscheinungen des Schmarotzertums zur Geltung bringt und in verschiedenen Ländern der Erde auf mancherlei Nutzpflanzen oft beträchtlichen Schaden anrichtet.

Es sind bis jetzt 77 Arten von Cuscuta bekannt geworden. Amerika beherbergt deren 44, Asien 23, Afrika 13, Europa 9, Australien 7 Arten. Ausschliesslich auf Amerika beschränkt sind 39, auf Asien 12, auf

Afrika 7, auf Australien 5 Species, während die übrigen in verschiedenen Erdtheilen zugleich vorkommen. Europa entbehrt einer ihr ausschliesslich angehörenden Cuscuta-Art: alle europäischen Formen finden sich auch anderswo; sie haben hierzulande folgende deutsche Namen: Kleeseide, Flachsseide, Quendelseide, Lupinenseide, Hopfenseide oder europäische Seide. In vielen Gegenden der Schweiz nennt man alle die verschiedenen Cuscuta- oder Seide-Arten kurzweg „Ringel“, während da und dort in Deutschland dieselben Schmarotzerpflanzen schlechthin „Teufelszwirn“ genannt werden.

„Am gefährlichsten werden (in Europa) den Culturen die Arten Cuscuta Epilinum und C. Epithymum (mit einer Varietät Trifolii). Sie vermögen, günstige Entwicklungsbedingungen vorausgesetzt, Lein-, Klee- und Luzerne-Felder ganz oder stellenweise zu Grunde zu richten.“

Ganz ähnlich wie die genannten europäischen Seide-Arten in genannten Culturen verheerend auftreten, so erweist sich die in unserer Tafel dargestellte Cuscuta glomerata Choisy, eine amerikanische Art, manchen Compositen gegenüber sehr schädlich. Wir haben sie schon seit mehr als 10 Jahren in der Compositen-Abtheilung des botanischen Gartens in Zürich beobachtet. Hier scheint sie sich förmlich eingebürgert und acclimatisirt zu haben. In Amerika, ihrem Heimatland, ist sie ziemlich weit verbreitet und zwar im Prairiengebiet des centralen Nordamerika's, hauptsächlich auf Helianthus, Solidago, Vernonia, Silphium und andern Compositen, selten parasitisch auf Pflanzen anderer Familien. Einheimisch ist sie in folgenden Staaten: Indiana, Illinois, Missouri, Kansas, südlich von Canada und im Westen von Texas. Riehl fand sie auch in seiner Baumschule den Keimpflanzen der Birnbäume sehr schädlich.

Im botanischen Garten in Zürich habe ich Cuscuta glomerata im Sommer 1881 zuerst auf Aster bessarabicus (Bernh.) vegetirend angetroffen; von hier aus verbreitete sie sich rasch und kam zum Blühen und Fructificiren auf folgenden Compositen-Arten: Aster bessarabicus Bernh., Aster ericoides L., Aster cabulicus Nees, Aster irkutianus D. C., Aster creticus Ait., Aster laevigatus Willd., Aster robustus Nees. Alle frühzeitig befallenen Asterstengel blieben in der Entwicklung bedeutend zurück und kamen nicht zum Blühen. Auf einem benachbarten Beet mit unserem einheimischen Eupatorium cannabinum hat sie Alles überwuchert und die Nährpflanzen ebenfalls am Blühen verhindert, während sie das mannshohe Eupatorium verticillatum Mühlb. erst spät befiel und hier, die untersten, fingersdicken Internodien der 2 Meter hohen Stengel dicht umschlingend, lebhaft vegetirend und blühend, die höher stehenden Stengeltheile mit den weit gediehenen Inflorescenzen der Nährpflanze nicht zu erreichen vermochte. Während mancher Jahre gedieh unsere Cuscuta glomerata am besten und fast ausschliesslich auf Solidago Mühlenbergii, hier ebenfalls das Blühen verhindernd. Einmal trafen wir sie auch schlingend und saugend auf Oxalis stricta, einer

Sauerklee-Art, die im botanischen Garten in Zürich seit Jahren als Unkraut eingebürgert ist. Nach Vorstehendem ergibt sich die Wahrscheinlichkeit, dass *Cuscuta glomerata* sich in Europa einbürgern wird, und gegen Osten wandernd, bald der Gast aller oben genannten orientalischen Asten sein wird.

Durch die vortreffliche Arbeit von Dr. Ludwig Koch (die Klee- und Flachsseide, Heidelberg 1880) gelangten wir zu den wesentlichsten Aufschlüssen über die ganze Entwicklungsgeschichte einiger *Cuscuta*-Arten und zwar vom keimenden Samen an bis zur Entwicklung der Blüten und der reifen Samen. Eine Vergleichung der Koch'schen Arbeit mit unseren eigenen Untersuchungen ergibt, dass die wesentlichen Erscheinungen des Keimens und Vegetirens, der Blüten- und Fruchtbildung, namentlich die Entwicklung der charakteristischen Saugorgane und die damit zusammenhängenden Phänomene des Schmarotzerthums bei *Cuscuta glomerata* dieselben sind, wie bei den von Koch untersuchten europäischen Seide-Arten. Die nachfolgende Darstellung des Entwicklungsganges von *Cuscuta glomerata* schliesst sich darum am passendsten an die genannte Koch'sche Arbeit an und gilt, mit nebensächlichen Abweichungen, wohl für eine grosse Zahl der bis jetzt bekannt gewordenen *Cuscuteen* der verschiedenen Erdtheile.

Schon die ganz junge Keimpflanze, welche dem nach der Aussaat aufquellenden Samen entschlüpft, unterscheidet sich von den Keimpflanzen der grünen, assimilirenden Gewächse. Der verhältnissmässig kleine Eiweisskörper des Samens ist von dem sofort in ein fadenförmiges Gebilde auswachsenden Keimpflänzchen in kurzer Zeit erschöpft, ohne dass sich — wie dies bei assimilirenden Dicotyledonen der Fall ist — vom Stengelchen, dessen unteres Ende in die keulenförmige weisse Wurzel übergeht, grüne, selbständig assimilirende Blätter bilden. Der nackte Scheitel des fadenförmigen Stengelchens trägt im günstigsten Fall ein Paar mikroskopischer Höckerchen, welche die Anlage schuppenförmiger Blattrudimente darstellen, wie man letztere da und dort später an verschiedenen Stammtheilen beobachtet. „Bei manchen *Cuscuta*-Arten fehlen im embryonalen Zustande die Blattanlagen vollständig.“ Die junge Keimpflanze der *Cuscuteen* gelangt ebenso wenig als die spätere, erwachsene Pflanze zu selbständiger Assimilation; sie bleibt somit für ihre erste Entwicklung total auf die im Samen enthaltenen Reservestoffe angewiesen. Während sie dieselben ausnützt, muss die junge Pflanze den Anschluss an einen zweiten pflanzlichen Organismus, der sie weiterhin zu ernähren im Stande ist, erreichen, sofern sie nicht zu Grunde gehen soll. Durch abwechselnd gesteigertes und gemindertes Wachstum der verschiedenen Seiten des fadenförmigen Stengels treten bei den *Cuscuta*-Keimpflanzen Nutationsbewegungen auf und veranlassen Krümmungen, welche die Sprossspitze an ein Nährgewächs zu führen geeignet sind. Die Keimwurzel, welche sich nur so weit entwickelt, dass sie das für die Auflösung der im Samen enthaltenen Reservestoffe nöthige Wasser aus der Erde zu nehmen vermag, stirbt nach Erfüllung dieser ihrer einzigen Mission ab; sie spielt also im Leben dieser Pflanzen eine untergeordnete Rolle und vor ihrem Einschrumpfen und Zusammenfallen werden die noch in der Wurzel vorhandenen Nährstoffe in den

schlanken, fadenförmigen Stammtheil übergeführt. Die Wurzel liefert also vor ihrem Tode noch einiges Material zum ferneren Wachstum des Stengels. Dadurch wird den jüngern Stammportionen die möglichst grösste Chance gegeben, auch auf einem von der Keimstelle entfernteren Terrain kreisförmige Bewegungen auszuführen und die hier vorhandenen Nährpflanzen zu befallen.

Steht in dem auf diese Weise vergrösserten Nutationsbereiche der jungen *Cuscuta* eine geeignete Nährpflanze, so wird diese in Folge der gehemmten kreisenden Bewegung umschlungen. Dabei setzt sich der Parasit mit dem Nährgewächs durch besondere Saugorgane, die Haustorien ($h\ h' h'' h'''$ in Fig. 3) in Verbindung und mittelst dieser werden dem Wirthe die für eine ausgiebige Entwicklung des Schmarotzers nöthigen Nährstoffe entzogen. Ist die Haustorialbildung dann an einzelnen *Cuscuta*windungen einmal erfolgt, so wird der keimende Parasit zu weiterem Wachstum befähigt.

Das Umschlingen der Nährpflanze erfolgt gewöhnlich in einer der Nutationsbewegung entsprechenden Richtung. Es werden (im botanischen Sinne linksläufige — im Sinne der Mechanik rechtsläufige) Spiralwindungen um den Stengel (oder Blattstiel) der Nährpflanze gelegt. Das schliesst indessen nicht aus, dass — allerdings in seltenen Fällen — ein Umwinden auch in umgekehrter Richtung eintritt. *Cuscuta glomerata* sah ich einige Male — freilich unter tausend Fällen selten genug — die Windungen in umgekehrter Richtung ansteigen, doch immer nur einige wenige Umläufe in solch umgekehrtem Sinne verlaufen.

Bei dem ersten Anlegen der jungen Schmarotzerpflanze beobachtet man, dass diese gewöhnlich 3—5 enge Windungen um den Nährstengel und an diesen, an der Kontaktstelle mit dem letzteren, die ersten Haustorien entwickelt. Dann zieht die junge *Cuscuta* ihr Nährstoffmaterial aus ihren älteren und nun rasch absterbenden Theilen in die erwähnten engen Windungen, um es gelegentlich der Haustorialbildung zu benutzen. Die Gesamthätigkeit der jungen Pflanze concentrirt sich nun auf die Bildung dieser ersten Saugorgane, von deren Vollendung ihre Existenz abhängt. Erst nach Beendigung der ersten Haustorialbildung wächst der fadenförmige Stengel weiter und zwar von jetzt ab auf Kosten der Nährstoffe des Wirthes. Die nächstfolgenden Windungen legen sich aber nicht so dicht an den Stengel der Nährpflanze an, sondern werden lose und bilden keine Haustorien. Der junge Schmarotzer sucht nun rascher nach höher liegenden, jüngeren, für die Ernährung vorzugsweise geeigneten Theilen des Wirthes vorzudringen. Noch während dieses geschieht, erfolgen aber erneute enge Windungen, verbunden mit Haustorialbildung, und diesen engen Windungen folgen dann wieder lose Spiralen. Hat sich der Parasit auf solche Art erst einmal an mehreren Stellen seines Wirthes befestigt, so schreitet sein Wachstum und besonders die Ausbildung seiner vegetativen Stammtheile im Gegensatz zu früher ausserordentlich rasch voran. An die höheren Partien seiner Nährpflanze gelangt, erzeugt der Schmarotzer, entsprechend seinem losen und festen Winden, Haustorien; er leitet aber

auch eine Seitenverzweigung ein und sendet aus der Achsel seiner schuppenförmigen Blattorgane Seitensprosse, welche sich dem Stengel gleich verhalten. Durch das Weiterwachsen und die Wiederholung der Seitensprossbildungen wird das Nährgewächs alsbald vom Schmarotzer überwuchert (Fig. 1 A und 1 B) und mehr und mehr seiner eigenen Bildungsprodukte beraubt. Selbstverständlich wird die Wirthpflanze hierbei in der Entwicklung empfindlich geschädigt und dies in um so höherem Grade, je früher die aufspriessende Nährpflanze vom Schmarotzer befallen wird. Bei den von *Cuscuta glomerata* befallenen Compositen wird in der Regel die Blütenbildung unterdrückt, wenn die Nährpflanze vor der Bildung der Inflorescenzen die Invasion des Schmarotzers erduldet. Geschieht letzteres an ganz jungen, eben erst aufschliessenden Nährstengeln, so unterbleibt eine weitere Entwicklung fast ganz oder total; die Nährpflanze geht ein und der Schmarotzer muss auf einen Nachbar flüchten, um sich selbst vor Untergang zu retten. In der That geschieht dies bei *Cuscuta glomerata* in derselben Weise, wie bei der Klee- und Flachsseide (*Cusc. Epithymum* und *C. Epilinum*). Ermöglicht wird ein derartiges Weitergreifen der Schmarotzerpflanze dadurch, dass die zahlreichen Enden der an den obern Zweigen des Wirthes (Fig. 1 A, die obern Theile des Habitusbildes) frei wachsenden Sprosse des Parasiten ähnlich dem Keimling nutiren und so die ihnen in den Weg tretenden Gegenstände umschlingen. Besonders günstig liegen für den Schmarotzer die Verhältnisse, wenn er in Kulturen (bei Lein, Klee, Luzerne,) oder in dichten Beständen der wildwachsenden Nährpflanze (bei Compositen für *Cuscuta glomerata*) auftritt. „Der dichte Stand der ihm zusagenden Nährpflanzen erleichtert es ihm ausserordentlich, sich von den obern Theilen einer befallenen Pflanze nach denen einer benachbarten zu begeben. Bei der Möglichkeit, sich auf diese Art rasch an vielen Stellen seines oder seiner Wirthes zu befestigen, steht ihm alles für seine üppige Entwicklung nothwendige Nährstoffmaterial zu Gebote; er breitet sich in Folge dessen rapid aus. So langsam er in den ersten Stadien wächst, so schnell geht es jetzt vorwärts. Von der zuerst befallenen Pflanze ausgehend, schreitet er radial nach weiteren vor, überdeckt und umstrickt diese. Auf diese Art entstehen die sich stets vergrössernden Seideheerde, an welchen im spätern Entwicklungsstadium die Blüten- und Fruchtbildung beginnt.“ (Fig. 1 A & B).

Häufig benützen die Cuscuten auch solche Pflanzen, die ihnen eigentlich wenig zusagen, als Uebergangsstation zu bevorzugteren, welche ferne stehen, um diese letzteren trotz der Entfernung erreichen zu können. So ist bei *Cuscuta Epithymum* (Kleeseide) längst bekannt, dass sie gelegentlich Unkräuter, wie Schachtelhalme, Grässer und Brennesseln vorübergehend oder — wenn keine besseren Wirthpflanzen für sie in der Nähe zu haben sind — auch bleibend benützt. Im botanischen Garten in Zürich sah ich *Cuscuta glomerata* in solcher Weise von einer Sauerklee-Art (*Oxalis stricta*) Gebrauch machen. Wenn die auf solche Weise befallenen, dem Schmarotzer aber wenig zusagenden Nährpflanzen die einzigen ihm zur Disposition stehenden Wirthes sind, so schränkt der Parasit seine vegetative Entwicklung ein und beginnt, ohne

sich sehr bemerkbar zu machen, frühzeitig mit der Blüten- und Fruchtbildung. Todte Stützen anorganischen wie organischen Materials umschlingt die keimende *Cuscuta* nicht. Erst wenn sie durch Ansaugung an einen passenden Nährstengel ihre Existenz gesichert hat, werden auch derartige Körper von ihr umwunden. Die weiterwachsenden, todte Stützen umwindenden Sprosstheile des bereits erstarkten Parasiten entwickeln an diesen sogar Haustorien, die bei der Untauglichkeit der betreffenden Körper natürlich nicht ausgebildet werden können und ihren physiologischen Zweck verfehlen müssen.

Sehr charakteristisch ist für die Cuscuten die Art und Weise, in welcher sie sich an ihren Wirthes hinaufwinden. *Cuscuta glomerata* schlingt sich (ähnlich wie *Cusc. Epithymum* und *C. Epilinum*) abwechselnd fest und lose um den Nährstengel und sendet von den engen Windungen aus Haustorien in ihn. (Fig. 1 A, 1 B, Fig. 2). Das lose Winden ist auf die gehemmte kreisende Bewegung (Nutation) der Sprossspitze des Schmarotzers zurückzuführen, während das feste Winden einer an den betreffenden Stammtheilen der *Cuscuta* sich geltend machenden Reizbarkeit zuzuschreiben ist. Die festen Windungen sind allein geeignet, Haustorien zu bilden; denn das Eindringen der Saugorgane in das Gewebe eines unverletzten Nährstengels erfolgt mit einer gewissen Gewalt und unter Geltendmachung von Druck und Gegendruck zwischen Nährstengel einer- und Parasitwindung anderseits. Wenn daher die engen, mit Haustorien sich ausstattenden Windungen des *Cuscuta*-Stengels beim Vorstoss der Saugorgane nicht dem Gegendruck des Nährstengels weichen sollen, so müssen sich diese Haustorialwindungen fest an den Nährstengel anschliessen, und diese Festigkeit wird eben nur durch das charakteristische enge Winden der Stammtheile des Parasiten erzielt, ähnlich wie das feste Winden der Ranken mancher assimilirender Gewächse.

Jene sich durch Bildung von engen und festen Windungen manifestirende Reizbarkeit des fortwachsenden *Cuscuta*-Stengels ist keine continuirliche, sondern eine intermittirende. Sind vom jungen Stammtheil einige enge, feste Windungen gebildet worden, so erlischt die Reizbarkeit für einige Zeit; es bilden sich dann einige lose Windungen, bis sich das Bedürfniss nach erneuter Haustorialbildung im Wiedererwachen der Reizbarkeit des fortwachsenden Stengels geltend macht. An jungen *Cuscuta*-Pflanzen sind die engen Haustorialwindungen zahlreicher, der Reizbarkeitszustand kehrt schneller wieder, als bei älteren Pflanzen, wo die entsprechenden Windungen der jeweiligen Reizperiode sich vermindern und die losen Stammtheile dominiren (vergl. den obern Theil des Habitusbildes in Fig. 1 A mit der jüngeren *Cuscuta* in Fig. 1 B, wo unten sogar 7 enge Windungen aufeinanderfolgen, in der Mitte 5 und oben 6 feste Spiralen den Nährstengel umspinnen, während in Fig. 1 A oben die engen Windungen oft bloss 2 oder 3 unmittelbar aufeinanderfolgende enge Umläufe zählen). Das Licht bewirkt keine Krümmungen der Schmarotzerpflanze.

„Wird während der jeweiligen Reizbarkeitsperiode der *Cuscuta*-Stämme seitens dieser die übliche Zahl der engen Schlingen um einen Nährstengel nicht vollendet und gelangt, wie das vorkommt, der betreffende Spross

nach ein- oder zweimaligem Umwinden nach einer benachbarten Stammpartie seines Wirthes, um hier die noch fehlenden Windungen anzulegen, so zeigt das Uebergangsstück in Folge der auf dasselbe ausgeübten Reize die Anlage von Haustorien. Diese können, da sie nicht am Nährstamm liegen, nur steril ausgebildet werden; sie erscheinen in Gestalt warzenförmiger, mehr oder minder spitzer Höcker an derjenigen Seite des Cuscutastammes, welche früher nach der Stütze zugekehrt und hier äusseren Reizen ausgesetzt war.“ Ebenso werden gelegentlich — beim Uebergang von der einen Reizbarkeitsperiode zur andern, also während des losen Schlingens — nicht selten Haustorialbildungen beobachtet, doch sind dies ausnahmsweise Erscheinungen.

Wenn junge Triebe von der lebenden *Cuscuta* abgeschnitten oder abgerissen werden, so vermögen dieselben — auf feuchter Erde liegend — einige Zeit zu nutiren und allfällig im Bereich der Nutationsbewegungen liegende Nährpflanzen zu befallen unter ähnlichen Erscheinungen, wie bei Keimpflanzen von *Cuscuta*. Aeltere abgerissene Cuscutastücke vermögen unter gleichen Umständen nicht zu nutiren; dagegen entwickeln sie in solchen Fällen meist aus den Achseln ihrer schuppenartigen Blätter sehr dünne Seitentriebe, welche nutiren und geeignete Nährpflanzen zu umspinnen vermögen. Solche abgerissene, ältere oder jüngere Cuscutastücke verhalten sich also in allen Fällen wie künstliche Keimpflanzen — was bei Versuchen, den Parasiten durch Ausjäten auszurotten — wohl zu beachten ist.

Die normale Seitenverzweigung findet aus den Achseln der kleinen verkümmerten Schüppchenblätter statt, woselbst in der Regel nicht etwa bloss eine, sondern mehrere Sprossknospen vorhanden sind, von welch letztern gewöhnlich zwei zu vegetativen Stammtheilen (Seitenzweigen) auswachsen, während die übrigen Knospen derselben Gruppe längere Zeit unentwickelt bleiben, um entweder bei Verletzungen der Pflanze hervortreten oder später in die Bildung von Blütenständen überzugehen, (vergl. das Sprossystem bei *sg* in Fig. 1 A, oberer Theil).

Ausser dieser normalen Verzweigung beobachtet man bei den Cuscuten eine sehr häufige Adventivsprossbildung, wobei an bestgenährten Stammtheilen, also an den Haustorialwindungen, da wo der Parasit mit seiner Nährpflanze in unmittelbarem Contact steht, endogene Sprosse, also im Innern der Cuscutarinde entstehende Sprossanlagen, gebildet werden. Diese Adventivsprosse durchbrechen ähnlich wie die Nebenwurzeln der Gefässpflanzen die Rinde des Mutterorganes und entwickeln sich entweder zu Blütenständen oder, wenn die Gesamtpflanze verletzt wurde, zu vegetativen Trieben. In Fig. 1 A zeigt unten am Nährstengel bei *a* ein bloss aus 3 Haustorial-Windungen bestehendes Cuscutastück eine Unzahl von Adventiv-Blüthensprossen, die — rechts und links aus dem fest an den Nährstengel geklammerten Stengelstück hervorsprossend — in einer Doppelspirale dem Cuscutastengel folgen und diesen theilweise sogar unseren Blicken entziehen. Diese luxuriöse Adventivsprossbildung an dem blassgelben bis orangegelben Stengel von *Cuscuta glomerata* ist, nach der Monographie Engelmann's zu schliessen, ein charakteristisches Merkmal dieser Species. In der That scheint *Cuscuta*

glomerata ihre Blütenstände vorwiegend auf dem Wege der Adventivsprossbildung hervorzubringen (vergl. Fig. 1 A und Fig. 2). Häufig entwickeln sich die in den Haustorialwindungen ungeheuer zahlreich angelegten Adventivsprosse nicht weiter als bis zur Bildung kleiner Höcker, die an den betreffenden Stellen etwas über die Stengelfragmente der *Cuscuta* hinausragen (da in Fig. 1 A). Sie finden sich an den engen festen Windungen so zahlreich, dass wir sie auf dem Längsschnitt des Cuscutastengels jeweilen regelmässig in der Rinde zwischen je zwei auf einander folgenden Haustorien antreffen und zwar häufig paarweise beisammen liegend, wie dies bei *da da* in Fig. 3 zu sehen ist.

Interessant ist weiterhin die Thatsache, dass die Cuscuten sich auf ihren eigenen Zweigen anzusaugen vermögen (*ss* in Fig. 1 A, oben). Bei älteren Pflanzen mit wirr durch einander gewachsenen Stengeln und Zweigen findet man nicht selten, dass sich jüngere Sprosse während der Periode ihrer Reizbarkeit dicht um ältere Axentheile winden und in letztere hinein Haustorien treiben, ohne Zweifel auch Nährstoffe aus ihnen entnehmen, was für das Fortkommen und Umsichgreifen einer *Cuscuta*-Colonie ganz gewiss begünstigend wirkt. In bedeutend schwächerem Grade, als die Pflanze mit ihren jüngeren Stammtheilen weiterwächst, stirbt ihr ältester, hinterer Theil ab. Die von ihr durch die Haustorien aus den Nährpflanzen aufgenommenen organischen Substanzen sind in fortwährender Wanderung begriffen; ältere, absterbende Theile geben die weiterhin brauchbaren Zellinhalts-Bestandtheile an die jüngeren, sich weiter entwickelnden Organe ab. Bei dem Absterbeprocess gehen also auch hier möglichst wenig brauchbare Substanzen für die Gesamtoeconomie der Scharotzerpflanze verloren.

Die Cuscuten verdanken ihre parasitische Lebensweise, welche sie fast ganz von den Schwankungen in den atmosphärischen und mineralischen Nährstoffen unabhängig macht, den merkwürdigen Saugorganen, den **Haustorien**, welche sie als metamorphosirte Wurzeln in ähnlicher Weise in die Stengel ihrer Nährpflanzen treiben, wie die assimilirenden Pflanzen ihre Erdwurzeln in das mineralische Substrat absenden, um hier das für ihr Leben so nothwendige Wasser und die in diesem gelösten unorganischen Substanzen aufzunehmen und in die oberirdischen, assimilirenden Organe abzugeben. Die Haustorien der Cuscuten beanspruchen daher beim Physiologen ein nicht geringeres Interesse, als die Erdwurzeln der assimilirenden Pflanzen. Ihre Morphologie ergibt sich am besten aus der Entwicklungsgeschichte und ihre physiologische Bedeutung hinwieder wird erst verständlich durch die richtige morphologische Erkenntniss.

Ehe wir an die Besprechung der Haustorien herantreten, haben wir erst das Nothwendigste über den anatomischen Aufbau des Stengels mitzutheilen. In seiner grössten Ausdehnung ist der *Cuscuta*-Stengel cylindrisch, nur bei den fest am Nährstengel anliegenden Haustorialwindungen erscheint er etwas unregelmässig, meist in der Richtung des Radius vom Nährstengel-Querschnitt zusammengedrückt. Seine Dicke schwankt bei *Cuscuta glomerata* zwischen den Durchmessern der 4 Saiten einer Violine; die meisten Stengel einer gutgenährten Pflanze unserer Art haben den Durchmesser einer D-Saite (vergl. Fig. 1 A und 1 B).

Die peripherische Zellschicht des Stengels ist die relativ kleinzellige Epidermis (e e Fig. 3), in welcher nur höchst selten Spaltöffnungen angetroffen werden. Unter der Epidermis folgt das unregelmässige parenchymatische Rindengewebe (R R Fig. 3), welches aus ungefähr 5—7 concentrischen Schichten unregelmässiger Parenchymzellen besteht. Letztere enthalten bei *Cuscuta glomerata* meist kleine orangegelbe Körner im Zellinhalt; oft sind die sämtlichen Parenchymzellen auch reichlich mit Stärkekörnern angefüllt. An ausgewachsenen Pflanzen schimmern die Membranen der Rindenparenchymzellen gelblich. Dadurch und durch die Anwesenheit der orangegelben Körner erhält der ganze Stengel eine zwischen Blassgelb und Orangeroth schwankende Farbe. Innerhalb der Rinde folgen mehrere, meist 5, 6 oder 7 in einen Kreis geordnete Gefässbündel (g in Fig. 3), bestehend aus je einem Grüppchen von Ring-, Spiral- und Netzgefässen, die wir im Längsschnitt des *Cuscutastengels* leicht wiederfinden. Der Querschnitt (links unten bei Fig. 3) zeigt uns aber auch, dass zu jeder Gefässgruppe einige dünnwandige Bast-Elemente (b b) gehören, welche uns im Längsschnitte leicht entgegen. Nur selten findet sich in diesem Weichbast eine oder ein paar dickwandige, langgestreckte Faserzellen. Die sämtlichen Gefäss- und Bastbündel verschmelzen aber auf dem Querschnitt niemals zu einem geschlossenen Ring; es findet sich auch niemals ein Cambiumring, selbstverständlich fehlt auch ein sekundärer Holzring. Dagegen ist das centrale Mark (M Fig. 3) ziemlich stark entwickelt; seine Zellen sind wie diejenigen der Rinde häufig mit gelben Körnern und mit Stärke erfüllt. Eine weitere Differenzierung als die hier beschriebene, findet im Stengel von *Cuscuta glomerata* nicht statt. Es ergibt sich also, dass der Parasit im Vergleich zu den assimilirenden Dicotyledonen puncto Gewebebildung eine rückschreitende Metamorphose erlitten hat. Es finden sich nur die für das parasitische Leben unbedingt nothwendigen Gewebe-Elemente im Stengel.

Wenn schon die Entwicklungs-Geschichte des *Cuscutastengels* und die Anatomie des erwachsenen Stammes unseres Parasiten unzweideutig eine rückschreitende Metamorphose erkennen lassen, so gilt dies noch in viel höherem Masse von den in *Haustorien* verwandelten Saugwurzeln, die bei den *Cuscuteen* einen grossen Theil der Merkmale echter Nebenwurzeln eingebüsst haben. Wenn Dr. Koch in seiner klassischen Abhandlung über die Klee- und Flachsseide, gestützt auf seine entwicklungsgeschichtlichen Untersuchungen, zu dem Schlusse kommt, dass die *Haustorien* von *Cuscuta* nicht mit den Wurzelorganen höherer Gewächse zu vergleichen seien, so können wir seiner Auffassung nicht zustimmen. Einmal entstehen die *Haustorien* (h h' h'' h''' Fig. 3) der *Cuscuten*, wie Koch und andere gezeigt haben, im Innern des *Cuscutastengels* und zwar nicht etwa aus peripherischen, sondern mehr oder weniger tief unter der Epidermis gelegenen Rindenparenchymsschichten. Sie sind also endogene Gebilde, wie die Nebenwurzeln aller höhern Gewächse. Sodann ist der Mangel einer Wurzelhaube keineswegs ein Criterium gegen den Wurzelcharakter, weil ja manche Beispiele bekannt sind, wo dieses allerdings sehr charakteristische Organ notorischen Wurzeln fehlt. Endlich gibt der Umstand,

dass die *Haustorien* bei der Klee- und Flachsseide zumeist auf Neubildungen in der zweiten Schichte des Rindenparenchyms, viel weniger aber auf sekundäre Neubildungen in tiefer liegenden, dem Fibrovasalkörper näher gelegenen Rindenschichten zurückzuführen sind, kein durchschlagendes Argument gegen die Annahme ihres Wurzelcharakters; denn bei den *Cuscuten* ist die Grenze zwischen den Elementen des Fibrovasalkörpers einer- und dem Rindenkörper andererseits sehr schwer oder unmöglich ausfindig zu machen, da der Basttheil verkümmert erscheint und von einer Pleromscheide keine Spur, von Pericambium, aus welchem alle Nebenwurzeln entstehen sollen, ebenso wenig wahrzunehmen ist. Das Pericambium, die eigentliche Geburtsstätte aller echten Nebenwurzeln ist als solches bei keiner *Cuscuta*-Art zu erkennen, sondern wird ohne Zweifel repräsentirt durch die innersten Rindenzellen, welche den Fibrovasalkörper umgeben. Dass nun aber die *Haustorien* nicht ausschliesslich auf die innersten Rindenschichten zurückgeführt werden können, sondern zum grössten und wichtigsten Theil aus mittleren Rindenzellen hervorgehen, das alles beweist noch keineswegs, dass sie nicht in die Kategorie von Wurzeln gehören, dass sie also etwas von Nebenwurzeln total Verschiedenes seien; denn bei manchen Pflanzen entstehen, wie Nägeli und Leitgeb („Entstehung und Wachsthum der Wurzeln“) und Andere gezeigt haben, die Nebenwurzeln nicht ausschliesslich aus Derivaten von Pericambiumzellen, sondern in manchen Fällen werden zur Bildung der Wurzelhaube auch innere Rindenparenchymsschichten in Mitleidenschaft gezogen. Bei *Cuscuta* ist eine Wurzelhaube aber gar nicht nöthig und wenn diese somit eliminiert wurde und das Vorhandensein eines „bedeckten Vegetationspunktes“ nicht constatirbar ist, so beweist das Alles noch sehr wenig, oder gar nichts gegen den Wurzelcharakter der *Haustorien*. Im Gegentheil: gerade der Ort ihrer Entstehung, das Vermögen, in fremde Körper einzudringen und die physiologische Leistungsfähigkeit der wie Pilzfäden in die Gewebe der Nährpflanze eindringenden *Haustorial-Initialen* (i i i Fig. 3), die, wie Wurzelhaare in der Erde, hier aus dem lebendigen Substrat flüssige Nährstoffe aufsaugen — alles das spricht für den unverkennbaren Wurzelcharakter der *Haustorien*.

Allerdings ist das typische, morphologisch fast untrügliche Merkmal jeder echten Wurzel hier stark verwischt; das kann uns aber bei einem Parasiten nicht in Staunen versetzen. Alle echten Schmarotzer höherer Pflanzenfamilien haben in ihrer morphologischen Ausstattung grosse Modificationen erlitten. Und gerade von den Wurzel-Organen durfte dies zum Voraus in erhöhtem Masse erwartet werden.

Die Entwicklung der *Haustorien* beginnt in dem der Nährpflanze dicht anliegenden *Cuscutastengel*, wie bereits oben bemerkt, in den etliche Zelllagen unter der Epidermis liegenden Rindenzellen, woselbst eine beschleunigte Zelltheilung und ein rascheres Wachsthum erfolgt. An der den Nährstengel berührenden Peripherie des *Cuscutastengels* macht sich die Entstehung eines *Haustoriums* zunächst durch die Bildung eines Ringwalles geltend, in dessen Mitte die Epidermiszellen zunächst unverändert bleiben, während sie im Bereiche des Ringwalles sich radial verlängern

und dadurch über die ausserhalb des Ringwalles liegenden Epidermispartieen nach Aussen vorragen. An diesem Wachstumsprocess nehmen dann auch die unmittelbar unter den gestreckten Epidermiszellen liegenden Rindenzellen theil; es treten nun in den beiderlei, radial gegen die Nährpflanze hin verlängerten Zellen tangentiale Theilwände auf; die Zellen vermehren sich also im Bereiche des Ringwalles. Dieser letztere wird zur Ansatzfläche des Haustoriums (**s s** beim Haustorium **h⁴** in Fig. 3). Ist die Ansatzfläche, welche also das Produkt einer Umbildung aus Epidermis und zunächst liegenden Rindenzellen darstellt, ausgebildet, so treten nun weitere rasche Zelltheilungen in jenen tiefer liegenden Rindenpartieen ein, wo die erste Anlage des Haustoriums begonnen hat. Das fortschreitende Wachstum dieser neugebildeten Zellen in tieferen Rindenlagen führt zur Bildung eines Zellkörpers, welcher in Gestalt eines abgestutzten Kegels mitten aus der Ansatzfläche des Haustoriums durch die äusseren Rindenschichten und die Epidermis des Cuscutastengels gegen die Peripherie des Nährstengels hervorquillt. Dabei verhält sich namentlich eine die Scheitelfläche des abgestutzten Kegels einnehmende Zellschicht sehr auffallend; die Zellen stehen dichtgedrängt, stabförmig verlängert und reichlich mit Protoplasma erfüllt, senkrecht auf der Scheitelfläche des genannten Kegels und stellen den wichtigsten Theil des Haustorialkernes dar. Koch hat sie passend mit dem Ausdruck Initialen belegt. (Wir treffen sie in veränderter Form am ausgewachsenen Haustorium als die am tiefsten in die Gewebe der Nährpflanze eindringenden Gebilde, **iii** in Fig. 3). Diese Haustorial-Initialen dringen gewaltsam nicht nur durch die über ihnen liegenden Rinden- und Epidermis-Partieen des Cuscutastengels, sondern weiter wachsend macht das Haustorium nun seinen Vorstoss ins Innere der Nährpflanze. Zunächst wird die Epidermis und dann die nächstliegende Parenchym-Rinde des Nährstengels durchbrochen, wobei abgestorbene Fetzen der vom Haustorium gewaltsam durchbrochenen Cuscuta-Rinde und ihrer Epidermis mitgerissen werden ins Innere der Wirthpflanze. Sobald das Haustorium in die äusseren Gewebe der Nährpflanze eingetreten ist, beginnen die bisher dicht beisammliegenden, pallisadenförmig angeordneten Initialen ein selbständiges Wachstum. Der Zusammenhang zwischen den benachbarten Initialen wird gelockert; letztere weichen, weiter wachsend und keulenförmig anschwellend, aus einander und wachsen, jede selbständig für sich, nach allen Richtungen divergirend, wie Pilzfäden in das tiefer liegende secundäre Rindengewebe des Nährstengels hinein. Damit ist aber die Entwicklung des Haustoriums noch keineswegs abgeschlossen. Da die Cuscutapflanze ihre sämtlichen Nährstoffe aus der Wirthpflanze zu beziehen angewiesen ist, so ergibt sich für die Haustorialbildung die Nothwendigkeit, in allen denjenigen Geweben der Nährpflanze zu wuchern, welche das zum Gedeihen des Schmarotzers nothwendige Material enthalten. Da bekanntlich der Weichbast vorzüglich der Leitung der Eiweissstoffe dient, so kann es nicht befremden, wenn die Haustorien der Cuscuten sich gewöhnt haben, ihre Initialen vorzüglich in diese Elemente des Nährstengels abzusenden. In der That sehen wir auf dem in Fig. 3 dargestellten Stengel-Querschnitt von *Solidago*

Mühlenbergii bei sämtlichen 7 Haustorien (**h' h'' h''' h''''** und **h**) die Initialen **iii** vorzüglich im Körper des Weichbastes, also zwischen dem Holzring und dem Kreis dickwandiger (hier roth gefärbter) Bastbündel wuchern. Nur beim Haustorium **h¹** und **h⁵** (Fig. 3) hat sich an der peripherischen Seite eines dickwandigen Bastbündels ein Büschel von Haustorial-Initialen gestaut und ist eine kleine Anzahl der letzteren, auf der Aussenseite jenes Bastbündels weiter wachsend, auf eine kleine Strecke mit der grünen parenchymatischen primären Rinde des Nährstengels in Contact geblieben. Aber auch in diesen Fällen endigen die Haustorial-Initialen mit ihren keulenartig abgestumpften Spitzen im Weichbast des Wirthes.

Der in Fig. 3 dargestellte Querschnitt durch den Stengel von *Solidago Mühlenbergii* kann zugleich bei der Demonstration des typischen Dicotylen-Stengels gute Dienste leisten; denn er zeigt im Wesentlichen alle anatomischen Theile eines gut entwickelten Stammes dieser Pflanzenklasse: im Centrum das solide parenchymatische Mark **M**, letzteres peripherisch abgegrenzt durch die Primordialgefässe **PG**, welche in ihrer Gesamtheit die Markscheide oder Markkrone bilden. Daran schliesst sich nach Aussen der secundäre Xylemtheil, der Holzring **H** mit den eingestreuten secundären (porösen) Gefässen. Der Holzring hinwieder wird umgeben von einer äusserst dünnen Schichte zarter Cambiumzellen **C**, die in ihrer Gesamtheit den sogen. Verdickungsring (Cambiumring) bilden. Ausserhalb des letzteren folgt der zartwandige Weichbast **w** und an der peripherischen Seite desselben die dickwandigen Bastbündel **d**, welche wir vor Anfertigung unserer Figur durch Anilin roth gefärbt und in dieser künstlichen Färbung dargestellt haben, um den ganzen Kreis der Bastelemente stärker aus dem Gesamtbild herauszuheben. (In natürlichem Zustand erscheinen bekanntlich die dickwandigen Bastbündel durchaus farblos, auf dem Querschnitt stark lichtbrechend). Ausserhalb des Bastringes (**w & d**) folgt die grüne primäre Rinde, aus Parenchymzellen und Collenchymgewebe bestehend (**pr**). Das Ganze wird durch die dicht gefügte Epidermis abgeschlossen.

Die Haustorial-Initialen **iii** erscheinen in unserer Figur wie die Haare eines senkrecht und steif auf den Holzkörper der Nährpflanze (**H H** Fig. 3) gepressten Pinsels nach allen Richtungen in den Weichbastelementen ausgebreitet. Die Haustorien bestehen, soweit sie sich im Nährstengel befinden, aus langgestreckten, schlauchförmigen Zellen, die mit ihren abgestumpften Scheiteln im Nährgewebe weiterwachsen und bei dieser Gelegenheit von Zeit zu Zeit Querwände einschieben. Sie verhalten sich also in der That wie die in ein Substrat eindringenden Mycelfäden eines Pilzes; aber in vielen Fällen bilden die inneren, der Achse des Haustoriums angehörenden Zellreihen charakteristische, ring- und netzförmige Membranverdickungen, wodurch das Saugorgan mit ganz normalen Gefässsträngen ausgestattet wird.

Ganz so, wie die peripherischen Haustorial-Initialen — im Weichbastgewebe des Wirthes angekommen — sich nach allen Richtungen aus einander entfernen, ganz so divergiren auch die in der Axe des Haustoriums gelegenen Spiral- und Netzgefässe nach verschiedenen Richtungen, um sich, wie jene ersteren

theils im Weichbast der Nährpflanze zu zerstreuen, theils an die jungen secundären Gefässe an der Peripherie des Holzcylinders *H H* anzulehnen. Diese Erscheinung gewährt namentlich dort, wo die Gefässe des Schmarotzers sich an die senkrecht aus dem Nährstengel aufsteigenden Holzgefässe des Wirthes anlegen und somit beiderlei Gefässe in direkte Communication gerathen, wie dies an mehreren Stellen unserer Hauptfigur deutlich zur Ansicht gelangt, ein besonderes Interesse. Das Saugorgan des Schmarotzers trinkt sozusagen mit seinen Gefässen in vollen Zügen aus dem wässerigen Saftstrom, welcher an der Peripherie des jungen Holzcylinders sich lebhaft durch die jungen Gefässe von den Wurzeln der Nährpflanze aufwärts durch den Stengel bewegt, indess die im Weichbast verbreiteten Haustorial-Initialen anderseits mehr das Aufsaugen „plastischer“ Nährstoffe aus den entsprechenden Geweben des Wirthes besorgen. Man sieht, dass die Anpassung des Schmarotzers an seine Nährpflanzen durch die fast wunderbar zu nennende Ausbildung des Haustoriums eine vollkommene genannt zu werden verdient; denn durch jene Spiral- und Netzgefässe der Saugwurzel ist zwischen dem Gefässsystem des Cuscutastengels und demjenigen der Nährpflanze eine direkte Verbindung hergestellt, ähnlich wie zwischen Stamm und Zweigen derselben Pflanze. Ja, bei *Cuscuta glomerata* existirt sogar eine Communication zwischen dem Bastkörper des Schmarotzers einer- und dem Weichbast der Nährpflanze anderseits, indem sich bei genauer Untersuchung herausstellt, dass sich auch notorische Bastelemente längs der Gefässe des Haustoriums hinziehen und unmerklich in die entsprechenden Elemente des Parasitenstammes übergehen.

Je nach der stärkern oder schwächeren Ausbildung der primären Rinde, des dickwandigen Bastes, des Weichbastes und des Holz- und Gefässkörpers der verschiedenen Nährpflanzen, welche von Cuscuten befallen werden, je nachdem die Nährpflanze in ganz jungem Stadium oder erst in späterer Zeit, da die Gewebeanbildung mehr oder weniger vollendet ist, die Invasion des Parasiten erduldet, zeigen die Haustorien bei ihrem Weg in die Gewebe der Wirthspflanze mannigfaltige Abweichungen. Einige derselben mögen hier berührt werden:

Wird der Stengel von *Solidago Mühlenbergii* in jugendlichem Zustande von *Cuscuta glomerata* befallen, so dringen die Haustorial-Initialen (wie dies in Fig. 3 dargestellt ist) meist zwischen den dickwandigen Bastbündeln hindurch bis an die Peripherie des geschlossenen Holzcylinders vor. Steht in solchen Fällen ein dickwandiges breites Bastbündel dem Haustorialkerne hindernd im Wege, so weichen die Initialen des letztern bald nach Rechts, bald nach Links, oder nach beiden Seiten zugleich auseinander und umgehen die dickwandigen Bastbündel derart, dass sie schliesslich ebenfalls zwischen denselben hindurch in den Weichbast und zum Holzkörper gelangen, was in unserer Fig. 3 ebenfalls dargestellt ist. Ist dagegen der Stengel von *Solidago Mühlenbergii* schon sehr weit entwickelt, ehe er von der *Cuscuta* befallen wird, sind also seine Rinden- und Bastgewebe schon mehr oder weniger ausgebildet, so vermögen die Haustorien den Bastkörper nicht mehr anzugreifen und die Initialen dringen in solchen

Fällen bloss bis zur Pleromscheide vor, ohne diese zu forciren. Dagegen weichen sie hier nach allen Richtungen im grünen Parenchymgewebe der primären Rinde auseinander, diese möglichst vollständig aus-saugend. Aehnliches beobachtete ich auf Querschnitten des Stengels von *Aster bessarabicus*, wo die dickwandigen Bastzellen tangential verbreiterte Bündel darstellen, welche die zarten Haustorial-Initialen von *Cuscuta glomerata* nicht zu durchwachsen vermögen, sofern diese Bastbündel bereits stark verdickte Membranen besitzen. In solchen Fällen dringt dann das Haustorium bloss bis zur innersten Zellschichte der primären Rinde vor und wuchert dann ausschliesslich in der letzteren, dieselbe oft wulstartig auftreibend. Bei *Eupatorium verticillatum*, dessen untere Stengeltheile sehr spät (kurz vor der Blüthezeit dieser Pflanze) von *Cuscuta glomerata* befallen wurden, sah ich im Querschnitt des Nährstengels die Haustorien fast regelmässig sich zwischen den nahe beisammen liegenden dickwandigen Bastbündeln durchdrängen, wobei sie eine enge Einschnürung erlitten, um sodann — im Weichbast angelangt — die Initialen nach allen Richtungen auszubreiten und Spiral- und Netzgefässe bis zur Peripherie des Holzkörpers vorzuschieben.

Aus der meisterhaften Darstellung europäischer Cuscuten von Dr. Koch geht hervor, dass bei der Kleeseide (*Cuscuta Epithymum*) die Haustorial-Initialen gelegentlich auch dickwandige Bastbündel des Kleestengels zu durchdringen vermögen, um bis zum Weichbast und Gefässkörper der Nährpflanze vorzudringen. Meistens aber umspinnen die auseinander weichenden Initialen dort die isolirt liegenden Fibrovasalbündel derart, dass sie den dickwandigen Bastkörper nicht zu durchbrechen gezwungen sind, um zum Weichbast und Holztheil des Gefässbündels zu gelangen. Ja, die Initialen der Kleeseide-Haustorien dringen sogar, die jungen Gefässbündel des Kleestengels umspinnend, bis zum Markkörper vor, dort die lebendigen Parenchymzellen durchwachsend, ohne dieselben zu tödten. In der centralen Markhöhle des Kleestengels angekommen, sistiren die Haustorial-Initialen ihr Wachstum, schwellen manchmal blasenförmig an und sterben dann — der Peripherie der Markhöhle anliegend — ab.

Es gibt somit kein anatomisches Element einer der besprochenen Dicotyledonen-Pflanzen, welches nicht von den Initialen der *Cuscuta*-Haustorien durchdrungen werden könnte. Diese wunderlichen Organe besitzen also, wie die Mycelfäden der Pilze, die Fähigkeit, ältere und stärkere Membranen der Nährpflanze aufzulösen und Löcher zu bilden in lebendige Zellen, welche ihnen Nährstoffe abzugeben im Stande sind. Vom physiologischen Standpunkt rechtfertigt sich also der von einigen Autoren vorgeschlagene Ausdruck „Haustorial-Mycelium“ für die wuchernden Fäden der *Cuscuta*-Saugwurzeln.

Wenn auch die meisten *Cuscuta*-Arten vorwiegend die Stengeltheile der grünen Nährpflanzen befallen, so kommt es doch nicht selten vor, dass *Cuscuta*-Triebe während der mit der Haustorien-Bildung Hand in Hand gehenden Reizbarkeitsperiode auch Blattheile, junge Blätter und Blattscheiden umschlingen und ihre Saugorgane in diese senden.

Dr. Koch bemerkt, dass dies namentlich häufig bei der Kleeseide (*Cuscuta Epithimum*) der Fall ist. Aber auch bei *Cuscuta glomerata* fand ich ein ähnliches Verhalten. In unserer Habitusfigur 1 ist ein solcher Fall oben bei *x* dargestellt; dort wurden von einem und demselben Cuscutatrieb etliche junge Blätter umspinnen und Haustorien in dieselben getrieben. Ähnliches fand am obersten Theil von Fig. 2, oberhalb *x* statt.

Ganz ebenso wie an jungen Cuscutapflanzen die Haustorialwindungen weit häufiger sind als die losen Windungen, während an älteren Cuscutastämmen das umgekehrte Verhältniss eintritt, ganz ebenso ist die vegetative Verzweigung im Jugendzustand des Parasiten eine ausgiebigere, als in spätern Entwicklungsstadien. Hat die Schmarotzerpflanze schon längere Zeit auf einer oder mehreren Nährpflanzen gewuchert, so tritt die vegetative Verzweigung mehr und mehr zurück. Die an den jüngsten Sprossen in den Achseln der schuppenartigen Blättchen in Gruppen vorhandenen Sprossknospen entwickeln sich dann nicht mehr zu vegetativen Trieben, sondern zu Inflorescenzen. Auch an älteren Cuscutatrieben, wo in der Achsel jedes Schuppenblattes mehrere Knospen vorhanden sind, von denen häufig eine zu einem vegetativen Seitentrieb auswächst, während die übrigen Knospen derselben Gruppe im Ruhezustand verharren, tritt Blütenbildung ein, indem diese letzteren, zurückgebliebenen Knospen sich nun nachträglich zu Blütenständen entwickeln. Auf diese Weise entstehen so ziemlich an allen Stammartieen des Schmarotzers die luxuriösen Blütenknäuel (vergl. Fig. 1 A). Dazu kommt noch, dass an den bestgenährten Stengeltheilen der *Cuscuta*, also in den Haustorialwindungen, häufig Adventivknospen hervorbrechen, welche bei *Cuscuta glomerata* sehr ausgiebig die Blütenbildung vermehren. Diese Adventivknospen entwickeln sich nicht am ganzen Umfang des Cuscutastengels, sondern sie entstehen nur auf einer Seite und zwar auf der dem Nährstengel zugekehrten Seite des Parasitenstammes (Fig. 3 da da). Hier treten sie, wie wir schon oben bemerkten, bei *Cuscuta glomerata* in so grosser Zahl auf, dass sie während ihrer Entwicklung zu Blütenständen die Haustorialwindungen oft über und über bedecken (Fig. 1 A bei a), indem sie, rechts und links von der Contactfläche des Schmarotzerstengels austretend, alsbald mit ihren Scheiteltheilen über diesen letzteren emporragen.

Ueber die Entwicklungsgeschichte der Adventivsprosse und der Einzelblüte sind ebenfalls von Koch eingehende Untersuchungen angestellt worden. Es ist hier nicht der Ort, uns bei derselben aufzuhalten und verweisen wir daher zur weitern Orientirung auf jene verdienstliche Arbeit.

Wir haben in Kürze noch den Bau der Blüte zu skizziren:

Die Blüten von *Cuscuta glomerata* sitzen in dichten Knäueln beisammen, von mehr oder weniger deutlich entwickelten, schuppenartigen Deckblättchen (br Fig. 6) gestützt. Der Kelch besteht aus 5, an der Basis mit einander verwachsenen, blassgrünen oder grünlich gelben schuppenartigen Blättern (k k in Fig. 5 und 6) von eiförmigem Umriss. Die weisse Krone ist eine fast cylindrische, nur unbedeutend bauchig

ausgebogene Glocke *co*", an deren (oberen) Rand 5 wagrecht abstehende weisse Zipfel *co'* stehen, die mit den Kelchblättern alterniren. Letztere reichen mit ihren Scheiteln nur wenig über die Hälfte der Kronröhre *co*" hinauf. Mit den 5 Kronzipfeln *co'* alterniren die 5 Staubblätter, deren weisse Filamente an ihrer Basis auf der Innenseite der Kronröhre eingefügt sind. Dort finden sich auch fransenartig zerschlitzte, ebenfalls weisslich schimmernde Gebilde (st Fig. 5), die ohne Zweifel die Rolle einer Saftdecke spielen. Im Centrum der Blüte sitzt ein 2-fächeriger Fruchtknoten (fk Fig. 5), der von einem saftigen Gewebepolster, dem Nectarium bedeckt, und von zwei cylindrischen, am obern Ende je in eine kuglige Narbe *n n* endigende Griffel überkrönt ist. Die Blüten sind im ersten Stadium ihrer Anthese kurzgriffelig und entleeren aus den aufrecht stehenden Staubbeuteln sofort durch Längsrisse der Antherenfächer ihren cohärenten Pollen. Nachdem die Staubsäcke ihres Inhaltes entledigt sind, schrumpfen die Antheren zusammen und es neigen sich nun meist die Filamente (f Fig. 5 und 6) etwas nach Innen, während die Griffel sich rasch strecken, um ihre kugeligen Narben (*n n* Fig. 6) in jene Höhe zu bringen, in welchen bei jüngeren Blüten im ersten Stadium die geöffneten Antheren sich befinden. In diesem zweiten Stadium ist die Blüte also langgriffelig. Alles deutet auf Proterandrie der Cuscutablüten: die ungleichzeitige Vollendung der beiderlei Sexualorgane, der durch Oeltröpfchen cohärente Pollen, der bedeutend früher entleert wird, als die Griffel ihre endgiltige Länge erreicht haben, der feine Duft geöffneter Blumen, der reichliche Insektenbesuch, welcher den offenen Blüten zu Theil wird (*Cuscuta* wird von Bienenzüchtern als gute Honigpflanze betrachtet). Eine genauere Untersuchung wird zweifelsohne ergeben, dass nicht nur *Cuscuta glomerata*, sondern auch unsere einheimischen, europäischen Seidenarten der Fremdbestäubung angepasst sind (entgegen den Angaben, dass ihre Blüten cleistogam).

Nach stattgehabter Befruchtung entwickelt sich der Fruchtknoten zur 2-fächerigen Fruchtkapsel, die alsbald zu einem kugeligen Gebilde (Fig. 7) anschwillt, dessen Scheitel längere Zeit die Griffel trägt, nachdem schon längst die Krone und das Androeceum verschwunden sind. Obschon in jedem der beiden Fruchtknotenfächer zwei grundständige anatrophe Samenknochen vorhanden waren, so finden wir doch meistens in der erwachsenen Fruchtkapsel von *Cuscuta glomerata* nur 3 (statt 4) Samen, da gewöhnlich mindestens eine, nicht selten auch zwei Samenknochen sich nicht weiter entwickeln. Engelmänn berichtet von den in Amerika gewachsenen Exemplaren von *C. glomerata*, dass die Fruchtkapseln 2, oder meist nur 1 Samen enthalten („seeds 2 or mostly 1 in each capsule“), was mit den im botanischen Garten in Zürich beobachteten Pflanzen derselben Species nicht übereinstimmt.

Fig. 1. A. Blühende und fructificirende *Cuscuta glomerata* auf *Aster bessarabicus* Bernh. Bei a, unten an der Nährpflanze, ein Stengel-Fragment aus 3 Haustorialwindungen bestehend, welche schon längst von benachbarten Cuscutatheilen isolirt waren und nun eine Unzahl von Adventiv-Blüthensprossen bildeten. Die zwei nächsten

Blätter der Nährpflanze sind durch den Schmarotzer zum Absterben gebracht. Bei **x x x** jeweilen die engen, fest anliegenden Haustorialwindungen des Parasiten; bei **z z** die mit jenen erstern alternirenden losen Windungen. **y** — ein unteres, absterbendes Stengelstück der von einer benachbarten Nährpflanze herübergekommenen *Cuscuta*. **z' z'** — lose Stengelfragmente von benachbarten *Cuscuten*, welche an diese vorliegende Nährpflanze Seitentriebe absandten. **z'' z''** — über die jüngsten Theile der Nährpflanze hinausragende, an entferntere Nährpflanzen überspinnende Stengeltheile des Parasiten. **z'''** — Bildung von Haustorien gegen eine Blattbasis der Wirthpflanze. **x'''** — Haustorialwindungen um junge Blätter von Aster. Bei **sg** haben sich nebst den vegetativen Seitensprossen auch Blüthensprosse gebildet. Bei **ss** winden jüngere *Cuscutazweige* um ältere Stengeltheile derselben Schmarotzerpflanze. **fr fr** — junge Früchte. Natürliche Grösse.

Fig. 1. B. Ein vegetirender Spross von *Cuscuta glomerata* auf einem schlanken Asterstengel; auf je 5—6 enge Haustorialwindungen folgen immer lose Stengeltheile. Natürliche Grösse.

Fig. 2. Ein blühender *Cuscuta*-Spross auf Aster *bessarabicus* bei 5-facher Vergrößerung. **x x** — enge Haustorialwindungen. **z** — loses Stengelfragment.

Fig. 3. Querschnitt durch einen von *Cuscuta glomerata* befallenen Stengel von *Solidago Mühlenbergii*, so geführt, dass der fast horizontal verlaufende Haustorial-Umlauf des Parasiten der Länge nach getroffen wurde. Nach Links-Unten geht der Längsschnitt des *Cuscutastammes* in ein unversehrtes Stück **Q** über, das auf der cy-

lindrischen Aussenfläche des *Solidagostengels* festsetzt. Diesem Fragment **Q** ist links der Querschnitt des *Cuscutastammes* angefügt. **M M** bedeutet überall Mark. **b** — Bast des *Cuscuta*-Querschnittes, **g** — Gefässgruppen. **da da** — Adventivsprosse der Haustorialwindung, in verschiedenen Tiefen im Innern der *Cuscutarinde* vom Schnitt getroffen. **h h' h'' h''' h⁴ und h⁵** — Haustorien, zum Theil tangential, zum Theil im medianen Längsschnitt getroffen. **ll** — Haustorial-Initialen, im Weichbast der Nährpflanze wuchernd und zum Theil bis zum Holzkörper vordringend; bei **ss, ss** ist die Hausterial-Ansatzfläche des *Haustorium*s **h⁴** deutlich zu sehen. **M** — Mark des Nährstengels, **Pg** — Primordialgefässe, **H** — Holzring, **C** — Cambiumring, **w** — Weichbast, **d** — dickwandiger Bast (durch Anilin roth gefärbt), **pr** — grüne primäre Rinde des Nährstengels. Vergrößerung 63.

Fig. 4. Fragment einer *Cuscuta*-Inflorescenz mit etlichen Blütenknospen und einer geöffneten Blüthe. Vergrößerung 17.

Fig. 5. Eine der Länge nach halbirte Blüthe im ersten Stadium. **k** — Kelch, **co** — Krone, **fl** — Filament, **an** — Anthere, **fk** — Fruchtknoten, **n n** Narben, **st** — gefranste Schuppen an der Basis der Filamente. Vergrößerung 17.

Fig. 6. Eine Blüthe von *Cuscuta glomerata* von der Seite gesehen und zwar im zweiten (langgriffeligen) Stadium der Anthese. **co'** — Kronzipfel, **co''** — Kronröhre, **gr** — Griffel, hier mit den kopfigen Narben **n** über die geneigten Filamente hinausragend. Vergr. 17.

Fig. 7. Junge *Cuscuta*-Frucht. Bezeichnungen wie in Fig. 5 und 6. Vergrößerung ebenfalls 17. (Alle Figuren sind nach dem Leben gezeichnet).

Literatur. Bemerkungen über *Cuscuten* von Georg Engelmann, mitgetheilt von Alex. Braun. Bot. Zeitung 1846 Nr. 16.

Engelmann, Georg. Systematic Arrangement of the Species of the Genus *Cuscuta*, with critical Remarks on old Species and Descriptions of new ones. (Transactions of the Acad. of Sciences of St. Louis. Vol. I. 1856—1860.

Engelmann. Generis *Cuscuta* species etc. Ed. P. Ascherson. Berlin 1860.

Liebe. Ueber die geographische Verbreitung der Schmarotzerpflanzen. Berlin 1862.

Solms-Laubach. Ueber den Bau und die Entwicklung parasitischer Phanerogamen, in Pringsheim's Jahrbüchern für wissenschaftliche Botanik. VI. Bd.

Uloth. Beiträge zur Physiologie der *Cuscuteen*. Flora 1860 Nr. 17 und 18.

Koch, Dr. Ludwig. Untersuchungen über die Entwicklung der *Cuscuteen*, in Hanstein's botanischen Abhandlungen. II. Bd. 3. Heft 1874.

Koch, Dr. Ludwig. Die Klee- und Flachsseide (*Cuscuta Epithimum* und *C. Epilinum*). Untersuchungen über deren Entwicklung, Verbreitung und Vertilgung. Heidelberg 1880.

Ascherson. Flora der Provinz Brandenburg. pag. 433.

Koch. Synopsis der deutschen und Schweizer Flora. pag. 494.

Lavatera trimestris.

Fol. A und Fol. B.

Zum Verständniss des genetischen Zusammenhanges zwischen Kryptogamen und höhern Blütenpflanzen gehört auch die vergleichende Gegenüberstellung der Entwicklungsgeschichte von Microsporangium und Microsporen der höhern Gefässkryptogamen einerseits und der Entwicklungsgeschichte von Anthere und Pollenkörnern der höhern Blütenpflanzen andererseits. Schon bei der Besprechung unserer Selaginella helvetica und der Darstellung der männlichen Blüthe von Pinus Laricio (vergl. die Tafel dieses Namens sammt zugehörigem Text) haben wir darauf hingewiesen, dass die Pollenkörner der Blütenpflanzen nichts Anderes sind, als die Aequivalente der Microsporen bei den höhern Gefässkryptogamen und dass dementsprechend die Anthere der Blütenpflanze nichts Anderes ist, als das Analogon eines Microsporangiums, wie wir letzteres z. B. bei den Selaginellen antreffen.

Noch weit mehr wird dieses in die Augen springen, als es bei den eben angeführten Tafeln geschehen ist, wenn wir ganz speciell auf die **Entwicklungsgeschichte des Pollenkornes** einer höheren Pflanze eintreten und die hier zu Tage tretenden Erscheinungen in Vergleich stellen zu analogen Phänomenen bei den heterosporen Gefässkryptogamen.

Wir haben zu diesem Zwecke uns vorgenommen, in unserem „Atlas“ mindestens eine Tafel für die Darstellung der Entwicklungsgeschichte des Pollenkornes und der Anthere einer Angiospermen in Anspruch zu nehmen. Wenn wir nun bei der Ausführung unseres Vorhabens anstatt der einen sogar zweier Tafeln benöthigten, so werden die Fachmänner diese Abweichung nicht nur leicht begreifen, sondern auch gerne entschuldigen. Denn die Entwicklungsgeschichte des Pollens der Malvaceen bietet ja des Hochinteressanten eine solche Fülle, wie kaum ein anderes Objekt der wissenschaftlichen Botanik. Dass wir aber gerade auf einen Repräsentanten der Malvaceen-Familie gegriffen haben, wird jedem sofort einleuchten, der sich mit ähnlichen Untersuchungen befasst hat. Zeigt ja doch die Literatur über die Entwicklungsgeschichte des Pollens, dass es von jeher (seit Nägeli's Untersuchungen im Jahr 1842) die Malvaceen waren, welche mit Vorliebe in dieser Richtung zum Vorwurfe einlässlicher Studien gemacht wurden.

In Ermanglung einer anderen, für unseren Zweck passenden Malvacee haben wir für unsere Untersuchung und die Darstellung der bezüglichen Objekte in den beiden vorliegenden Tafeln *Lavatera trimestris* L. (var. rosea) gewählt, eine einjährige Zierpflanze unserer Gärten, die in *Lavatera thuringiaca* L. eine europäische Schwesterart besitzt. Die Entwicklungsgeschichte der Anthere und des Pollenkornes ist bei *Lavatera trimestris* im Wesentlichen dieselbe, wie bei *Malva silvestris* und bei *Althaea rosea*, welche letztere beide Pflanzen vielleicht bekannter und weiter verbreitet sind, als die Species unserer vorliegenden Untersuchung. Wir können daher wohl behaupten, dass die von uns in den beiden Tafeln dargestellten Hauptobjekte typische Erscheinungen der Malvaceen im engeren Sinne repräsentiren.

Im Gesamthabitus zeigt *Lavatera trimestris* grosse Aehnlichkeit mit der wilden Malve und der Moschus-Malve (*Malva silvestris* und *Malva moschata*). Sie ist ein krautiges Gewächs, dessen Stengel sich reichlich verzweigt und oft eine Höhe von 1½ bis 2 Meter erreicht. Im Juli und August blüht die Pflanze in unsern Gärten reichlich und setzt — in Folge häufigen Besuches von Seiten der Honigbiene — auch reichlich Früchte an. Wir haben auf der ersten unserer beiden Tafeln (Fol. A in Fig. 1 a) einen blühenden Zweig von *Lavatera trimestris* in natürlicher Grösse dargestellt. Wie aus dieser Figur ersichtlich, stehen die Blüten einzeln in den Achseln der langgestielten (grünen) Tragblätter und besitzen selbst einen ziemlich langen Stiel.

Unmittelbar unter dem eigentlichen Kelch (**K K** Fig. 1 b und 1 c in Fol. A) findet sich ein aus drei mit einander verwachsenen Hochblättern bestehender Aussenkelch (**Ak Ak**), der die Blütenknospe in ganz jungem Zustande vollständig einhüllt, reichlich mit Borsten- und Sternhaaren besetzt ist und oben in drei weit abstehende kapuzenartige Zipfel (**kz kz** Fig. 1 c) ausgezogen erscheint.

Hierauf folgt der aus 5 derben, grünen, am Grunde ebenfalls verwachsenen Blättern bestehende eigentliche Kelch **K K**, ähnlich bewaffnet wie der Aussenkelch. Im jugendlichen Zustand schlagen die 5 freien Kelchzipfel über dem Scheitel der Blütenknospe zusammen (Fol. A Fig. 1 c). Aussenkelch und eigentlicher Kelch bleiben bis zur Fruchtreife (**E** in Fig. 1 a), indem sie den Kranz der heranreifenden Früchtchen schützen.

Ueber dem Kelch folgt die mit letzterem alternirende 5-blättrige Krone (**C C** in Fig. 1 b), die in der Knospenlage gedreht erscheint. Am Grunde sind die verkehrt-herzförmigen, blassröthlichen und dunkler carminroth gestreiften Kronblätter unter sich und auch mit dem Basaltheil des männlichen Geschlechtsapparates verwachsen und zwar derart, dass die Basaltheile des Staubblattapparates und der Krone zusammen eine geschlossene Kappe bilden, welche die in einen Kreis rings um die centrale Säule (**S** in Fig. 7 Fol. B) angeordneten Fruchtknoten (mit dem Samenknoten **sk**) fast lückenlos einschliesst und dicht an der Basis des Carpellkreises inserirt ist (bei **Cb Cb** Fig. 7 Fol. B). Beim Verblühen löst sich die Krone **Cr** mit sammt dem Staubblatt-Apparat (**as—an** Fig. 7 Fol. B) an der Insertionsstelle **Cb Cb** mit Einem Male und fallen alle diese Theile zusammen aus der Blüthe. Wie bei der Gattung *Malva* und *Althaea*, so finden sich auch bei *Lavatera trimestris* an der Basis des freien Kronblatt-Theiles zwei Haarleisten (**h h** bei **D** Fig. 1 a Fol. A), die eine rechts, die andere links und unterhalb der düsterpurpurnen Saftmaler (**sm sm**), welche beim Blick in die offene Blüthe sofort in die Augen springen. Zwischen diesen Saftmalern je zweier benachbarter Kronblätter und bedeckt von den Bärtchen **h h** der Haarleisten liegt je eine Oeffnung, die als enges Kanälchen sich abwärts zwischen den verwachsenen Basaltheilen der Kronblätter fortsetzt und zum wohlgeschützten Nectarium führt. Jene Haarbärtchen

sind ausgesprochenermassen Saftdecken, welche kleinere Insekten abhalten, bis zum Honigsaft vorzudringen, dagegen kräftigen Bienen mit dünnem Honigrüssel gestatten, Nectar zu saugen.

Der Staubblatt-Apparat — das Androeceum — besteht aus einer hohlen Säule, welche scheidenartig die zahlreichen Griffel umschliesst und an ihrer Aussenseite, von Unten nach Oben 80—100 schlankgestielte Antheren trägt, wie wir dies bei stärkerer Vergrösserung in den Figuren 5 und 7 Fol. B zur Anschauung gebracht haben. Am Grund ist diese Staubblattsäule pyramidenartig verbreitert und zu einer flachen, nur wenig gewölbten Decke *dd* (von purpurner Farbe) ausgeweitet, welche das scheibenförmig verbreiterte obere Ende der Blütenaxe *S* und das hier liegende Nectarium (*N* Fig. 5 und 7 Fol. B) vor äusseren schädlichen Einflüssen schützt. Wie schon oben bemerkt, ist dieser Basaltheil des Staubblattapparates mit den Basaltheilen der Kronblätter derart verwachsen, dass beiderlei Blattformationen im Zusammenhang abfallen. Ueber die genetische Deutung des aus so zahlreichen Staubbeuteln und Filamenten bestehenden männlichen Apparates der Malvaceen sind die Ansichten der Morphologen noch getheilt: Während die Einen geneigt sind, die Staubblattsäule als Resultat einer wiederholten Verzweigung und Verwachsung von bloss 5 ursprünglichen Staubblatt-Anlagen aufzufassen, wobei diese 5 ursprünglichen Anlagen bald als mit den Kronblättern alternirend, bald als diesen gegenübergestellt angenommen werden, sind wieder Andere bereit, die ganze Staubblattsäule als Vereinigung zahlreicher ursprünglicher Staubblätter, somit als aus mehreren Blattkreisen entstanden zu denken. Thatsache ist, dass mehrere Gründe für die Annahme einer stattgehabten Verzweigung ursprünglich ganzer Staubblatt-Anlagen sprechen: an der vollständig entwickelten Staubblattsäule sind in der Regel die sämtlichen gestielten Antheren eigentlich nur Hälften der typischen Antheren unserer Angiospermen; nur höchst selten treffen wir eine Malvaceen-Anthere mit 4 Pollenfächern, wie sie in der Regel bei den übrigen Bedecktsamern vorkommen (vergl. in der Tafel mit *Lilium Martagon* Fol. A die in Fig. 4 dargestellte Liliaceen-Anthere), während in der Regel das Staubblatt von *Lavatera trimestris* (und von *Malva silvestris*, *Althaea rosea* etc.) bloss 2 Pollenfächer enthält und eines eigentlichen Connectivs entbehrt (Fig. 3, 4 und 6 Fol. B). Es ist kein Zweifel, dass bei der phylogenetischen Entwicklung des Androeceums in diesen Fällen eine Verzweigung ursprünglich ganzer Staubblätter, eine Halbierung von früher normalen, 4-fächerigen Antheren stattgefunden hat.

Das Centrum der Blüte wird von einer Mittelsäule (*S*), die sich oben in die Nectariumscheibe (*N* Fig. 5 und 7 Fol. B) erweitert und um welche die 14—20 Carpelle angeordnet sind, eingenommen. Jedes Carpell bildet für sich ein abgeschlossenes, nur 1 Samenknospe (*sk* in Fig. 7) enthaltendes Fach, das sich bis zur Fruchtreife zu einem Theilfrüchtchen entwickelt. Alle diese Theilfrüchtchen sind an der Mittelsäule *S*, um welche sie ringförmig angeordnet erscheinen, befestigt und nur hier, an ihrer Insertionsstelle sind die Carpelle unter sich ein wenig verwachsen. Nach Oben ist jedes Carpellblatt in einen langen

Griffeltheil verlängert. An der Basis sind sämmtliche 14—20 Griffel mit einander zu einer Säule (*Gs* in Fig. 5 Fol. B) verwachsen, welche vom untern Theil der Staubblattröhre *as* scheidenartig eingehüllt erscheint. Weiter aufwärts löst sich die Griffelsäule in die einzelnen, meist lebhaft roth gefärbten, schlanken Griffel (*G* Fig. 7 Fol. B) auf. Im ausgewachsenen Zustande ragen diese Griffel hoch über die Antheren empor und bilden, da sie divergiren, über der Staubfadenröhre eine Art Pinsel, an welchem die von Insekten hergeschleppten Pollenkörner (*Po* Fig. 7 Fol. B) festgehalten werden. Jeder Griffel ist in seinem obern Theile auf eine beträchtliche Strecke mit einer Reihe von langen, einzelligen, spitzen Narbenhaaren (*hh* Fig. 8 Fol. B) bewaffnet, an denen die stacheligen Pollenkörner (*Po Po* Fig. 8) um so eher festhalten, als diese letzteren ebensowohl als die haarige Narbenfläche selbst mit einer Schichte zähflüssigen Schleimes überzogen sind.

Die Blüte von *Lavatera trimestris* ist proterandrisch. Im ersten Stadium ihrer Anthese ist sie männlich (Fig. 1 a Fol. A, Blüte A und Fig. 5 Fol. B), indem zu der Zeit, da die Antheren sich öffnen, noch kein empfängnisfähiger Griffeltheil zu sehen ist. In dieser Zeit sind nämlich die 14—20 Griffel noch vollständig in der Staubblattröhre eingeschlossen und dicht zusammengedrängt derart, dass die behaarten Narbenstreifen nach Innen und einander zugekehrt erscheinen. Erst wenn sämmtliche Staubbeutel ihren Pollen entleert haben und die Filamente zu welken anfangen, erhebt sich der obere Theil der zahlreichen Griffel nach und nach über den männlichen Apparat. Unter raschem Längenwachsthum treten die frei werdenden Griffeltheile divergirend aus einander und exponiren die behaarten Narbenstreifen den pollenverschleppenden Insekten (Fig. 7 Fol. B). In dieser Zeit ist die Blüte weiblich: Die lange vorher entleerten Pollenkörner sind in der Regel schon längst von honigsuchenden Insekten in andere Blüten verschleppt worden, wenn die feuchten Narben der Bestäubung ausgesetzt werden. An warmen sonnigen Tagen sind es hauptsächlich die Honigbienen, welche die Fremdbestäubung vermitteln; ich sah wiederholt diese geschäftigen Insekten auf die Geschlechtsäule mitten in der offenen Blüte anfliegen und zapfelnd und krappelnd an der Säule abwärts kriechen, bis sie den Honigrüssel in die enge Oeffnung zwischen den Basaltheilen zweier Kronblätter hineinschieben konnten, um den Nectar zu saugen. In Blüten, die im männlichen Stadium der Anthese sind, werden die Bienen beim Honigsuchen regelmässig mit den grossen, feuchten Pollenkörnern behaftet; ich sah sie am Kopf, an Beinen, Flügeln und Thorax, wie am Hinterleib mit solchen Sexualzellen verunreinigt. Kommt die Biene in solchem Zustande zu einer etwas älteren Blüte, wo die Narben zur Bestäubung exponirt sind, so erfolgt selbstverständlich ohne weiteres Fremdbestäubung.

Lavatera trimestris ist also in hohem Grade der Fremdbestäubung durch kräftige Insekten angepasst. Hiefür sprechen nicht allein die ausgesprochene Proterandrie, sondern auch die Art der Bergung des Honigs, die Grösse und Bewaffnung der Pollenkörner, die weithin schimmernde Farbe der Kronblätter, sowie die wegleitenden Saftmäler an der Basis der letz-

teren. Es leuchtet ein, dass bei natürlicher Stellung der geöffneten Blüthe (**A** und **B** in Fig. 1 a Fol. **A**) in freier Natur beim Ausbleiben von Insekten nur sehr schwer Selbstbestäubung eintreten kann. Das dürfte z. B. der Fall sein, wenn die Kronblätter sich am Schluss der Anthese faltig zusammenziehen (vergl. Blüthe **C** in Fig. 1a), und die welkende Blüthe in eine nickende Stellung übergeht. Hängen in diesem Falle z. B. noch Pollenklümpchen an den welken Antheren, die von Insekten verschont blieben, so dürfte gelegentlich beim Uebergang in die nickende Stellung der Blüthe eigener Pollen auf die noch unbestäubten Narben gelangen, wobei die faltige Zusammenziehung der Kronblätter nicht unwesentlich mithelfen dürfte. Aber auch hier, wie bei den meisten Proterandristen, dürfte die Fremdbestäubung Regel, Sichselbstbestäubung nur Ausnahme, nur Nothbehelf sein.

Nach dieser morphologischen und biologischen Skizze, die wir zum bessern Verständniss des Folgenden vorausschicken mussten, treten wir an die Schilderung der **Entwicklungsgeschichte des Pollenkornes und der Anthere** heran.

Nehmen wir eine noch ganz junge, kaum 1 1/2 mm. Durchmesser besitzende Blütenknospe von *Lavatera trimestris*, so wird es nach Entfernung des Aussenkelches (**Ak** Fig. 1 c Fol. **A**) ein Leichtes, mit Hilfe eines scharfen Messers mediane Längsschnitte zu erhalten, auf denen wir die Anfänge des männlichen Geschlechtsapparates bereits als kurze tonnenförmige Säule (**RR** Fig. 2 Fol. **A**), erkennen, welche den Scheitel **S** der Knospe umgibt und an ihrer Aussenfläche eine Menge von Antheren-Anlagen (**an an**) trägt. Ausserhalb und am Grunde dieser Säule sehen wir auf diesem Entwicklungsstadium auch die Anlagen der noch sehr kleinen, erst schuppenartigen Kronblätter **Cr Cr**, während auf der Innenseite der Tonnenbasis rings um den Scheitel **S** erst später die Anlagen der Carpellblätter auftreten.

Es lag nicht in unserer Absicht, die Entwicklungsgeschichte der Staubblattsäule bis auf ihre ersten Anfänge zurück zu verfolgen. Den Ausgangspunkt der von uns dargestellten Entwicklungsreihe bildet das in Fig. 2 Fol. **A** gezeichnete Stadium. Hier erscheinen die später lang- und schlankgestielten Antheren noch sehr kurzstielig, fast sitzend. Indessen lässt die Anthere — auf einem früheren Stadium bloss als halbkugelige Zellgewebekörper erscheinend — schon jetzt eine Differenzirung in zwei symmetrische Hälften erkennen, die sich in der Folge zu den parallel verlaufenden Längswülsten der beiden nierenförmigen Pollenfächer entwickeln. Unsere Fig. 2 Fol. **A** zeigt links bei **uz uz** zwei senkrecht zu den Längswülsten halbirt Antheren, während die meisten übrigen Antheren in seitlicher Ansicht zur Darstellung kamen.

In den Figuren 3 und 4 (Fol. **A**) sind die auf diesem Entwicklungsstadium stehenden Antheren bei 1725-facher Vergrößerung in den beiderlei massgebenden Längsschnitten zur Anschauung gebracht. Fig. 4 zeigt die Anthere der Länge nach senkrecht so durchschnitten, dass die Schnittfläche mitten durch die Längsaxe des einen der beiden jungen Pollenfächer geht, indess Fig. 3 eine andere Anthere in jenem Längsschnitt zeigt, der senkrecht zu demjenigen in Fig. 4, folglich senkrecht zu den beiden parallel laufenden Pollen-

fachanlagen geführt wurde. Diese beiden Schnitte geben uns allen erwünschten Aufschluss über die Differenzirung der Anthere in diesem Stadium.

Die Anthere besteht aus zwei symmetrischen, mit einander verwachsenen, nur oberflächlich durch eine seichte Einschnürung getrennten, langgestreckten, noch wenig gekrümmten und dem kurzen Stiele oder Filament **fl** wagrecht aufsitzenden Gewebekörpern, welche den beiden späteren Pollenfächern entsprechen. Die äusserste Zellschicht ist die Epidermis **ep ep** der Anthere, welche aus Zellen besteht, deren eine Wände radial, deren andere Wände oberflächlich und tangential verlaufen. In der Epidermis, die sich am frühesten aus dem meristematischen Gewebekörper der Antherenanlage differenzirt, finden in der Folge nur noch radiale, niemals tangentielle Zelltheilungen statt. In der Axe jeder der beiden Pollenfachanlagen liegt eine Längsreihe grösserer und reichlicher mit körnigem Plasma ausgestatteter Zellen, die Pollen-Urmutterzellen (**uz uz** in Fig. 3 und 4 Fol. **A**). Ich habe in der Regel je nur 8 solcher Pollenurmutterzellen in jeder Pollenfachanlage getroffen, wie dies in Fig. 4 dargestellt ist. In dem senkrecht zu Fig. 4 geführten Schnitt der Fig. 3 sehen wir selbstverständlich je nur eine einzige Pollenurmutterzelle der ganzen Reihe jedes Faches.

Zwischen der Pollenurmutterzellreihe **uz** einerseits und der Antheren-Epidermis **ep ep** andererseits finden wir auf diesem Entwicklungsstadium noch eine Zelllage, welche sich in die drei später leicht wahrzunehmenden Wandschichten der Pollenfächer differenzirt. Die Zellen dieser Wandschichten sind gleichen Ursprunges mit den Pollen-Urmutterzellen. Warming hat nämlich gezeigt, dass in ganz jungen Antheren-Anlagen gewöhnlich nur die unmittelbar unter der Epidermis liegende Gewebeschicht (die äusserste Periblemlage) es ist, welche sowohl den Urmutterzellen des Pollens, wie auch den dieselben nach Aussen umgebenden Wandschichten jedes Pollenfaches den Ursprung gibt. Wie bei den meisten andern Bedecktsamigen, so finden wir auch bei den Malvaceen in der unreifen, noch ziemlich jungen Anthere unter der Epidermis drei Wandschichten, welche durch radiale, horizontale und tangentielle Wandbildung aus einer einzigen Schichte hervorgegangen sind (vergl. in Fig. 5 Fol. **A** die Schichten **fl**, **z** und **Ta**). Da die Tangential-Theilungen (**t** in Fig. 4) die vorherrschenden sind und am meisten in die Augen fallen, so erhalten die Wandzellen jedes Antherenfaches im Allgemeinen tafelförmige Gestalt; nur die innerste, den Pollenmutterzellen unmittelbar angrenzende Schicht verliert diesen Charakter, indem die Zellen mehr kubisch oder radial gestreckt erscheinen (**Ta** Fig. 5 Fol. **A**). Der Zellinhalt dieser Schichte ist von demjenigen der benachbarten Zellen verschieden, meist dunkler oder gar gelblich gefärbt, wie in manchen Drüsenzellen. Auch die von der Mitte der Antherenanlage her den Pollenmutterzellen unmittelbar angrenzenden Zellen des die Fächer trennenden Antheren-Gewebes nehmen dieselbe Beschaffenheit an, so dass jedes Antherenfach von einem charakteristischen Epithelium, der sogenannten Tapete (**Ta** Fig. 5 Fol. **A**), ringsum ausgekleidet ist. Diese Tapete ist das Analogon einer ähnlich gebauten und einem ähnlichen Schicksal unterliegenden Zell-

schichte, nämlich der Mantelschichte oder der Mantelzellen im Sporangium der Gefässkryptogamen (vergl. in der Tafel mit *Selaginella helvetica* die Zellschichte **c** in Fig. 3). Diese beiderlei Zellschichten, die Tapete in der Anthere bei den Blütenpflanzen und die Mantelschichte im Sporangium der Gefässkryptogamen, werden beim Heranreifen der Pollen und Sporen aufgelöst und liefern in ihrer Substanz das Bildungsmaterial zum Ausreifen der Fortpflanzungszellen.

Die zwischen Epidermis und Tapete des Antherenfaches liegenden mittleren Wandzellschichten (**z** und **fi** Fig. 5 und 8 Fol. A) haben später ein verschiedenes Schicksal. Die äussere, unmittelbar unter der Epidermis **ep** liegende Zellschichte verdickt ihre Membranen eigenthümlich fibrös (**fi** in Fig. 5 und 8 Fol. A, und **fi** in Fig. 6 Fol. B) und diese faserige Verdickung dehnt sich auch auf das innere Wandgewebe zwischen den beiden parallelen Pollenfächern derart aus, dass jedes der beiden Pollenfächer später im Reifezustand rings umgrenzt wird von einer continuirlichen Schichte fibröser Zellen (Fig. 6 Fol. B). In all diesen Zellen fehlt die leistenförmige Wandverdickung an den mit der Epidermis parallel verlaufenden Wandstücken, während die Verdickungsleisten — ins Zellinnere vorspringend — auf allen radialen Wandstücken angetroffen werden, hier meistens gegen das Pollenfach hin convergirend und endlich auf die Innenwand übersetzend, hier meist in einem Punkte oder in einem kleinen Kreise sich vereinigen, so dass von der Mitte der Innenwand einer jeden fibrösen Zelle die Verdickungsleisten sich fingerartig ausbreiten und, wie die Zehen eines Vogelfusses krallenartig gebogen auf die radial gestellten Seitenwände der fibrösen Zelle ausstrahlen. Die mittlere Wandschicht **z**, zwischen Tapete und fibröser Schicht liegend (Fig. 5 und 8 Fol. A), wird wie die Tapete aufgelöst.

Im weitem Verlaufe theilen sich die Epidermiszellen der Anthere (**ep ep** Fig. 5 und 8 Fol. A) gewöhnlich nur durch Radialwände; das Vermögen hiezu geht jedoch nicht dem von Innen ausgehenden wachsenden Drucke der entstandenen Zellenmassen parallel, wesshalb die Epidermiszellen der Pollenfach-Oberflächen (man vergl. Fig. 8 Fol. A mit Fig. 6 Fol. B in beiden **ep ep**) mehr tafelförmig und radial zusammengedrückt, diejenigen des Zwischengewebes zwischen den beiden Pollenfächern, namentlich diejenigen der Aufspringungsnath (bei **N** Fig. 6 Fol. B) mehr kubisch oder radial gestreckt, an letzterem Orte bei *Lavatera trimestris* sogar in Papillen ausgezogen erscheinen. An beiden Näthen (an der Rücken-, wie an der Bauchnath **N** und **N'** Fig. 6 Fol. B) setzt sich die fibröse Schicht unter der Epidermis von einem Fach zum andern continuirlich fort.

Zwischen den fibrösen Zellschichten (**fi'' fi''** Fig. 6 Fol. B) der beiden parallel verlaufenden, nierenartig gekrümmten Pollenfächer liegt noch eine dünne Lage unverdickter Zwischenzellen (**z'' z''**), welche nicht etwa das Connectiv repräsentiren, denn dieses ist bei der Malvaceen-Anthere in der Regel ganz unterdrückt, sondern jener Gewebepartie entsprechen, die bei den vollkommenen Antheren anderer Angiospermen auf jeder Seite des eigentlichen Connectivs je zwei (der vier ur-

sprünglich vorhandenen) Pollenfächer bis zur Antherenreife von einander trennen.

Im reifen Zustande ist die Anthere von *Lavatera trimestris* langgestielt (Fig. 5 Fol. B), der Stiel (Filament) ist punktförmig in der Mitte der nierenartigen Anthere inserirt. Im ganzen Körper der letzteren finden wir nirgends ein Gefässbündel, eben weil ein ächtes Connectiv fehlt. Die Anthere von *Lavatera* öffnet sich längs der Rückennath (**N** Fig. 6 Fol. B) durch einen Längsriss, wobei ohne Zweifel die Auslösung einer Spannung stattfindet, die sich beim Ausreifen der Antherenwand zwischen fibröser Schicht und Epidermis geltend macht. Hiebei schrumpft die Epidermis derart zusammen, dass sie sich während des Aufspringens der Anthere oft von der fibrösen Schicht lostrennt.

Nach dem Aufspringen der Anthere und hiebei stattgehabter Entleerung der Pollenkörner haben Antherenwand und Filament ihre Schuldigkeit gethan und welken sofort dem Zerfall entgegen (an Fig. 7 Fol. B).

Nachdem wir die Entwicklungsgeschichte der Pollen-Behältnisse in Kürze skizzirt haben, bleibt uns noch der **Entwicklungsgang der Pollenkörner** selbst zu zeichnen übrig. Den Ausgangspunkt bilden hierbei die Pollenurmutterzellen **uz uz**, wie wir sie bereits in Fig. 3 und 4 Fol. A kennen gelernt haben. Diese Urmutterzellen des Pollens sind zu der Zeit, da sie als solche erkennbar sind, bei *Lavatera trimestris* in jedem Antherenfach meist zu 8 in eine Reihe geordnet (Fig. 4 Fol. A). Einige von ihnen, wohl in der Regel diejenigen auf halber Länge des Antherenfaches, theilen sich noch einmal, bald durch Wände, die senkrecht zur Fach-Axe stehen, bald durch Längswände, doch meist so spärlich, dass die Zahl der hiebei resultirenden Pollenmutterzellen in jedem Fache nur bis 12 oder 14 ansteigt. Diese, meist in eine einfache Reihe angeordneten Pollenmutterzellen besitzen ursprünglich eine zarte, aber nun rasch sich verdickende Membran, einen dichtkörnigen plasmatischen Inhalt und einen immer grösser werdenden Zellkern. Während bei vielen Monocotyledonen die Pollenmutterzellen sich vollständig von einander trennen und einzeln oder in Gruppen zusammenhängend im Hohlraum des Faches frei schwimmen, unterbleibt bei vielen Dicotylen, auch bei *Lavatera* diese Trennung: die dickwandigen Pollenmutterzellen erfüllen das Fach vollständig, können aber nach Zerreissung der Antherenwand in Wasser- oder Zuckerlösung auseinander fallen (vergl. **PM''** & **PM** in Fig. 5, 6 und 8 Fol. A). Am leichtesten und ungesuchtesten erhält man solche isolirte Pollenmutterzellen, wenn man Blütenknospen von Malvaceen der Länge nach durchschneidet, nachdem sich die Pollenmutterzellen bereits in je 4 Tochterzellen (Tetraden) getheilt haben. Gleichzeitig mit der Membranverdickung der Pollenmutterzellen findet eine Abrundung des dichtkörnigen Plasmakörpers jeder einzelnen Pollenmutterzelle statt (Fig. 6 Fol. A). Nachdem letztere eine gewisse Grösse erreicht hat, wird die Theilung in 4 Tochterzellen eingeleitet. Der ursprünglich einzige, grosse Zellkern theilt sich rasch in zwei Tochterkerne (**N N** Fig. 5 und 6 bei **PM''** Fol. A), die sich hinwieder ebenfalls rasch theilen, so dass in kurzer Zeit 4 Enkel-

kerne **N' N' N' N'** Fig. 6 in jeder Pollenmutterzelle anzutreffen sind. Ausnahmsweise sah ich einmal eine Pollenmutterzelle, welche sich schon nach der ersten Kerntheilung vollständig in zwei Tochterzellen theilte, deren Plasmakörper schön abgerundet war, ehe eine neue Kerntheilung eintrat. Jede der beiden Tochterzellen besass einen langgestreckten, tonnenförmigen Zellkern, in welchem auffallenderweise 4 deutliche Nucleoli zu sehen waren, deren jeder selbst wieder ein stark lichtbrechendes Körperchen enthielt. In der Regel jedoch theilt sich der Plasmakörper der Pollenmutterzelle nicht eher, als bis 4 Enkelkerne vorhanden sind, wie wir dies in Fig. 6 Fol. A dargestellt haben, woselbst jeder der 4 Enkelkerne nur 2 (selten auch wohl bloss 1) Kernkörperchen enthält. Letztere liegen in der Regel ziemlich weit von einander entfernt.

Vermöge des Theilungsmodus gruppieren sich die 4 Enkelkerne im Plasmakörper der Pollenmutterzelle in die 4 Ecken eines Tetraeders, wie dies allgemein bei den Dicotyledonen der Fall zu sein scheint (vergl. die Anordnung der Pollenzellen in Fig. 7 Fol. A). Indessen habe ich nicht selten eine kreuzweise Anordnung beobachtet und zwar bald kreuzweise in einer und derselben Ebene, bald kreuzweise in 2 senkrecht auf einer stehenden Ordnungsebenen (vergl. **PM** rechts in Fig. 5 und 8 Fol. A).

Gleichzeitig oder unmittelbar nach dieser tetraëdrischen (resp. kreuzweisen) Anordnung der 4 Enkelkerne in der Pollenmutterzelle beginnt sich der ganze Plasmakörper derart einzuschnüren, dass er alsbald in 4 abgerundete Lappen ausgebuchtet erscheint (Fig. 5 Fol. A bei **PM** rechts). Die Membran der Pollenmutterzelle verdickt sich den Einschnürungen entsprechend derart, dass ihre Verdickungspartien den Raum zwischen den 4 Lappen des Plasmakörpers vollständig ausfüllen (**vd vd** Fig. 5 Fol. A). Diese 4 Verdickungsleisten der Pollenmutter-Zellmembran werden schliesslich durch simultane Zellstoffausscheidung zwischen den 4 tetraëdrisch (oder kreuzweise) angeordneten Enkelkernen zu Membranstücken vervollständigt, welche den ganzen Plasmakörper der Pollenmutterzelle in 4 tetraëdrisch angeordnete Pollenzellen zertheilen. Sofort nach der Zellstoffausscheidung zwischen den 4 Plasmasegmenten runden sich letztere zu kugeligen Körpern ab, welche die Plasmamasse der jungen Pollenkörner, der sogen. **Tetraden** darstellen (**te te** in Fig. 7 und 8 Fol. A).

Bei oberflächlicher Betrachtung macht ein derartiges Objekt vollständig den Eindruck, als ob nun innerhalb der gleichartigen dicken Membran der Pollenmutterzelle 4 nackte, tetraëdrisch angeordnete Pollenzellen frei in einer klaren Flüssigkeit lägen. Das ist indessen nicht der Fall, sondern innerhalb der primären Pollenmutterzellmembran (**pm** in Fig. 5, 6, 7 und 8 Fol. A) findet sich als ausfüllende Masse farbloser Zellstoff, glashelle Cellulose, welche die scheinbar nackten Plasmamassen der Pollenzellen rings einhüllt. Hievon kann man sich leicht überzeugen, wenn man freiliegende, in Tetraden getheilte Pollenmutterzellen durch Quetschen oder durch Quellmittel zum Platzen veranlasst oder wenn man verletzte, angeschnittene Pollenmutterzellen aufsucht, wobei an Stelle der ausgetretenen Plasmaballen der Pollenzellen nun ebenso geformte, scharf umschriebene Hohlräume in der schein-

bar leeren Pollenmutterzelle, ebenfalls in tetraëdrischer oder kreuzweiser Anordnung beobachtet werden (Fig. 2 Fol. B).

Die primäre Membran (**pm**) der in Tetraden getheilten Pollenmutterzelle behält noch ziemlich lange ihre scharfe Umgrenzung bei; nicht selten zeigt sie auch Schichtung; weniger häufig ist eine solche im Innern der Pollenmutterzelle, also rings um die Plasmakörper der Tetraden wahrzunehmen; erst bei Anwendung passender Reagenzien kann man eine Schichtung auch im letzteren Theil der Tetradengruppe deutlich nachweisen.

Als bald beginnt nun im weiteren Entwicklungsgang jeder der 4 kugeligen Plasmakörper im Innern der Tetradengruppe eine neue, gleichmässig dicke, scharf conturirte, glashelle Membran auszuschneiden, welche neue Membran nirgends der rings umliegenden älteren Zellstoffmasse adhärirt. Dies ist die junge Membran des eigentlichen Pollenkornes (**m** in Fig. 1 Fol. B). Um diese Zeit werden die Tapetenzellen des Pollenfaches aufgelöst, um das weitere Bildungsmaterial für die nun rasch weiter wachsenden jungen Pollenkörner abzugeben. Schon um diese Zeit fand ich auch einmal die Andeutungen eines Theilungsvorganges im Innern des einzelnen Pollenkornes. Während nach Strasburger bei den von ihm hierauf untersuchten Monocotylen und Dicotyledonen die Kerntheilung im Innern des Pollenkornes verhältnissmässig spät, nämlich kurz vor der Pollenreife erfolgt, sah ich bei *Lavatera trimestris* die Anzeichen stattgehabter Zelltheilung einmal schon in sehr frühem Stadium, d. h. in einer Zeit, da die Pollenkörner noch in der Mutterzelle eingeschlossen waren und erst anfangen, ihre noch zarte, eigene Membran in verschiedene Schichten zu differenzieren. Das mit Hilfe des Prismas gezeichnete, in Zuckerlösung liegende Object ist genau in Fig. 1 Fol. B dargestellt. In dreien von den 4 jungen Pollenkörnern der Tetrade konnte ich deutlich die von Strasburger zuerst beobachtete uhrglasförmige Theilungswand **v, v, v** erkennen, die von einer „protoplasmatischen Hautschicht“ gebildet erscheint, ohne dass es zur Bildung einer Cellulose-Membran kommt. Die Grösse der durch diesen Process vorübergehender Theilung resultirenden „vegetativen“ Zellen **V V V** ist eine so unbedeutende, dass der dieser kleineren Pollenzelle zukommende Zellkern, welcher nicht direkt wahrzunehmen war, fast die ganze „vegetative“ Zelle erfüllen und, der Pollenmembran **m m** anliegend, eine abgeplattete, linsenförmige Gestalt haben musste, während der in der grossen („reproductiven“) Zelle liegende, deutlich wahrnehmbare Zellkern (**N N** Fig. 1 Fol. B) einen kreisförmigen Umriss besass. Wegen der Anwesenheit der zahlreichen Stärkekörner im Polleninhalte war es mir unmöglich, genauer auf diesen Theil der Untersuchung einzutreten. Thatsache ist aber, dass von diesem „Theilungs“-Stadium des Pollens an, im Innern des letztern fernerhin keine trennende Plasmawand mehr gesehen wird, dass also jene uhrglasförmige Wand zwischen den 2 Pollenkernen alsbald verschwindet. Thatsache ist fernerhin, dass im fast-reifen Pollenkorn 2 langgestreckte, spindelförmige Zellkerne vorhanden sind, die allerdings erst durch Behandlung mit geeigneten Reagenzien im ausgepressten Polleninhalte wahrnehmbar werden. In seiner neuesten Arbeit, die mir

erst nach Vollendung der beiden vorliegenden Tafeln und nach der Abfassung dieses Textes zukam, zeigt Strasburger (Ueber den Bau und das Wachstum der Zellhäute, pag. 86—92), dass bei *Malva crispa* die Entwicklungsgeschichte des Pollenkornes und der Aufbau seiner Membran ganz dieselben sind, wie bei *Lavatera trimestris*. Ich habe daher an dieser vorliegenden Ausführung, die vor dem Erscheinen des Strasburger'schen Werkes geschrieben wurde, keine Aenderungen vorgenommen und kann somit constatiren, dass die Untersuchung unserer *Lavatera*, welche ganz unabhängig von jener über *Malva crispa* durchgeführt wurde, die Beobachtungen Strasburgers in allen wesentlichen Theilen bestätigt. An angeführter Stelle zeigt Strasburger, dass bei *Malva crispa*, die ja in dieselbe Familie gehört, wie unsere *Lavatera trimestris*, der ursprünglich einzige Zellkern des jungen Pollenkornes später, wenn das letztere fast völlig reif ist, sich in zwei Kerne theilt, von denen der eine, im Mittelpunkt des Kornes sich etablirende, etwas grösser ist, als der andere, der sich in der Nähe der Peripherie vorfindet. Der grössere Zellkern entstammt der grösseren, der kleinere der kleineren jener beiden Zellen, in welche das Pollenkorn sich vorübergehend theilt. Beim völligen Ausreifen des Pollenkornes verschwinden beide Zellkerne und vertheilen ihre Massen gleichmässig im übrigen Plasma des Pollenkornes.

Wir haben somit auch bei den Malvaceen die Erscheinung der Pollentheilung zur Bildung eines ephemeren „männlichen Prothalliums“, welches hier durch die „vegetative“ kleine Pollenzelle **v** repräsentirt wird, ein Aequivalent des 1- oder mehrzelligen vegetativen Körpers, welcher bei der 1- oder mehrmaligen Theilung der Pollenzelle bei den Nacktsamigen nebst der grossen, „reproductiven“, pollenschlauchtreibenden Zelle resultirt (vergl. in der Tafel „*Pinus Laricio*“ Fol. **A** Fig. **7 A** die beiden Pollenzellen **v** und **an**). Die Prozesse der Zelltheilung, wie sie beim Keimen der Microsporen mancher höherer Gefässkryptogamen beobachtet werden, wiederholen sich also nicht nur bei den niedrigsten Blütenpflanzen, bei den Gymnospermen, sondern auch bei den höchst organisirten Angiospermen, nämlich den Dicotyledonen; freilich werden hier die Vorgänge noch mehr vereinfacht, als es bei den Gymnospermen geschieht; aber sie sind doch noch deutlich genug, um die genetische Beziehung zwischen den höchsten Blütenpflanzen und den Kryptogamen zu verrathen.

Die weitere Entwicklung der jungen Pollenkörner von dem in Fig. **1** Fol. **B** dargestellten Stadium ab ist im Wesentlichen nun bloss noch ein Wachsen des Ganzen und eine Differenzirung der Pollenhaut. Nach und nach erscheinen die Membransubstanzen der Pollenmutterzellen mehr und mehr homogen; die Schichtung verschwindet und die ganze Hülle (Fig. **2** Fol. **B**) der Tetraden wird aufgelöst, um als homogene Schleim- oder Gallertmasse die unmittelbare Umgebung der nun frei im Pollenfach liegenden Pollenkörner zu bilden (Fig. **6** Fol. **B**). Zum weitem Wachstum der sich nun rasch entwickelnden Pollenkörner liefern die in Auflösung gehenden Tapetenzellen und die dem gleichen Schicksal unterliegenden Zellen der nächstfolgenden Wandschicht der Anthere das nöthige Baumaterial. In Folge dieser Auflösung der zwei den

ursprünglichen Pollenmutterzellen zunächst liegenden Wandschichten erfüllt sich der grösser werdende Raum des Pollenfaches mit einem von Körnchen durchsetzten, zähen, fadenziehenden Schleim (sch sch Fig. **6** Fol. **B**), der den ganzen Raum zwischen den freiliegenden Pollenkörnern einerseits und der fibrösen Wandschicht (**f** und **f'**), Fig. **6**) anderseits occupirt.

Gleichzeitig mit der Vergrösserung der Anthere (vergl. Fig. **2** Fol. **A** mit Fig. **3** und **4** Fol. **B**) vervielfacht das einzelne Pollenkorn seine Dimensionen. Von dem Augenblicke an, da die zarte Pollenmembran (**m** m Fig. **1** Fol. **B**) zum ersten Mal als doppelt concurtirte Haut wahrnehmbar wird, bis zur völligen Ausreifung des Pollenkornes wird der Durchmesser des letzteren um das Dreifache (von 34,7 Micromillimeter auf 140—160), ja sogar auf das Vier- und Fünffache gebracht. — Es ist bekannt, dass die Pollenkörner der Malvaceen zu den grössten des Pflanzenreichs zählen. Jedes einzelne reife Korn ist schon dem unbewaffneten Auge leicht erkennbar, da ja auf die Länge eines Millimeters nur circa 7 reife Körner an einander gereiht werden können.

Schliesslich haben wir noch der Differenzirung der Pollenhaut zu erwähnen. Im Anfang, da sie zum ersten Mal als Membran wahrgenommen wird, erscheint sie glatt, homogen, ungeschichtet. Im reifen Zustande dagegen zählt die Pollenhaut der Malvaceen zu den höchst differenzirten Membranen (Fig. **6** Fol. **B**). Schon bei schwacher Vergrösserung (40—50-fach) erscheint die Oberfläche des kugeligen Pollenkornes von zahlreichen, in regelmässigen Abständen vertheilten Stachelchen besetzt (Fig. **4**, **6** und **8** Fol. **B**). Bei Anwendung stärkerer Objectivsysteme (400—500-facher Vergrösserung) erweist sich die Pollenoberfläche in den Räumen zwischen den Stachelchen von kleinen dichtstehenden Kreisen punctirt. Mitten in diesen punctirten Zwischenfeldern sieht man je einen grösseren, helleren Kreis von etwas geringerem Umfang als die Basis der Stachelchen. Wir bezeichnen diese, ungefähr in gleicher Zahl wie die Stachelchen vorhandenen grösseren Kreise mit dem Ausdruck „Keimporen“, (**kp kp** Fig. **6** Fol. **B**), weil an diesen Stellen beim Keimen des Pollenkornes die Schläuche hervorbrechen.

Diese eigenartige Zeichnung der Pollenaussenfläche wird leicht durch den Querschnitt eines einzelnen Pollenkornes verständlich, wie wir ihn in **Q'** und **Q''** Fig. **6** Fol. **B** dargestellt haben. Bei **Q'** ist der Inhalt des Pollenkornes nur fragmentarisch dargestellt, dagegen sind alle Erscheinungen der Pollenhaut in natürlichen Verhältnissen und in natürlicher Färbung zur Anschauung gebracht. Die Pollenhaut besteht aus zwei wesentlich verschiedenen Theilen:

- a) aus der farblosen Intine **K**, welche den Polleninhalt direkt umschliesst und
- b) aus der blassröthlichen Exine **E**, welche in verschiedene Schichten und in verdünnte und verdickte Stellen differenzirt ist.

Die Exine (**E** Fig. **6**), die äussere, derbe, gefärbte Pollen-Membran ist relativ sehr dick und besteht aus drei verschiedenen Schichten: die äusserste, dünnste Schicht ist die eigentliche Cuticula **Cu**. Unmittelbar unter der Cuticula liegt eine etwas dickere, anscheinend aus Stäbchen zusammengesetzte Schicht **St**,

welche scheinbar von feinen, senkrecht zur Pollenoberfläche stehenden Kanälchen durchzogen wird, wir nennen sie die Stäbchenschicht. Hierauf folgt als dritte die innerste und mächtigste Schichte der Exine, die trotz ihrer Dicke homogen erscheint (**H** in Fig. 6 Fol. B).

Die zapfenförmig der Exine eingefügt erscheinenden Stacheln entspringen der mittleren (oder Stäbchen-) Schicht, wie gelegentlich zu Tage tritt, wenn beim Durchschneiden der Pollenkörner solche Stacheln isolirt herausgerissen werden. Diese letzteren stehen mit abgestumpfter Basis auf der Grenze zwischen der zweiten und dritten Exinenschicht, während ihr spitz nach Aussen vorragender oberer Theil die dünne Cuticula **Cu** durchsetzt.

Nun zeigen sich aber im Querschnitt der ganzen Exine in regelmässigen Abständen verdünnte Stellen, welche den Charakter von Porenkanälen anderer stark verdickter Membranen annehmen und passend als Exinenkanäle (**Ek Ek** Fig. 6) zu bezeichnen sind. Sie entsprechen den oben signalisirten Keimporen und reichen von der dünnen Cuticula an, von welcher sie überspannt sind, durch die ganze Dicke der Exine verlaufend, bis in das Niveau des Polleninhaltes; nach Innen erweitern sie sich trichterförmig.

Aber diese Exinenkanäle werden von zapfenförmigen Verdickungen der farblosen, dünnen Intine ganz ausgefüllt. Die Intine **K** ist nämlich keineswegs überall zart und gleich dick, sondern überall dort, wo sie Exinenkanäle **Ek** überspannt, sowohl nach Aussen als gegen das Pollen-Innere hin stark verdickt. Die nach Aussen vorspringenden Intine-Verdickungen bilden eben die, jene Exinen-Kanäle ausfüllenden Zapfen, welche bis unmittelbar unter die dünne Cuticula nach Aussen ragen, während die nach Innen vorspringenden Intine-Verdickungen (**lz lz**) warzenförmig oder halbkugelig in den Pollen-Inhalt vorspringen und sozusagen die abgerundete Basis der Intine-Zapfen darstellen. Wie bereits bemerkt, ist nur die Exine blassroth gefärbt, die Intine mit ihren Zapfen dagegen farblos; letztere besteht aus reiner Cellulose, jene ist mehr oder weniger stark in ihrer ganzen Dicke cuticularisirt.

In der Mitte des rechtsliegenden Pollenfaches von Fig. 6 Fol. B habe ich einen durch Anilin gefärbten dünnen Querschnitt des Pollenkornes dargestellt, um zu zeigen, wie verschieden sich die einzelnen Partien der Pollenhaut bei der Färbung verhalten. Die zwischen den Zapfen sehr dünne Intine färbt sich blassroth und schimmert bei guter Beleuchtung röthlichgelb. Im Gegensatz dazu erscheint die mächtige innerste Schichte der Exine prächtig purpurn; noch intensiver erscheint die Stäbchenschicht gefärbt, während die frei vorspringenden Exinenstacheln nur mässig roth gefärbt sind.

Es ist mir, wie leicht verständlich, nicht gelungen, in Pollen-Querschnitten die Zellkerne des Polleninhaltes zur Ansicht zu erhalten. Sie verschwinden ja, wie bereits oben bemerkt, beim völlig ausreifenden Pollenkorn und verbreiten ihre Substanz im übrigen plasmatischen Inhalt. Ich habe sie deshalb auch nicht gezeichnet, wohl aber die kleinen, unregelmässig geformten Stärkekörnchen, welche anscheinend die Hauptmasse des Polleninhaltes darstellen.

Wenn die Antheren reif sind, so öffnen sie sich

unmittelbar, nachdem sich die Kronblätter bei beginnender Anthese aus einander wickeln und der trockenen Atmosphäre Zutritt zum Androeceum gestatten. Vor dieser Zeit ist die Hauptmasse des zähen Schleimes, der nebst den Pollenkörnern die Antherenfächer erfüllte, von den grossen Fortpflanzungszellen aufgezehrt worden. Nur ganz dünne Schleimschichten, die letzten Reste der aufgelösten Pollenmutterzellen- und Tetraden-Membranen, adhären noch der Oberfläche der einzelnen Pollenkörner und erhalten letztere noch mehr oder weniger feucht und in lockerem Zusammenhang (Fig. 8 und 9 Fol. B). Entfernt man solche freigeordnete, locker zusammenhängende Pollenkörner mit der Präparirnadel aus der Blüthe und bringt sie unter das Microscop, so überzeugt man sich alsbald von der fadenziehenden Beschaffenheit des die Pollen befeuchtenden und cohärent erhaltenden Schleimes (**sl** Fig. 9). Auffallend ist das Verhalten des letzteren bei Zusatz von Zuckerwasser oder Glycerin: Pollenkörner, die längere Zeit in diesen Flüssigkeiten liegen, zeigen nach wenig Stunden eine blasig-schaumige bis netzartige Schleimhülle (**slh** Fig. 10 Fol. B), welche nur die lebhaft Glycerin- oder Zuckerwasser-aufnehmende, natürliche Schleimhülle des frischen, reifen Pollenkornes sein kann. Aehnliches beobachtet man an Pollenkörnern, die längere Zeit auf der feuchten Narbe (Fig. 8 Fol. B) gelegen haben und hier mit der zwischen den Narbenfanghaaren liegenden Narbenfeuchtigkeit in Berührung kamen. Aber noch auffälliger ist die Thatsache, dass die Pollenkörner von *Lavatera trimestris*, in Zuckerwasser von passender Verdünnung liegend, zahlreiche — oft 12 bis 20 oder 30 — Pollenschläuche (**ps ps** Fig. 10) treiben. Ein Gleiches habe ich an zahlreichen Pollenkörnern beobachtet, die im Freien von Bienen auf die Narben älterer Blüten gebracht wurden, wie aus Fig. 8 Fol. B zu ersehen ist. Hierbei konnten Pollenschläuche in allen Stadien anfänglicher Entwicklung gesehen werden (vergl. **ps** und **ps** Fig. 8): solche, die bereits ins lebende Griffelgewebe (**G**) eindringen, wie andere, die kaum die Länge eines Narbenaars hatten und dritte, welche erst eine Papille darstellten. Wie ich nachträglich aus der oben citirten neuesten Arbeit Strasburger's ersehe, finden dieselben Vorgänge auch bei *Malva crispa* statt.

Es ist bekannt, dass bei Pollenkörnern mit local verdünnter Exine und entsprechend verdickter Intine die letztere an mehreren Stellen zugleich die dünne Aussenmembran sprengt, um sofort in Pollenschläuche auszuwachsen. Bei *Lavatera trimestris* scheint es Regel zu sein, dass die der bestsituirten und bestgenährten Seite des Pollenkornes angehörenden Intinezapfen gleichzeitig oder rasch nach einander die dünne Cuticula über den Exinencanälen sprengen und in eben so viele Pollenschlauchanlagen auswachsen, als eben Keimporen gesprengt werden. Ohne Zweifel liefern die dicken Intinezapfen das erste Baumaterial zu den jungen Pollenschläuchen; aber es ist noch zu ermitteln, ob wirklich von einem und demselben Pollenkorn aus zu gleicher Zeit oder nach einander mehrere Pollenschläuche abwärts durch den Griffel hinunter und bis zum Fruchtknoten wachsen, oder ob nur ein einziger die andern Schläuche deselben Pollenkornes überholt und schliesslich allein sein Ziel erreicht. Der letztere Fall scheint mir der wahrscheinlichste zu sein;

denn es ist nicht abzusehen, warum mehrere Pollenschläuche in den Fruchtknoten, resp. in das einzige Fach mit der einzigen Samenknospe hinunterwachsen sollen, da ja für jede im Gynaeceum von *Lavatera* vorhandene Samenknospe ein ganzer Griffel vorhanden ist, der oft von Dutzenden keimender Pollenkörner belegt erscheint (vergl. **po** in Fig. 7 Fol. B). Die Nothwendigkeit der Bildung zahlreicher Pollenschläuche ist also nicht ersichtlich, da kein Fall denkbar, wo die mehreren Pollenschläuche eines einzelnen Kornes zu mehreren Samenknospen gelangen könnten.

Im Anschluss hieran mag schliesslich noch der Zahl der in einer Blüthe zur Entwicklung gelangenden Sexualzellen erwähnt werden. Jede der 80—100 zu einem Androeceum von *Lavatera trimestris* zählenden Antheren bildet durchschnittlich 100—110 wohl entwickelte Pollenkörner. Die Gesamtzahl der in einer einzelnen Blüthe heranreifenden Pollenkörner beträgt demnach 8000—11000, während das Gynaeceum bloss 15—20 Carpelle und ebenso viele zu befruchtende Samenknospen (resp. Eizellen) enthält. Hieraus ist ersichtlich, dass mindestens 400 mal mehr Pollenkörner gebildet werden, als Eizellen zu befruchten sind. Diese Zahl erscheint verhältnissmässig gross, sie ist aber verschwindend klein gegenüber der Unmasse von Pollenkörnern, welche bei windblüthigen Pflanzen gebildet werden. Und daraus ergibt sich von selbst der grosse Vortheil, den die höhern Pflanzen beim Uebergang von der Windblüthigkeit zur Insektenblüthigkeit erreicht haben.

Ueberblicken wir endlich nochmals die wesentlichsten Erscheinungen in der Entwicklungsgeschichte der Pollenkörner und vergleichen wir dieselben mit denjenigen in der Entwicklungsgeschichte der Microsporen von den höchsten Gefässkryptogamen, z. B. von *Selaginella helvetica* (vergl. die Tafel dieses Namens mit der Tafel „*Pinus Laricio* Fol. A“ und mit *Lavatera trimestris*), so ergibt sich folgende Analogien-Reihe:

1. Die Entwicklungsgeschichte der Anthere ist eine Wiederholung der Entwicklungsgeschichte des Microsporangiums.
2. Der Antheren-Wand entspricht die Wand des Microsporangiums: die Tapetenschicht der jungen Anthere ist die Mantelschicht des jungen Sporangiums. Beiderlei Schichten haben analogen Ursprung und gleiches Schicksal: sie werden bis zur Sporen- resp. Pollenreife aufgelöst.
3. Die Pollen-Mutterzellen sind nichts Anderes als Sporen-Mutterzellen. Im Ursprung ähnlich, zeigen sie auch im Theilungsmodus übereinstimmende Erscheinungen: die Mutterzellen der Microsporen von *Selaginella helvetica* theilen sich regelmässig in 4 Tochterzellen: die jungen Microsporen. Die Pollen-Mutterzellen segmentiren sich in auffallend ähnlicher Weise in je 4 Tetraden, aus denen die jungen Pollenkörner hervorgehen. In beiden Fällen ist die Theilungsart — bei den Gefässkryptogamen, wie bei den Blütenpflanzen — eine vorwiegend tetraëdrische.
4. Demnach entspricht das Pollenkorn einer Microspore, die Anthere ist ein Microsporangium.
5. Die Ausbildung der Microsporen und Pollenkörner, sowie ihre Bekleidung im reifen Zustande ist eine auffallend übereinstimmende: die derbe Exine entspricht dem derben Exosporium, die zärtere, farblose Exine entspricht dem zarten, farblosen Endosporium.
6. Die bleibende, oder auch vorübergehende Theilung der Pollenzelle vor dem Ausreifen des Pollens entspricht dem Theilungsvorgang, welcher beim Keimen der Microsporen innerhalb der letzteren stattfindet, um vorübergehend ein microscopisches, männliches Prothallium zu bilden. Beide Vorgänge führen vorübergehend zur Bildung eines vegetativen Zellkörpers im Innern der Microspore und des Pollenkornes.
7. Der Pollenschlauch entspricht dem Antheridium, das sich beim Keimen der Microspore im Innern der letzteren bildet. Beiderlei Organe enthalten das zur Befruchtung notwendige männliche Protoplasma. Bei den Microsporen nimmt letzteres die Gestalt von selbstbeweglichen Spermatozoiden an; die Bildung der letztern unterbleibt beim Keimen der Pollenkörner: hier treten die im Pollenschlauch gegen die Eizelle hinwandernden zwei Zellkerne des Pollens oder die Substanzen der vorher aufgelösten Zellkerne an die Stelle der Spermatozoiden bei den Gefässkryptogamen.

Eine weiter durchführbare Analogisirung überlassen wir der Initiative unserer „Atlas“-Freunde.

Fol. A.

Fig. 1 a. Ein blühender Zweig von *Lavatera trimestris* in nat. Grösse, mit einer Blüthe **A** im ersten, männlichen Stadium, einer Blüthe **B** im zweiten, weiblichen Stadium der Anthese, einer abwelkenden Blüthe **C** und einer jungen Frucht **E**; **D** — ein isolirtes Kronblatt mit dem Saftmal **sm** und den Haarbärtchen (Saftdecken) **h**.

Fig. 1 b. Eine Einzelblüthe im Beginne der Anthese, die in der Knospenlage gedrehten Kronblätter **C C** öffnend. **K** — eigentlicher Kelch. **Ak** — Aussenkelch. Vergrösserung 2,5.

Fig. 1 c. Eine ca. 4½ Millimeter dicke Blütenknospe mit dem zur Hälfte entfernten Aussenkelch **Ak** und **Ak'** bei 9½facher Vergrösserung. **kz, kz** — die drei kapuzenartig ausgezogenen Zipfel des Aussenkelches. **K** — eigentlicher Kelch.

Fig. 2. Androeceum und Blüthenscheitel einer ca. 2 Millimeter dicken Blütenknospe im senkrechten Längsschnitt. **Cr Cr** — Kronblattanlagen. **RR** — tonnenförmige Staubblattsäule, in deren Mitte der Blüthenscheitel **S**. **an an** — junge Antheren. **uz uz** — Urmutterzellen des Pollens. Vergr. 360.

Fig. 3. Einzelne Anthere von dem in Fig. 2 dargestellten Androeceum, senkrecht zur Längsaxe der Antherenfächer geschnitten. **fil** — Filament-Anlage. **ep ep** — Epidermis der Anthere; **uz uz** — Pollen-Urmutterzellen der beiden Pollenfach-Anlagen. Vergr. 1725.

Fig. 4. Eine ebensolche Anthere im optischen Längsschnitt des einen der beiden Pollenfächer, also das in Fig. 3 dargestellte Objekt um 90° ge-

dreht. *t t t* — Tangentiale Theilungswände der Antheren-Wandzellen. Die übrigen Bezeichnungen wie in Fig. 3. Vergr. 1725.

Fig. 5. Ein etwas späteres Stadium desselben Objektes, wie in Fig. 3. Im linken Pollenfach ist die dickwandige Pollenmutterzelle *PM* noch ungetheilt, sie zeigt aber zwei Zellkerne *N N*. Im rechtsliegenden Fach ist die dickwandige Pollenmutterzelle *PM* während ihrer Theilung in die Tetraden dargestellt. *vd vd* — Verdickungsleisten der Pollenmutterzellwand. *Ta Ta* — Tapetenzellen, *z z* — nächstfolgende Wandschicht; *fi fi* — fibröse Schicht; *ep* — Epidermis, *pm* — primäre Membran der Pollenmutterzelle. Alle Zellen des ganzen Objektes besitzen einen deutlichen Zellkern und körniges Plasma. Vergrößerung 1725.

Fig. 6. Vier, beim Schneiden einer jungen Anthere frei gewordene, aber noch zusammenhängende und auf der einen Seite noch mit den Resten der Tapetenzellen *Ta Ta* bekleidete Pollenmutterzellen, unmittelbar vor ihrer Theilung in Tetraden. In dreien der Pollenmutterzellen hat sich in Folge Einwirkung der Zuckerlösung, in welcher das Objekt beobachtet wurde, der plasmatische Inhalt etwas contrahirt und von der Membran *pm* zurückgezogen. In der untern Zelle *PM* sind erst 2 Kerne, in den andern (*PM*) dagegen 4 Zellkerne vorhanden. Vergrößerung 1725.

Fig. 7. Eine ganz frei gewordene, isolirte Pollenmutterzelle kurz nach der Theilung in die Tetraden *te*. Jeder der vier kugeligen Plasmakörper enthält einen Zellkern mit 2 Kernkörperchen. Vergrößerung 1725.

Fig. 8. Fragment eines Antherenfaches mit den abgerundeten 2 Pollenmutterzellen *PM* und *PM'*, kurz nach deren Theilung in Tetraden *te te*. In der Antheren-Wand sind die Tapetenzellen *Ta* und die übrigen zwei Wandschichten *z* und *fi*, sowie die Epidermis *ep* leicht wieder zu erkennen. In den 2 Kernkörperchen der Tetradenkerne ist je ein stark lichtbrechendes Körperchen wahrnehmbar. Vergr. 1725.

Fol. B.

Fig. 1. Eine isolirte Pollenmutterzelle mit den von ihrer Membran *pm* umschlossenen jungen Pollenkörnern, die sich bereits mit der jungen Haut *m* bekleidet haben. *N N* — die kugeligen Zellkerne der grossen Pollenzellen. *V V* — die kleinen, „vegetativen“ Zellen des vorübergehend durch die uhrglasförmige Plasmawand *v v* getheilten Pollenkornes. Vergrößerung 1725.

Fig. 2. Eine isolirte Pollenmutterzelle, aus welcher die 4 Pollenzellen ausgetreten sind. Die Membranmasse hat ihre Schichtung verloren und ist durchaus homogen (Stadium vor der Auflösung). Vergrößerung 1725.

Fig. 3. Eine noch junge, doch schon ziemlich weit entwickelte Anthere *Ant* mit dem zugehörigen Filament *fil* und den durch die Wand schimmernden Pollenkörnern *Po*. Das Objekt wurde

unmittelbar vor der Anfertigung dieser Zeichnung frisch aus einer Knospe präparirt und in Zuckerwasser gelegt. Die Zeichnung ist mit Hilfe des Prisma's bei durchfallendem Lichte angefertigt worden. Vergrößerung 120.

Fig. 4. Eine nur wenig jüngere (als die in Fig. 3 dargestellte) Anthere, von der obern, convexen Seite gesehen. Das Object lag vor Anfertigung der Zeichnung eine Nacht in Glycerin. *N* — die Rissnath der Anthere. Die Membran der Pollenkörner zeigt jetzt schon Stachelchen und ist durch die Einwirkung des Glycerins hellgelb geworden. Vergrößerung 150.

Fig. 5. Das Androeceum im reifen Zustand beim Beginn der Pollen-Entleerung. *ant* — Antheren (die, dem Beschauer zunächst liegenden Staubbeutel sind von den Filamenten abgeschnitten worden). *as* — Staubblattsäule; *fil fil* — Filamente; *po* — entleerte Pollen. *dd* — Basaltheil der Staubblattsäule. *Gs* — Griffelsäule, die sich über dem Nectarium *N* aufwärts ins Innere der Staubblattsäule fortsetzt. Vergrößerung 25.

Fig. 6. Querschnitt durch eine fast reife Anthere. Die beiden Fächer sind erfüllt von den Pollenkörnern und der Schleimmasse *sch*, welche beim Auflösen der Pollenmutterzellen und der Tapeten- und zweiten Wandschichte resultirte. Im linken Fache unversehrte Pollenkörner, im rechten Fache über drei tiefer liegenden unversehrten Pollenkörnern zwei Querschnitte *Q'* und *Q''* durch solche, um die Differenzirung der Pollenhaut zu zeigen. *K* (beim Pollenquerschnitt *Q'*) — die Intine; *E* — die Exine; *Cu* — Cuticula, *St* — Stäbchenschichte, *H* — innerste (dritte) Schichte der Exine. *lz lz* — Intinezapfen, welche die Exinekanäle *Ek* ausfüllen. *kp* — die Keimporen an der Peripherie der Exine. *ep ep* — Epidermis; *fi fi* — fibröse Schicht unter der Antheren-Epidermis; *fi' fi''* — fibröse Schicht im Mittelstück; *z' z''* — unverdickte Zellschicht im Mittelstück der Anthere. *N* — die Rissnath der Anthere mit den papillös ausgewachsenen Epidermiszellen. Vergrößerung 1000.

Fig. 7. Der Geschlechtsapparat einer im zweiten, weiblichen Stadium stehenden Blüthe bei 9-facher Vergrößerung. *st* — Blütenstiel, der sich nach oben in die mit dem Nectarium *N* abschliessende Säule *S* verlängert. *Ak Ak* — Theile des Aussenkelches; *K K* Kelchblätter; *Cr Cr* — Kronblätter im Längsschnitt. *Cb Cb* — Insertionsstellen der am Grunde unter sich und mit der Staubblattsäule *as* verwachsenen Kronblätter. *sk sk* — Samenknochen. *dd* — Schnittfläche der tangential angeschnittenen Staubblatt-Säulenbasis. *an an* — verwelkte und entleerte Antheren, der Pollen längst von Insekten weggeschleppt. *G G* — die schlanken, im obern Theile freien divergirenden Griffel mit reichlichen Pollenkörnern *Po* auf den Haarleisten der feuchten Narbe.

Fig. 8. Fragment eines Griffels *G*, dessen rechte Seite die mit Narbenfeuchtigkeit *f* und mit Fang-

haaren **h h** bedeckte Narbenleiste trägt. **Po Po** — zwei von den Narbenfanghaaren **h h** und der Narbenfeuchtigkeit **f f** festgehaltene und Pollenschläuche bildende Blütenstaubkörner, welche von Insekten hieher geschleppt wurden. **ps ps** — längere Pollenschläuche; **ps' ps'** — kürzere Schläuche. **ep** — fadenziehender zäher Schleim, welcher die Pollenoberfläche zwischen den Stachelchen bedeckt und gelegentlich zwischen den Stachelchen benachbarter Pollenkörner ausgespannt ange-
troffen wird. Vergrößerung 350.

Fig. 9. Neun locker durch Schleimfäden **sl** zusammenhängende Pollenkörner kurz nach der Entleerung der Anthere. Die 4 rechts liegenden Körner stehen durch mächtigere Schleimmassen in engerem Zusammenhang. Vergr. 120.

Fig. 10. Ein einzelnes, längere Zeit in Zuckerlösung gelegenes Pollenkorn mit zahlreichen Schläuchen **ps ps** und schaumig gequollenem Schleim-
Ueberzug **slh**. Vergrößerung 435.

(Alle Figuren wurden vom Herausgeber nach dem Leben gezeichnet).

- Literatur: Nägeli, Carl.** Entwicklungsgeschichte des Pollens (1842) in: Zeitschr. für wiss. Bot. Heft I. 1844. und " " " " Heft III. 1846.
- Duchartre.** Sur l'organogénie de la fleur des Malvacées. Comptes rendus 1844 und: Ann. d. sc. nat. III. Série. Vol. IV. Pag. 123 ff. 1845.
- Schacht.** Die Pflanzenzelle. 1852 pag. 58 ff. (Bildung des Pollens bei *Althaea rosea*.)
- Schacht.** Ueber den Bau einiger Pollenkörner, in Pringsheim's Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. II.
- Pringsheim.** Die Pflanzenzelle. 1854 pag. 50 ff. (Ueber simultane Theilung der Pollenmutterzellen bei *Althaea rosea*).
- Hofmeister.** Die Lehre von der Pflanzenzelle. Pag. 157 ff. 1867.
- Payer.** Traité d'organogénie comparée de la fleur. Paris 1857.
- Hofmeister.** Allgemeine Morphologie. Pag. 505. 1868.
- Dippel.** Das Mikroskop. Pag. 54 ff. 1869.
- Chatin, Adolphe.** De l'Anthère, etc. avec XXXVI. pl. Paris 1870.
- Russow.** Vergleichende Untersuchungen der Leitbündelkryptogamen. (Memoiren der Petersburger Academie. VII. Serie. Bd. 19. Nr. 1. 1872.
- Warming.** Untersuchung über Pollen bildende Phyllome und Kaulome, in Hanstein's Botan: Abhandl. Bd. II. Heft 2. Bonn 1873.
- Sachs, Julius.** Lehrbuch der Botanik, IV. Aufl. Pag. 533 ff & pag. 14—16, ferner pag. 529. 1874.
- Strasburger, Eduard.** Zellbildung und Zelltheilung. Pag. 128—135. 1875.
- Frank.** Ueber die Entwicklung einiger Blüten, in Pringsh. Jahrbücher für wiss. Bot. X. Bd. 1875/76.
- Strasburger, Eduard.** Befruchtung und Zelltheilung. Pag. 14 ff. 1878.
- Eichler.** Blüthendiagramme. II. Theil. Pag. 277 ff. 1878.
- Müller, N. J. C.** Handbuch der Botanik. II. Bd. Pag. 441—445. 1880.
- Lürssen.** Grundzüge der Botanik. III, Aufl. Pag. 350 ff. 1881.
- Lürssen.** Medicinisch-pharmaceutische Botanik. II. Bd. Pag. 216 ff. 1879—1882.
- Sachs.** Vorlesungen über Pflanzenphysiologie. pag. 120. 1882.
- Göbel, K.** Grundzüge der Systematik und speciellen Pflanzen-Morphologie. pag. 405—417. 1882.
- Strasburger, E.** Ueber den Bau und das Wachsthum der Zellhäute. Jena 1882.
- Derselbe.** Ueber den Theilungsvorgang der Zellkerne und das Verhältniss der Kerntheilung zur Zelltheilung. Bonn 1882.

Lilium Martagon L.

(Türkenbund-Lilie.)

(Zwei Tafeln: Fol. A. und Fol. B.)

Während wir auf der Ophrys- und der Salvia-Tafel dem Insektenbesuch speciell angepasste, unregelmässige Blüten der Mono- und der Dicotylen-Klasse dargestellt und gezeigt haben, dass dort nur unter der Mitwirkung von honigsuchenden Insekten Befruchtung stattfinden kann, geben wir in den beiden vorliegenden Tafeln **A** und **B** die Morphologie und Bestäubungs-Physiologie einer regelmässigen Monocotylen-Blüte, die dem Insektenbesuch ebenfalls angepasst, aber keineswegs so differenziert ist, dass sie nur bei Fremdbestäubung Samen zu bilden vermöchte, sondern im Gegentheil auch bei ausbleibendem Insektenbesuch, durch Selbstbestäubung mit Erfolg befruchtet wird.

Lilium Martagon L., die Türkenbundlilie, ist über einen grossen Theil der bergigen Gegenden Europa's verbreitet und findet sich namentlich gerne auf steinigem Abhängen in den Alpen, sogar in einer Höhe von 1200 bis 1500 Meter über Meer (Sentis, Pilatus, Rigi), in den Voralpen auch in Wäldern und Gebüschern der in die Ebene ausmündenden Täler, z. B. bei Zürich im Sihlthal und massenhaft am Fusse des Uetlibergs. Der oberirdische Stengel erreicht eine Höhe von 60 bis 140 Centimeter und ist im untern Theil, wie dicht unterhalb des Blütenstandes nur wenig beblättert. Die lanzettlichen oder spatelförmigen Laubblätter stehen an diesen Stengeltheilen isolirt, zerstreut, in einer Spirale auf einander folgend, im mittleren Theil des Stengels dagegen stehen sie dicht beisammen, einige bis mehrere Scheinquirle von je 6 bis 10 Blättern darstellend, immerhin aber wendeltreppenartig angeordnet. Zwischen diesen Scheinquirlen fehlen jedoch selten auch einzeln stehende Blätter (vergl. Tafel **A**, Fig. 1., wo nur der oberste Laubblattquirl dargestellt ist). Der Stengel endet oben in den Blütenstandstiel mit den in eine Traube angeordneten 3 bis 12 Blüten, von denen jede anscheinend in der Achsel zweier Hochblätter steht. Die untersten Blüten sind in der Regel die vollkommensten, am schönsten entwickelt, während die obersten Knospen nicht selten abortiren.

Die Lilienblüte gehört zu den regelmässigsten Blumen der Monocotylen-Classe. Mit den 3 äussern Perigonblättern alternirt der innere Blumenblattkreis (vergl. Tafel **A**, Fig. 2). Darauf folgt der äussere Staubblattkreis, dessen 3 Blätter zwischen den innern Perigonblättern stehen, während der zweite, innere Staubblattkreis, mit dem vorhergehenden ebenfalls alternirend, mit den innern Blumenblättern correspondirt. Die Basis der innern Staubblätter wird von den Honigfurchen der innern Blumenblätter im Knospenzustand umfasst. In der Mitte steht der Fruchtknoten, dessen 3 Blätter hinwieder mit dem innern Staubblattkreis alterniren. Er besitzt schon im Blütenzustand 6 Furchen, die mit den 6 Staubblättern correspondiren.

Beim Oeffnen der eiförmigen nickenden Blütenknospen treten die abwärts gerichteten Spitzen der 6 kronartig gefärbten Perigonblätter seitlich, nach allen Richtungen divergirend, auseinander und biegen sich die einzelnen Blätter so, dass ihre Spitzen einen Halbkreis beschreiben und zuletzt am gebogenen Blütenstiel zusammenschlagen.

Die dicken fleischigen Blumenblätter sind länglich-eiförmig, beiderseits blass purpurn bis schmutzig-roth gefärbt und namentlich auf der Oberseite (Innenseite) mit dunkeln purpurnen Flecken ausgestattet, welche jedoch gegen die Blattspitzen hin ganz fehlen. Die Mittelrippe jedes Perigonblattes ist an der Basis in ein Nectarium verwandelt, das die Gestalt einer Furche besitzt, die bei der offenen Blüte rechts und links von einem Gewebewulst begrenzt und vollständig wie ein geschlossener Canal überwölbt wird (vergl. Tafel **A**, Fig. 2 n n und Fig. 3 das Perigonblatt, an dem der Schmetterling saugt). Die Honigfurchen der 3 innern Perigonblätter mündet an der Basis in die Insertion der 3 mit ihnen correspondirenden Staubblätter. Nach oben öffnen sich dagegen die Honigfurchen sämtlicher Blumenblätter in die Mittellinie des gefleckten Perigonblatttheiles, indem die Gewebewülste rechts und links von der Honigfurchen aus einander tretend und divergirend allmähig in die übrige Blattfläche auslaufen. Die Sohle der Honigfurchen ist grünlich gefärbt und es enthalten die Gewebe unter der Epidermis dort eine reichliche Menge von Chlorophyllkörnern. Diese Organe sind denn auch die eigentlichen Nectarien, die unmittelbar nach dem Oeffnen der Blüte in wirksame Funktion treten. Kurze Zeit, nachdem die Perigonblätter ihre Knospelage verlassen haben und sich rückwärts zu krümmen beginnen, sieht man an der obern Mündung der Honigfurchen über den grünlichen Stellen der Blattmittelrippe kleine isolirte Honigtropfen auftreten, die bald — grösser werdend — zusammenfliessen und in kurzer Zeit die ganze Honigfurchen erfüllen, so dass nicht selten an der unberührten Blüte ein einziger grosser Honigtropfen den Eingang zur Nektarfurche versperrt. Am vollständig zurückgeschlagenen Perigonblatt fliesst der Saft durch die Furche hinunter an die Basis der Blütenblätter und kann in grösserer Menge dort nur von langrüsseligen Insekten geholt werden (vergl. die Tropfen an den Mündungen der Honigfurchen bei Fig. 1 und Fig. 3 in Tafel **A**).

Die 6 Staubblätter sind in der sich eben öffnenden Blüte (Tafel **A**, Fig. 1 a) gerade, parallel verlaufend; die Antheren erscheinen in der Verlängerung der Filamente und umgeben mit den letzteren zusammen den Griffel derart, dass man ihn nicht sehen kann. Je mehr sich aber die Perigonblätter rückwärts krümmen, desto lockerer wird die Stellung der Staubblätter; diese krümmen sich nun — während die Antheren immer noch geschlossen sind — ebenfalls nach aussen; der Griffel wird frei und sichtbar. Wenn die Krümmung der Filamente einen gewissen Grad erreicht hat, so öffnen sich die Antheren durch Längrisse (Fig. 1, b und c, und Fig. 3 und 4, Tafel **A**), wobei sich der obere Theil der Filamente derart von den Staubbeuteln losmacht, dass die Antheren nur noch an einer kleinen Stelle auf nicht ganz halber Länge mit der Filament-Spitze in Zusammenhang bleiben. Dadurch gelangen die verstäubenden Antheren in eine balancirende Stellung; dem Zug der Schwerkraft folgend, hängen sie nun an der unberührten Blüte bei Windstille senkrecht abwärts,

die pollenbehafteten, nun auswärts gekehrten Wände der Staubfächer verlaufen in Vertikal-Ebenen und dadurch erscheint der ganze Staubapparat jedem fremden Eingriff von der Seite her exponirt. (Tafel A. Fig. 1, Blüten c, d und e, ferner Fig. 3). Die Epidermiszellen der Staubsäcke sind blass carminroth gefärbt; zwischen ihnen finden sich ziemlich zahlreiche Spaltöffnungen (Fig. 4, auf der Längsansicht der sich öffnenden Anthere). Durch das parenchymatische Gewebe des Connectivs *co* zieht sich ein Strang von Spiralgefässen *g*. Alle übrigen Zellen der Anthere (mit Ausnahme der Pollen) sind mit den bekannten Spiralfasern versehen, wie wir sie so häufig in den Antheren der höhern Blütenpflanzen antreffen. (Auf unserer Fig. 4 sind diese Spiralfasern der Kleinheit der Zellen wegen nicht gezeichnet). Die Innenwand der vier Pollenfächer ist mit einer orangegelben öligen Masse ausgekleidet, welche auch den einzelnen Pollenkörnern anhaftet und immer mehrere beisammenhält. Die Blütenstaubkörner sind daher nie trocken, sondern stets mehr oder weniger mit grössern oder kleinern Oeltropfen bekleidet (Fig. 5) und in grösserer Masse zusammenhängend (cohärent). Der Wind führt also niemals einzelne Pollen vom geöffneten Staubblatt weg, wohl aber vermag er die lose hängenden Antheren leicht in eine balancirende Bewegung zu versetzen, wobei oft grössere Pollenmassen an benachbarte Blüthenheile abgestreift werden, also gelegentlich auch die Narbe bestäubt werden kann. In Fig. 5 sehen wir mehrere Pollenkörner stark vergrössert, um die netzartige angeordneten Erhöhungen der Exine (äussere Membran) zu zeigen. Da die Feuchthaltung der Pollenoberfläche für *Lilium Martagon* eine grosse physiologische Bedeutung besitzt, so leuchtet auch sofort der hohe Werth ein, welcher der netzartigen Zeichnung der Exine beigemessen werden muss. Wäre nämlich die Pollenoberfläche glatt, so würden sich die Oelmassen in grössern Tropfen ansammeln und dabei könnte nicht ausbleiben, dass die Pollenkörner auf dieser oder jener Seite trocken gelegt und somit in geringerem Grade cohärent würden, als es jetzt der Fall ist, da gewöhnlich in jeder Masche der netzförmigen Zeichnung auf der Aussenfläche des Blütenstaubkornes ein kleines Oeltropfchen liegt, so dass eine grössere Menge Oeles über der ganzen Aussenfläche des Kornes verbreitet bleibt.

Der ursprünglich gerade Griffel krümmt sich in der offenen Blüthe immer so, dass die Narbe dem einfallenden Lichte zugekehrt ist; der Griffel ist in hohem Grade positiv heliotropisch. Während die zahlreichen Blüthen vom gemeinsamen Blütenstiel nach allen Richtungen des Horizontes schauen, sehen wir in der Regel die Griffel sämtlicher Blüthen der stärksten Lichtquelle entgegengekrümmt, bei Pflanzen auf der Nordseite eines Gebüsches oder einer Felswand immer gegen Norden, bei freistehenden Pflanzen immer nach Süden. Auch diese Anpassung ist eine sehr nützliche, da die Bestäubung durch honigsuchende Insecten auf diese Weise begünstigt wird.

Am obern Ende des Griffels findet sich die 3lap-pige, tief purpurn gefärbte **Narbe**, deren Epidermiszellen in Papillen und 1- bis 3- bis mehrzellige Haare ausgewachsen sind, welche die ganze Narbenoberfläche bis an den Rand ihrer Wölbung sammtartig bekleiden. Die drei Narbenlappen schliessen dicht zusammen, so dass sie bloss durch enge Spalten, welche auf der

Narbenfläche vom Mittelpunkt aus, um je 120° divergirend, bis an den Rand verlaufen, von einander unterschieden werden können. In jene 3 Spalten hinein setzt sich die haarige und papillöse Narbenfläche fort (Tafel B. Fig. 1). Dicht unterhalb der Narbenwölbung öffnen sich jedoch die 3 Spalten der Narbenlappen in drei parallellaufende und vereinigte Rinnen, so zwar, dass der Griffel bis hinunter in die Nähe des Fruchtknotens von einem 3furchigen Kanal durchzogen wird, der sich unten, an der Basis des Griffels wieder in 3 enge Spalten schliesst (vergl. Tafel B. Fig. 2, wo bei B, C & D die Querschnitte durch den Griffel A dargestellt sind). Die Innenwand dieses trichterförmigen Griffelkanales ist von oben bis unten ausgekleidet mit parallel verlaufenden Längsreihen farbloser Epidermiszellen, deren, an die Höhlung grenzenden Wände gegen den Griffelkanal vorgewölbt sind, so dass diese Zellreihen als mikroskopische Rippen vorspringen, während zwischen ihnen sich feine Furchen hinziehen, in welchen die Pollenschläuche ihren Weg zum Fruchtknoten finden.

Der untere Theil des Griffels geht in den 3blättrigen 3fächerigen Fruchtknoten über. Die 3 Spalten der Griffelbasis (Tafel B. Fig. 2 D) setzen sich in die 3 entsprechenden Fächer des Fruchtknotens fort. Jedes Fach des letztern enthält zwei senkrechte Reihen anatroper Samenknochen, welche ihrerseits senkrecht zur Axe des Fruchtknotens stehen, also horizontal liegen. Die Placenten sind axenständig und durch die Fortsetzung der Spalten des Griffels in zwei Theile getheilt (oder richtiger gesagt: es sind in jedem Fruchtknotenfach 2 Placenten mit je 24–28 Samenknochen in einer senkrechten Reihe). Tafel B. Fig. 3. F & G. Jeder Fruchtknoten zählt $6 \times 24-28$ oder im Ganzen ca. 150 Samenknochen. Auch im Fruchtknoten kann man leicht die charakteristischen, vorgewölbtten Zellen erkennen, zwischen und an welchen herunter die Pollenschläuche wachsen, um den Weg zu den Samenknochen zu finden, jene Zellen, die im Griffelkanal in senkrechten Reihen die Wandung bilden und nach oben, gegen die Narbe hin allmählig in die purpurnen Narbenpapillen und Haare übergehen.

Die Zellen der Epidermis, der Papillen und Haare auf der Narbe sind in unberührten Blüthen sämmtlich von einem carminrothen, purpurnen Inhalt erfüllt, in welchem man leicht einen grossen Zellkern und mehr oder weniger deutlich feinkörniges Plasma unterscheiden kann. (Tafel B. Fig. 1) der Farbstoff des Zelleninhaltes ist jedoch sehr empfindlich; die leiseste Verwundung einer Papillenzelle macht den Inhalt trüb, farblos oder missfarbig. Unter der Epidermis mit den Papillen und Haaren findet sich ein parenchymatisches Zellgewebe mit farblosem Zellsaft, grünen Chlorophyllkörnern und grössern und kleinern Stärkekörnern. Von grosser Wichtigkeit ist die Narbenfeuchtigkeit, die sich an der geöffneten Blüthe alsbald zu erkennen gibt, sobald man die Bestäubung der Narbe für mehrere Stunden verhindert. Alsdann sammelt sich auf der Narbe, zwischen und an den Papillen und Haaren eine fadenziehende, wasserhelle Flüssigkeit, die sich nicht selten zu einem einzigen, die ganze Narbe deckenden Tropfen ansammelt. Durch die Narbenfeuchtigkeit werden die gelegentlich herübergebrachten Pollenkörner festgehalten, zur Keimung veranlasst und zur Bildung

langer Schläuche befähiget. Da die letzteren nicht durch das Griffelgewebe und nicht auf Kosten des letztern abwärts wachsen, sondern von der Narbe an längs der Griffelkanalwandung hingeleiten, so dürfte die Narbenfeuchtigkeit die alleinige Nahrungsquelle des wachsenden Pollenschlauches sein, während bei vielen andern Pflanzen das lockere Gewebe des Griffels, welches von den Pollenschläuchen vorweg aufgelöst wird, indem diese durch jenes hinunterwachsen, nebst der Narbenfeuchtigkeit ein wesentliches Nahrungsmittel für die (wie Pilzfaden wachsenden) Pollenschläuche darstellt.

Sobald das Blütenstaubkorn auf die feuchte Narbe gelangt, nimmt es von jener Feuchtigkeit auf, schwillt an und es beginnt die äussere Membran sich zu öffnen, um der als Papille sich vorstülpenden innern Membran, der auswachsenden Intine Raum zu machen. (Tafel B. Fig. 5). Häufig — aber nicht immer — öffnet sich die Exine beim Keimen des Pollenkornes der Länge nach rissförmig und klaffend, so dass dann die Intine als zarte, glatte Haut unter dem Risse blosgelegt erscheint. (Fig. 4). Dabei kann man sich leicht davon überzeugen, dass der Pollenschlauch im Anfang nur eine papillenartige Erweiterung der Intine darstellt, die nach und nach sich zu einem Schlauch verlängert, in welchen hinein sich auch der Inhalt des Pollenkornes ergiesst. Letzterer besteht aus feinkörnigem farblosem Plasma und 2 Zellkernen. (Tafel B. Fig. 5). Das körnige Plasma ist jedoch im lebenden Pollenkorn und dessen Keimschlauch so reichlich vorhanden, dass es die Zellkerne dem Blick von aussen entzieht. Erst durch Anwendung von Reagenzien gelingt es, die zwei Kerne mit ihren Kernkörperchen zur Anschauung zu bringen, z. B. durch Zuckerlösung, in welcher man die Objekte wochenlang liegen lässt. In einem derartigen Präparat haben wir bei fast sämtlichen Pollenkörnern, die 1½ Stunden auf der Narbe gelegen hatten, sehr deutlich die beiden Zellkerne erkennen können. Bei einigen waren dieselben auch schon bereits in die Pollenschläuche übergetreten. In der Regel zeigt der eine Kern eine längliche, eirunde Gestalt, indess der andere, kleinere fast kugelrund ist. In den wenigen Fällen, da die beiden Zellkerne schon in die jungen Pollenschläuche übergetreten waren, zeigte es sich, dass auch hier, wie Strasburger bei verschiedenen andern Pflanzen gezeigt hat, der grössere Kern dem kleineren vorausging.

Die Pollenschläuche von *Lilium Martagon* wachsen so schnell, dass nach unserer Berechnung der Weg von der Narbe an bis in den Fruchtknoten hinunter in spätestens 48 bis 60 Stunden zurückgelegt sein dürfte, so dass sich per Minute eine Wachstumsgeschwindigkeit von mindestens 7,4 Mikromillimeter ergibt und das Vorrücken der wachsenden Schlauchspitze mit einem guten Instrument direkt gesehen werden müsste.

Es lag nicht in unserer Absicht, die Vorgänge der Befruchtung im Fruchtknoten selbst auf diesen Tafeln zur Anschauung zu bringen, da für die Darstellung dieser intimsten sexuellen Prozesse eine andere Tafel in Anspruch genommen werden soll. Dagegen haben wir auch diesen Anlass benutzt, den wichtigsten Vermittler der Fremdbestäubung bei *Lilium Martagon*, den bei Tag schwärmenden Falter, die langrüsselige *Macroglossa stellularum* in ihrer beliebtesten und erfolgreichsten

Saugstellung zur Anschauung zu bringen. (Taf. A. Fig. 3). Unsere Lilie sondert sehr viel Honig ab, der am leichtesten von langrüsseligen Insekten gewonnen wird. Sie duftet auch angenehm und stark und zwar derart, dass wenige blühende Exemplare hinreichen, um die Atmosphäre eines grossen Zimmers zu würzen und — wie wir durch Experimente constatirt haben — Insekten von Weitem anzulocken. Auch besitzen die Blumen eine bedeutende Grösse und viele Exemplare auch noch so brillante reine Farbtöne, dass sie auch auf die Ferne für das Auge wirken. Alle die angeführten Momente sprechen dafür, dass *Lilium Martagon* speziell der Fremdbestäubung durch honigsuchende Insekten angepasst ist. Das ergibt sich zur Evidenz, wenn wir die Vorgänge beim Auffliegen von *Macroglossa* und beim Honigsaugen dieses Schwärmers an der Lilienblüte im Detail beobachten. Der positive Heliotropismus des Griffels, die gespreizte Stellung der verstäubenden Antheren, die Leichtigkeit, mit welcher jeder nur leise berührte Staubbeutel eine Unmasse von cohärentem Pollen an den berührenden Gegenstand abgibt, die schwebende Haltung des honigsaugenden Schwärmers, der während dieses süssen Geschäftes die schaukelnden Antheren und die Griffeltheile mit den zappelnden Beinen fortwährend berührt und dabei fast immer Fremdbestäubung vermitteln muss, endlich der Bau und die Lage der Honigfurchen — all diese Momente sprechen laut für die Anpassung der Lilie an den Schmetterling. Damit ist keineswegs gesagt, dass *Lilium Martagon* einzig und allein durch *Macroglossa stellularum* bestäubt werde; im Gegentheil haben wir mehrere andere Insekten, Tagsschmetterlinge und Bienen gesehen, die gelegentlich diese Blumen besuchen und wohl auch hie und da befruchten können; allein es ist, wie Dr. Hermann Müller sich ausdrückt, wirklich *Macroglossa* der Hauptvermittler der Fremdbestäubung, der in einer Stunde mehr ausrichtet, als 10 verschiedene andere Tagfalter innerhalb mehrerer Tage.

Wenn der Insektenbesuch aus irgend einem Grunde ausbleibt, so ist auch keineswegs die Befruchtung ganz ausgeschlossen. Selbstbestäubung wird nicht selten durch den Wind veranlasst, indem dieser die ganze schlanke Pflanze in eine schwankende Bewegung versetzt oder die einzelnen Staubblätter zum Schaukeln bringt, wobei gelegentlich die Narbe am gekrümmten Griffel von den nächsten Antheren, also den Staubblättern der eigenen Blüte belegt und in der That auch erfolgreich befruchtet wird. Immerhin wird dieser Fall im Vergleich zu den Fällen der Fremdbestäubung durch *Macroglossa* der seltenere sein.

I. Folium A.

Fig. 1. Habitusbild der blühenden Pflanze in natürlicher Grösse (1/1). Die Einzelblüthen der traubigen Inflorescenz öffnen sich in acropetaler Folge. a Blüthe im ersten Stadium des Oeffnens; die Staubblätter sind noch gerade, parallel verlaufend und umgeben den geraden Griffel. b Blüthe im zweiten Stadium des Oeffnens; die Perigonblätter krümmen sich bereits nach oben, die Staubblätter treten ebenfalls auseinander, der Griffel wird frei. Die Antheren sind noch geschlossen. c Blüthe im dritten Stadium des Oeffnens; die purpurn gefleckten

Perigonblätter exponiren ihre glänzendsten Partien der Seitenansicht; die Staubblätter sind nach aussen gekrümmt und beginnen sich zu öffnen, wobei die Antheren die Schaukelstellung einnehmen, indess der Griffel noch (gerade) abwärts gerichtet ist. **d** und **e** Blüten im vierten und letzten Stadium des Oeffnens; die Perigonblätter sind mit ihren Spitzen am nickenden Blütenstiel angelangt, die Honigfurchen mit Nectar erfüllt und in vollster Thätigkeit; die Staubblätter haben die gespreizteste Stellung eingenommen, die Antheren sind vollständig geöffnet; der Griffel ist heliotropisch gekrümmt, die Narbe dem von links einfallenden Lichte exponirt und schon mit Blütenstaub belegt.

Fig. 2. Empirisches Diagramm der Blüthe in 10facher Vergrösserung ($10\times$), die fünf dreiblättrigen Kreise der Blütenbestandtheile zeigend. **eee** der dreizählige äussere Perigonblattkreis, **iii** der dreizählige innere Perigonblattkreis. **nnn** die Honigfurchen an der Basis der Perigonblätter, die Mittelrippe einnehmend. **aa** — die 6 Staubblätter, von denen die drei äussern mit den Nectarien der äussern Perigonblätter, die drei innern mit den Honigfurchen der innern Perigonblätter correspondiren. Die letzteren umfassen im Knospenzustand mit ihren Seitenwülsten die Basis der innern Filamente. Mit den innern 3 Staubblättern alterniren die zu einem dreifächerigen Fruchtknoten verwachsenen Carpelle, deren Rücken den äussern Staubblättern zugekehrt sind.

Fig. 3. Die in Fig. 1 nach rechts schauende Blüthe **e** bei $6\frac{1}{2}$ facher Vergrösserung ($6,5\times$) mit dem die Fremdbestäubung vermittelnden Schwärmer *Macroglossa stellatarum*, Taubenschwanz. Bei zwei Perigonblättern sieht man den obern Theil der Honigfurchen mit etlichen kleinen Honigtropfen belegt. Das Insekt saugt in schwebender Haltung mit seinem langen Rüssel den Nectar des uns zugekehrten Perigonblattes, wobei es mit den zappelnden Beinen den Griffel **st**, die Narbe **p** und die Filamente **ff** mit ihren Antheren **aa** berührt, hier die Narbe mit dem Pollen einer vorherbesuchten Blüthe belegend, während es gleichzeitig an den verschiedenen Körpertheilen Blütenstaub aus dieser Blume wegführt, um gelegentlich eine dritte Lilienblüthe damit zu befruchten. (Hiebei kann selbstverständlich die Narbe auch gelegentlich mit eigenem Staub belegt werden).

Fig. 4. Querschnitt und Längsansicht einer sich öffnenden reifen Anthere bei 60facher Vergrösserung. **co** — das Connectiv mit dem Gefässbündel **g**. Die Epidermis **e** ist mit blassrothem Inhalt erfüllt. Auf der Längsansicht sieht man die zahlreichen Spaltöffnungen **st**. Jede Antherenhälfte öffnet sich durch einen Längsriss, aus welchem der mit gelbem Oel behaftete Pollen austritt. Die innere Wandung der Pollenfächer ist ebenfalls mit gelben Oelmassen belegt. In einem spätern Stadium des Oeffnens sind die äussern Wände der Antherenfächer

vollständig nach aussen und zurückgerollt, so dass die mit Pollen behaftete Innenfläche der Wand blossgelegt erscheint, wie bei den Antheren in Fig. 3 ersichtlich ist.

Fig. 5. Etliche durch Oeltropfen mit einander zusammenhängende Pollenkörner bei 1000facher Vergrösserung ($1000\times$). Die äussere blassgelbe Membran der Pollenzellen ist nach aussen netzartig verdickt. In den einzelnen Maschen des Netzes findet sich meistens ein kleiner Oeltropfen, so dass das ganze Pollenkorn ringsum von Oel mehr oder weniger befeuchtet ist. Ausser diesen kleinen Tropfen sind es grössere, bald kugelige, bald unregelmässig geformte gelbe Oelmassen, welche die Pollen zusammenhalten und befähigen, an jedem sie berührenden Gegenstand haften zu bleiben.

II. Folium B.

Fig. 1. Fragment des senkrechten Längsschnittes durch die befruchtete Narbe, wobei 2 durch die Spalte **sp sp** von einander getrennte Narbenlappen betroffen wurden. Vergrösserung $1150\times$.

Das parenchymatische Gewebe unter der rothen Epidermis ist farblos; die Zellen desselben enthalten nur grüne Chlorophyll- und farblose Stärkekörner nebst einer wasserhellen Zellflüssigkeit. Die Epidermiszellen der Narbe sind dagegen mit purpurnem Inhalt erfüllt, in welchem je ein grosser Zellkern **n** und feinkörniges Plasma deutlich erkennbar ist. Im obern Theil sind manche Epidermiszellen in Papillen und 2- bis mehrzellige Haare ausgewachsen, deren Zellinhalt ebenso differenzirt ist, wie der Inhalt der nicht ausgewachsenen purpurnen Epidermiszellen. Die 1zelligen Papillen, sowie die oberste Zelle der mehrzelligen Haare sind keulenförmig, während die untern Zellen der mehrzelligen Haare selbst wieder seitlich in Papillen erweitert sind. Auf jedem der beiden hier dargestellten Narbenlappen liegen Pollenkörner, die während der ersten $1\frac{1}{2}$ Stunden, da sie auf der feuchten Narbe lagen, bereits ansehnlich lange Pollenschläuche gebildet haben, welche an und zwischen den Papillenreihen abwärts wachsen in die Trennungsspalte **sp sp**, die ihrerseits sich nach unten in den Griffelkanal fortsetzt. Die mit Oeltropfen behaftete Pollenoberfläche lässt keinen Einblick ins Innere des Pollenkornes zu; auch der feinkörnige plasmatische Inhalt der Pollenschläuche verdeckt uns weitere Inhaltsbestandtheile der wie Pilzfaden wachsenden Schläuche. Manche purpurne Narbenpapillen und Narbenhaare sind von grössern und kleinern unregelmässigen gelben Oeltropfen besetzt, welche von Pollenmassen herühren, die bei der Bestäubung der feuchten Narbe einen Theil des adhären Oeles an die Oberfläche der genannten Narbentheile abgegeben haben.

Fig. 2. A. Fruchtknoten, Griffel und bestäubte Narbe bei 9facher Vergrösserung.

B. Querschnitt durch den obersten Theil des Griffels, dicht unter der Narbe, in der Richtung des obersten Pfeiles geführt, bei 36facher Vergr. ($\frac{3}{4}$). **C.** Querschnitt durch den mittleren Theil des Griffels in der Richtung des zweiten Pfeiles bei Fig. **A**, ebenfalls 36fach vergrössert. **D.** Querschnitt durch den untersten Theil des Griffels, dicht über dem Fruchtknoten. ($\frac{3}{4}$). Die punktirten Linien dieser 3 Theilfiguren **B C & D** berühren im Griffelkanal die correspondirenden Theile der Querschnitte.

Fig. 3. F. Querschnitt durch den mittleren Theil des Fruchtknotens bei 36facher Vergrößerung. In jedem der drei Fächer des Fruchtknotens sehen wir 2 Placenten, jede derselben mit einer senkrechten Reihe von Samenknospen. **G.** Vertikaler Längsschnitt durch den unteren Theil des Fruchtknotens, in jener Ebene geführt, welche in Fig. **F** durch die Linie **x-y** angedeutet ist. Durch diesen Schnitt wurden zwei Fächer des Fruchtknotens mit je einer Vertikalreihe von Samenknospen betroffen. Am Grunde des Fruchtknotens sind die Reste der abgeschnittenen Perigon- und Staubblätter angedeutet (Vergr. $\frac{3}{4}$).

Fig. 4. Zwei in Pollenschläuche ausgewachsene Blütenstaubkörner bei 1100facher Vergrößerung. Die Exine des oberen Pollenkornes ist in Folge des Keimens geborsten und dort im Grund des Risses die farblose Intine blossgelegt.

Fig. 5. Optischer Durchschnitt durch ein Pollenkorn bei beginnender Schlauchbildung 2000fach vergrössert. Im feinkörnigen Inhalt sehen wir zwei Zellkerne, die auf einem spätern Stadium der Schlauchbildung in den Pollenschlauch übertreten. Auf der Aussenfläche der blassgelben Exine haften grössere und kleinere Oeltropfen von orangegelber Farbe.

Fig. 6. Längsschnitt durch die anatropische Samenknope bei 350facher Vergrößerung. **i e** Aeusseres Integument. **ii** Inneres Integument. **m** Mikropyle. **k** — Knospenkerngewebe. **em** — Embryosack; am Scheitel, wie an der Basis des letztern, sieht man Plasmamassen, deren Differenzirung in die Zellen des Eiapparates und der Gegenfüsslerinnen an unserem Objekt nicht deutlich wahrgenommen werden kann. **g** — das aus der Placenta kommende Gefässbündel des mit der Samenknope verwachsenen Funiculus, hier nur durch das grüne Gewebe durchschimmernd.

Literatur: Sachs, Julius. Lehrbuch der Botanik. Leipzig, bei Engelmann.

Duchartre, P. Eléments de Botanique. Paris, Baillière et fils. 1877.

Darwin. Kreuz- und Selbstbefruchtung im Pflanzenreich. Stuttgart, 1877.

Müller, Hermann. (Lippstadt). Die Befruchtung der Blumen durch Insekten. Leipzig, 1873.

„ „ „ Die Insekten als unbewusste Blumenzüchter. „Kosmos“. Juli, August und September 1878. Leipzig, Günther.

Strasburger, Eduard. Ueber Befruchtung und Zelltheilung. Jena, 1878.

Narcissus poeticus L.

Wir haben an anderer Stelle (vergl. die Tafel mit *Lilium Martagon* Fol. B) gezeigt, welche Erscheinungen am Pollenkorn auftreten, sobald dasselbe auf die empfängnisfähige Narbe des weiblichen Sexualapparates einer bedeckt-samigen Pflanze gebracht wird. Die Vorgänge der Pollenschlauch-Bildung fallen keineswegs mit der eigentlichen Befruchtung zusammen, ebenso wenig als die Belegung der empfängnisfähigen Narbe mit reifem Blütenstaub „Befruchtung“ im physiologisch-exakten Sinne des Wortes genannt werden kann. Beide Vorgänge, Bestäubung und Pollenschlauchbildung, gehen vielmehr der eigentlichen Befruchtung voraus; die letztere findet innerhalb der sogen. Samenknoten statt, bis wohin der Pollenschlauch vordringen muss, ehe er befruchtend wirken kann. Wir haben ja auch gesehen, dass z. B. bei der Gattung *Pinus* unter den Gymnospermen die eigentliche Befruchtung im Innern der Samenknospe sogar erst ein volles Jahr nach der Bestäubung und nach dem Beginn der Pollenschlauchbildung stattfindet, und bei vielen unserer bedeckt-samigen Gewächse (Monocotyledonen und Dicotyledonen) dauert es zum mindesten einige Tage, ehe der keimende Pollenschlauch von der bestäubten Narbe an durch den langen Griffel hinunter gewachsen und bis zur Samenknospe im Fruchtknoten vorgedrungen ist. Also auch hier folgt in häufigen Fällen die Befruchtung mindestens erst etliche Tage nach der Bestäubung.

Um den Vorgang der eigentlichen Befruchtung, die ja immer in der Vereinigung von männlichem und weiblichem Plasma besteht, anschaulich demonstrieren zu können, bedürfen wir einer übersichtlichen Darstellung derjenigen Theile des weiblichen Sexualapparates, welche die zu befruchtende Eizelle enthalten: wir meinen hierbei nicht bloss den allen Angiospermen zukommenden Fruchtknoten, sondern vielmehr die sogen. Samenknospe mit ihren Integumenten und dem von diesen eingeschlossenen „Kern“, der hinwieder den Embryosack einschliesst, während in letzterem die zu befruchtende Eizelle mit ihren Neben-Apparaten enthalten ist. Wir haben für diesen Zweck die Darstellung der Samenknospe und des Elapparates von *Narcissus poeticus* gewählt, weil die Verhältnisse hier wohl als typisch für die grosse Mehrzahl der Blütenpflanzen angesehen werden können und überdies so leicht zugänglich sind, wie kaum bei einer verwandten Angiospermen.

Die kleine Ecke links oben in der vorliegenden Tafel haben wir für ein Habitusbild der blühenden Pflanze in Anspruch genommen, um dem Schüler entweder einen alten Bekannten vorzustellen, oder — wenn diese Pflanze ihm dieses nicht ist — doch mindestens einen Begriff von dem Aussehen des Ganzen beizubringen, dem der einzelne in der Hauptfigur dargestellte Theil entnommen ist.

Narcissus poeticus L. ist längst als Zierpflanze in den Gärten Europa's verbreitet. Sie wächst auf Wiesen und Weiden der Schweizer- und Krainer-Alpen, sowie stellenweise im Jura wild (denn die von

einigen Autoren als *N. radiiflorus* Salisb. beschriebene, auch am Pilatus vorkommende Form ist doch wohl nur eine Varietät der Linné'schen *N. poeticus*; beide Formen weichen in so unwesentlichen Merkmalen von einander ab, dass kein Grund vorliegt, sie als zwei besondere Species aufzufassen). Zur natürlichen Familie der Amaryllideen gehörend, besitzt *Narcissus poeticus* eine Blüthe mit 6blättrigem Perigon, das zu einer, den Fruchtknoten überkrönenden, 2—3 Centimeter langen Röhre verwachsen ist, an welcher oben die 6 blendend weissen Perigonzipfel radförmig ausgebreitet und an ihrem Grunde beim Eingang in die Röhre mit einer napfförmigen, gelbgefärbten, rothberandeten Nebenkronen versehen sind (Fig. 3). Dicht unterhalb der Nebenkronen entspringen am obern Ende der Perigonröhre die 2 × 3 sitzenden Staubblätter, welche den oberen, von der Narbe überkrönten Theil des langen Griffels umgeben. Die Blüthe ist bekanntlich sehr wohlriechend, was darauf hindeutet, dass sie regelmässig der Fremdbestäubung durch Insekten unterworfen wird.

Der Längsschnitt durch den Fruchtknoten (Fig. 4) zeigt die axenständigen Placenten, welche als verdickte, Gefässstränge führende Gewebeleisten von der Basis des Griffels an abwärts steigen bis zur Basis des bauchig angeschwollenen, 3fächerigen Fruchtknotens. An den 2 × 3 Placenten sitzen die 6 Längsreihen horizontal absteigender Samenknoten (vergl. Fig. 4 & 5; in letzterer gibt die Linie a—b die Richtung an, in welcher der Längsschnitt durch den Fruchtknoten geführt wurde, um das Bild in Fig. 4 zu erhalten).

Wenn wir zur Zeit, da sich die Blüthe in ihrer schönsten Entfaltung zeigt, durch den Fruchtknoten zahlreiche Querschnitte führen, so erhalten wir bei schwacher Vergrösserung Bilder, die demjenigen in Fig. 5 entsprechen. Günstige Schnitte zeigen uns zu gleicher Zeit 6 horizontale Samenknoten und wenn diese durch den Schnitt halbirt wurden, so werden wir an der einen oder andern Samenknospe alle jene Theile deutlich unterscheiden können, die in Fig. 2 der (Hauptfigur unserer Tafel) dargestellt sind.

Die Samenknospe (gemma) von *Narcissus poeticus* ist eine anatrophe (gemma anatropa), d. h. eine gegenläufige, wie sie bei den meisten bedeckt-samigen Gewächsen vorkommt. Sie besteht aus folgenden drei Haupttheilen:

1. dem sogen. Knospenkern (nucellus — nach Strasburgers Vorschlag — früher unpassend auch nucleus genannt) vergl. in Fig. 2 den gelben, innersten Gewebekörper K, der eine eiförmige Gestalt besitzt.
2. der doppelten Hülle (integumentum), bestehend aus dem innern Integumentum *ii* und dem äussern Integumentum *io* in Fig. 2.
3. dem Knospenträger oder Nabelstrang (funiculus), *f* in Fig. 2.

Der Knospenkern K ist ein eiförmiger, aus isodiametrischen, plasmareichen, in rascher Zelltheilung begriffenen zartwandigen Zellen bestehender Gewebekörper, der in unserer vorliegenden Figur den unten

zu besprechenden Keimsack (Embryosack) **EE** umschliesst und an seinem Scheitel (Oben über **Sy** und **Ov**) nur noch aus einer einzigen Zellschichte, der sogen. Epidermis besteht und scharf gegen die über ihm liegenden Integumentzellen **ii** abgegrenzt ist, während er an seiner Basis unmerklich in die Gewebe der Integumente und des mit einem Gefässtrang bei **Ch** endigenden Knospenträgers (funiculus) **f** übergeht.

Das innere Integument ist ein plasmärmeres zartwandiges Gewebe, das die mittlern und untern Theile des Knospenkernes **K** als doppelte Zellschichte **ll** (rechts über der Mitte) umgibt, während es den Scheitel des Knospenkernes als einen mehrere Zellschichten mächtigen Hügel überkrönt, **ll** und **ii** oben in Fig. 2.

Das äussere Integument **ie** liegt ausserhalb des inneren und ist 3–5 Zellschichten mächtig. An seinem Scheitel (**ie ie** in Fig. 2) befindet sich eine kraterförmige Oeffnung, welche sich abwärts, freilich stark verengt, auch durch den Scheitel des inneren Integumentes **ii** — **ii** als sogenannter Keimgang oder Mikropyle bis zum Scheitel des Knospenkernes fortsetzt.

Der Keimgang (oder die Mikropyle) **m** dient dem Pollenschlauch **ps** als Weg zum Eiapparat. (Bekanntlich ist die Mikropyle bei den Nadelhölzern, wo die Samenknospen nackt liegen, sehr weit und zur Zeit der Bestäubung mit einem Tropfen Flüssigkeit erfüllt, durch welche das Blütenstaubkorn festgehalten und beim allmäligen Schwinden des Tropfens hinuntergezogen wird auf den Scheitel des Knospenkernes, wie in unserer Tafel "Pinus Laricio Fol. B." Fig. 5 angedeutet ist). Bei den bedecktsamigen Pflanzen ist die Mikropyle fast durchweg ein sehr enger Canal, der am Scheitel der Integumente die beiden letzteren durchsetzt.

Der unmittelbar unter der Mikropyle liegende Scheitel des Knospenkernes wird Kernwarze (mamma nuclei) genannt.

Abwärts gegen den Grund des Knospenkernes, den man auch Knospengrund (chalaza) nennt, gehen die Gewebe der beiden, oben leicht von einander zu unterscheidenden Integumente unmerklich in einander über; auch ist dort keine scharfe Grenze zu erkennen zwischen den Geweben des Knospenkernes, der Integumente und des hier endigenden Knospenträgers (funiculus).

Der Knospenträger (funiculus) **f** in Fig. 2 ist wie bei allen anatropen Samenknospen der ganzen Länge der letzteren entlang mit der Samenknospe verwachsen. Man nennt diese, mit dem Funiculus verwachsene Seite der Samenknospe die Rückenseite, die gegenüberliegende (rechts in unserer Fig. 2) die Bauchseite. Die Verwachsungsstelle des Samenknospenrückens mit dem Knospenträger wird Samenath (raphe) genannt. Ein luftführender Strang von Spiralgefässen durchzieht den ganzen Knospenträger von seinem freien Theil (**f**, ganz oben in der Figur) an bis zur Chalaza (**Ch**).

Bei der anatropen Samenknospe ist somit der Scheitel mit seinem Mikropylengang **m** dem freien Theil **f** des Knospenträgers zugekehrt, anstatt abgewendet, wie dies bei den orthotropen oder geradläufigen Samenknospen der Fall ist. Und da der unterste

freie Theil des Funiculus direkt der leistenförmigen Placenta am innern Winkel des Fruchtknotenfaches aufsitzt (vergleiche Fig. 4 & 5), so sind die Scheiteltheile sämtlicher Samenknospen gegen die Placenta gerichtet, von wo auch die Pollenschläuche leicht den Weg zu den Keimgängen finden können.

Der wichtigste und in der ganzen Fortpflanzungsgeschichte der Blütenpflanzen die bedeutendste Rolle spielende Theil der Samenknospe ist der sogen. Keimsack oder Embryosack, **EEE** in Fig. 2. Er entsteht, wie aus den neuesten Untersuchungen Strasburger's u. A. hervorgeht, schon frühzeitig während der Entwicklung der Samenknospe aus einer unter dem Scheitel des Knospenkernes liegenden Mutterzelle, die in der Axe des Nucellus liegt und sich alsbald in dieser Richtung verlängert um sodann erst einige Zelltheilungen einzugehen, wobei eine axile Reihe von (meistens) vier Zellen resultirt, von denen die eine, meist die unterste, zum eigentlichen Embryosack heranwächst, während die über ihr stehenden Schwesterzellen verschleimen und von ihr verdrängt werden. Die Embryosackzelle vergrössert sich auf Kosten der nächsten Zellen so enorm, dass sie zur Zeit der Befruchtung bei *Narcissus poeticus* einen mehrhundertfach grösseren Raum einnimmt, als irgend eine der übrig bleibenden benachbarten Zellen des Knospenkernes (Fig. 2). Ursprünglich besitzt die Embryosackzelle nur einen einzigen Zellkern, der sich alsbald in zwei Tochterkerne theilt. Der eine der beiden Tochterkerne wandert an die Basis des Embryosackes, der andere dagegen an den Scheitel des letztern. Dort theilt sich jeder Kern ebenfalls in zwei neue Kerne und diese hinwieder theilen sich in der Folge ebenfalls, so dass auf einem gewissen Entwicklungsstadium im Embryosack am Scheitel vier Kerne liegen, indess ebenso viele Kerne den Grund des Keimsackes einnehmen. Von den scheidelständigen vier Kernen differenziren sich drei zu nackten, mit Hautplasma bekleiteten eigentlichen Zellen, die zusammen den sogen. Ei-Apparat bilden, während der vierte Kern abwärts gegen die Mitte des Embryosackes wandert. Dasselbe findet an der Basis des letzteren statt, wo um drei von den vier Kernen sich eigentliche Zellen mit Holzstoffmembranen (Cellulose) bilden, welche 3 Zellen die sogenannten Gegenfüsslerinnen oder Antipoden **Ap** darstellen, indess der vierte Kern sich ebenfalls gegen die Mitte des Embryosackes bewegt, wo nun eine Vereinigung der beiden genäherten freien Kerne zur Bildung eines einzigen Nucleus, zum „freien Embryosack-Kern“, **EN** Fig. 2, stattfindet.

Der Ei-Apparat besteht 1) aus der eigentlichen Eizelle, **Ov** Fig. 2, die etwas seitlich und unterhalb des Scheitels an der Embryosackwand ansitzt. Ihr Zellkern liegt am hintern, dem Embryosack-Scheitel abgekehrten Ende.

2) gehört zum Eiapparat jenes Paar von Zellen, die genau den Scheitel des Embryosackes einnehmen, **Sy** Fig. 2, und deren Zellkerne meist vom hintern Ende entfernt und dem Scheitel des Keimsackes mehr genähert sind. Da sie dazu dienen, die vom Pollenschlauch, der bis zum Embryosack vordringt, abzugehenden (männlichen) Plasmamassen aufzunehmen und an die Eizelle **Ov** überzuleiten, so dass sie also bei

der eigentlichen Befruchtung nur eine Vermittlerrolle spielen, so hat sie Strasburger passend mit dem Namen Gehülffinnen, Synergiden (**Sy** Fig. 2) belegt.

Die beiden Gehülffinnen sind Schwesterzellen, d. h. Produkte der letzten Theilung eines mütterlichen Kernes, während der Schwester-Kern der Eizelle sich vom Ei-Apparat entfernt, um eben, wie oben angegeben, sich mit dem freien vierten Kern der Antipoden-Gruppe in der Mitte des Embryosackes eine Verschmelzung einzugehen. In **EN** unserer Figur 2 sehen wir den aus dieser Vereinigung hervorgegangenen „freien Embryosackkern“ mit den noch sichtbaren zwei Kernkörperchen der beiden ursprünglich freien Kerne.

Somit enthält der Embryosack zur Zeit der Befruchtung sechs eigentliche Zellen, nämlich 3 Gegenfüßlerinnen (**Ap**), jede mit einer Cellulose-Membran und einem grossen, meist etwas gelblichen und trüben Zellkern, sodann 3 Zellen des Eiapparates, bestehend aus der eigentlichen Eizelle **Ov** und den beiden Gehülffinnen oder Synergiden **Sy**. Endlich ist noch der neugebildete, aus der Vereinigung zweier ursprünglich freier Kerne entstandene Nucleus des Embryosackes selbst zu nennen, **EN**.

Die Vorgänge der Befruchtung und die darauf folgenden Erscheinungen im Embryosack darzustellen, wird Aufgabe einer andern Tafel sein.

(Ich habe während zweier Sommer (1879 und 1880) an Hunderten von Objekten die diesbezüglichen Verhältnisse studirt und wie selbstverständlich die instructivsten und unzweideutigsten der hiebei gewonnenen Zeichnungen für die Darstellung unserer Tafel benützt. Das gelbliche Colorit des Knospenkernes, sowie des Keimsack-Inhaltes ist absichtlich etwas zu intensiv gehalten, was — wie ich hoffe — dem Werth der Figur keinen Abbruch thut).

Es liegt nicht in der Aufgabe unseres Werkes, in streitigen Punkten über die morphologische Deutung der dargestellten Objekte Partei zu nehmen. Aus diesem Grunde enthalten wir uns, hier eine Zusammenstellung der verschiedenen Meinungen über die morphologische Deutung des Embryosackes und seines Inhaltes zu geben, wie sie gegenwärtig von den verschiedenen berufenen Vertretern gegen einander ins Feld geführt werden; wir beschränken uns einfach auf die Darstellung des fertigen Thatbestandes, wie er sich bei der Untersuchung der Samenknospe zur Zeit der Bestäubung, unmittelbar vor der Befruchtung, dem Auge darbietet. Im Uebrigen verweisen wir auf

die unten angeführten Special-Arbeiten, von denen in erster Linie diejenigen Strasburger's in Berücksichtigung zu ziehen sind.

Nebenfiguren.

Fig. 1. Habitusbild der blühenden Pflanze in natürl. Grösse nach einem vom Pilatus stammenden Exemplar gezeichnet.

Fig. 3. Die eine Hälfte der Blüthe im Längsschnitt, in natürlicher Grösse.

Fig. 4. Längsschnitt durch den Fruchtknoten und den untersten Theil der Perigonröhre **pr** und des Griffels **st** bei 8facher Vergrösserung.

Fig. 5. Querschnitt durch den Fruchtknoten bei achtfacher Vergrösserung. Die Linie **a—b** gibt die Richtung an, in welcher der für Fig. 4 hergestellte Längsschnitt geführt wurde.

Hauptfigur.

Fig. 2. Die anatrophe Samenknospe im halbirenden Längsschnitt, erhalten durch einen horizontalen Fruchtknoten-Querschnitt. Vergr. $72\frac{1}{2}\times$. **f** — Knospenträger, funiculus, mit der Samenknospe längs dem Rücken der letzteren verwachsen und bis zum Knospengrund (chalaza) **Ch** einen Gefässstrang führend. **le le** — äussere Hülle (integumentum exter.) **il il** — innere Hülle (integumentum inter.) **m** — Mikropyle oder Keimgang. **ps** — Pollenschlauch. **K** — Knospkern, nucellus. **E E E** — Embryosack, am Scheitel nur von einer einzigen Zellschichte, der Epidermis des Knospenkernes, bedeckt. **Sy** — die beiden Gehülffinnen, Synergiden und **Ov** — die Eizelle, Ovulum. (Die 3 Zellen des Eiapparates besitzen nur eine Grenzschichte von Hautplasma, also keine Cellulose-Membran.) **Ap** — die Gegenfüßlerinnen, Antipoden, am Grund des Embryosackes; jede der drei Zellen besitzt eine deutliche Cellulose-Membran und einen grossen Zellkern mit Nucleolus. **En** — der durch die Copulation zweier freier Zellkerne entstandene neue Kern des Embryosack-Innern, umgeben von einer grossen Vacuole **va**. Die letztere ist von einer Wolke körnigen Plasma's umgeben, in welchem kleinere Vacuolen sichtbar sind. Dieses freie Plasma des Embryosackes steht durch dünne Plasmastränge mit der Wandung und dem obern Theil des Embryosackes in Verbindung.

(Alle Figuren sind nach der Natur gezeichnet).

Literatur: Strasburger, Eduard. Ueber Befruchtung und Zelltheilung, Jena 1878.

Derselbe. Angiospermen und Gymnospermen. Jena 1879.

Vesque. Développement du sac embryonnaire des phanérogames angiospermes. Ann. d. sc. nat. sér. VI., vol. VI.

Derselbe. Neue Untersuchungen über die Entwicklung des Embryosackes der Angiospermen. Bot. Ztg. 1879.

Warming. Om Planteæggets og dets enkelte Deles rette Homologier. Botanisk Tidsskrift 3. række. III. 1879.

Derselbe. De l'ovule. Ann. d. sc. nat. Sér. VI., vol. V., pag. 177.

In den angeführten Schriften sind auch die älteren Literatur-Angaben zu finden. Unter den Lehrbüchern der Botanik neuester Auflage ist in erster Linie dasjenige von

Lürssen, Medicinisch-pharmaceutische Botanik. Bd. II. 1879/80 zu nennen, welches eine anschauliche Darstellung der Ovular-Verhältnisse nach dem neuesten Standpunkt bietet.

Ophrys Arachnites.

Unter allen Pflanzenfamilien mit prangenden und honigabsondernden Blüten ist keine Gruppe von Gewächsen der Fremdbestäubung durch Insekten so angepasst, wie die Familie der Orchideen. Unter den ca. 3000 Arten sind nur wenige Formen, bei denen Selbstbefruchtung stattfinden kann und in der That auch stattfindet, während die grosse Mehrzahl ohne Insektenbesuch keine Samen bildet, mithin gesetzmässig der Fremdbestäubung unterstellt wird.

Da diese artenreiche Familie fast über die ganze Erde, in den Tropen wie in den gemässigten Zonen verbreitet ist und durch ihre auffallenden Blütenformen sofort das Interesse jedes Naturfreundes in Anspruch nimmt, da ferner der Bau der Blüte zu dem Interessantesten gehört, was die botanische Morphologie und Physiologie zu bieten vermag: so haben wir in der vorliegenden Tafel die leicht zu demonstrierende *Ophrys Arachnites* Reich. dargestellt, die über einen grossen Theil von Europa verbreitet, jedoch kaum an einer Stelle so häufig ist, dass sie der Lehrer einer zahlreichen Schülergruppe in hinreichender Anzahl lebend in die Hand geben könnte.

Ophrys Arachnites Reich. (das hier dargestellte Exemplar stammt vom Uetliberg bei Zürich) besitzt zur Blüthezeit zwei unterirdische knollige Rhizome, von denen das eine (**Rh** in Fig. 2) den oberirdischen Stengel trägt und bereits schlaff und leer erscheint, während die andere Knolle (**Rh'** in Fig. 2) von Säften und Reservestoffen strotzt und seitlich an der Basis des Stengels sitzt. Diese junge diesjährige Knolle ist die bleibende Knospe für das nächste Jahr, sie ist Wurzel und Stengel zugleich und überdauert den Winter, während alle übrigen diesjährigen Pflanzentheile absterben. Am Scheitel der bleibenden Knolle **Rh'** sitzt die Knospe **K** für den nächstjährigen Stengel.

Am obern Theil des Stengels, welcher nur wenige grüne Blätter trägt, sehen wir zur Blüthezeit mehrere entfernt stehende Blüten (Fig. 2) und Knospen. Wie bei den andern Orchideen sind auch bei *Ophrys* die Blüten stiellos; dagegen ist der Fruchtknoten stielartig verlängert und derart gedreht, dass diejenigen der übrigen Blüthenheile, welche ihrer Entstehungsweise entsprechend oben sein sollten, nach unten versetzt erscheinen.

Das zygomorphe Perigon (Blüthenhülle) ist wie bei den meisten Monocotyledonen ein doppeltes: es besteht aus einem äussern Blattkreis mit 3 Blättern, die in ihrer Gesamtheit den Kelch, calix, repräsentiren (**ca ca ca'** in Fig. 1). Diese Blätter sind blass rosa bis blassviolett gefärbt, zwei derselben stehen seitlich nach rechts und links ab; das dritte, in der Mitte zwischen diesen beiden ist nach oben gerichtet. Innerhalb des äussern Blattkreises folgt das innere Perigon, ebenfalls aus 3 Blättern bestehend (Fig. 1 **co co la**), die der Krone, corolla, entsprechen und mit den 3 äussern Perigonblättern alterniren. So steht ein Kronblatt, das Labellum (**la**), nach unten gerichtet, dem obern Kelchblatt **ca'** gegenüber, während die beiden andern innern Perigonblätter als weniger stark entwickelte Bestandtheile der Krone (**co co**) rechts und links vom obern

Kelchblatt schief nach oben absteilen. Diese zwei kleinen Kronblätter sind bei *Ophrys Arachnites* ebenfalls blassroth oder blassviolett gefärbt und beiderseits nach hinten etwas umgerandet, so dass sie ohrförmig erscheinen. Das dritte Kronblatt dagegen, das Labellum (**la**) ist sehr stark entwickelt und in seiner grössten Ausdehnung auf der Oberseite dunkel violettbraun und sammtartig glänzend. Am äussern nach unten gekehrten Rand sehen wir in der Mitte ein dreizähliges kleines glattes Anhängsel (**ap** Fig. 1) von gelber Farbe, aufwärts geschlagen. Am innern Theil des flachen Labellums ist die dunkle Oberfläche mit unregelmässig gekrümmten, in eine eckige, aber symmetrische Figur angeordneten gelben oder gelbgrünen bis grünvioletten Linien und rechts und links mit einem nach oben vorspringenden Höcker gezeichnet. Diese hellfarbige Figur in der Nähe des Centrums der Blume zeigt den auf die Blüte fliegenden Insekten den Weg zum Honigbehälter. Der innerste Theil des Labellums öffnet sich über jener symmetrischen Zeichnung zum Eingang in das Gewölbe, unter welchem die Befruchtung stattfinden soll (**st** in Fig. 1 und 3), und in dessen Grunde der Nectar abgesondert wird. Von den 2 Staubblattkreisen (à 3 Blätter), welche der Grundform unserer Monocotyledonen-Blüthen zukommen, ist bei allen Orchideen der eine Kreis vollständig verkümmert und vom andern Kreise nur ein Staubblatt, (bei *Cypripedium* 2 Staubblätter) entwickelt, während die andern Bestandtheile desselben Kreises entweder in Staminoiden oder in ganz unscheinbare, kaum mehr zu unterscheidende Gebilde verwandelt sind. Bei *Ophrys* ist allein das dem Labellum opponirte Staubblatt entwickelt und fertil; es ist aber mit dem obern Theil des weiblichen Sexualapparates zu der sogenannten Geschlechtssäule (gynostemium) verwachsen und überragt als vogelkopfähnliches Gebilde den innersten Blüthenheil (Fig. 1 untere Blüthe **a** und **con**, wo der Sexualapparat von der Seite zu sehen ist, während er oben von vorn gesehen zur Darstellung gelangte). Die zwei Pollensäcke der Anthere **a** erinnern bei der offenen Blüthe unwillkürlich an die Augen eines wenig entwickelten Hühner-Embryos; sie liegen — von vorn gesehen — dicht beieinander (Fig. 3) und werden durch einen senkrechten Längsriss geöffnet. Die Pollenmassen bleiben bei *Ophrys* wie bei den meisten Orchideen in kleinen Päckchen vereinigt, welche lose zusammenhängend ein eiförmiges, gestieltes Gebilde, das Pollinium, darstellen (Fig. 4. **po**). Der Stiel oder das sogenannte Stöckchen (caudiculus) eines jeden Polliniums zieht sich in der offenen Blüthe von den Staubsäcken an in einer gebogenen Linie abwärts gegen den Eingang zum innersten Theil der Blüthe (Fig. 3), wo es mit dem vordersten Theil der Narbe in Verbindung steht. Die Narbe selbst ist in zwei wesentlich verschiedene Theile differenzirt: der vordere, oberste Theil bildet einen schnabelartigen Fortsatz, das sogen. Schnäbelchen, Rostellum (**r** in Fig. 1), während der hintere, innere Theil der Narbe das eigentliche Empfängnisorgan, das Stigma darstellt (**st** in Figur 1 und 3). In das Rostellum münden die zwei Stiele der Pollenmassen; dort bildet

sich unter jedem Stiel ein Klebstoff, welcher bei der Berührung durch den honigsaugenden Insektenrüssel oder durch eine in die Blüthe gestossene Bleistiftspitze an dem berührenden Gegenstand haften bleibt (Fig. 4 k) und sammt dem gestielten Pollinium beim Zurückziehen des Rüssels oder der Bleistiftspitze mit hinweggeführt wird. Man hat diesen, dem Rostellum angehörenden Theil der Narbe „Halter“ (retinaculum) oder auch „Klebscheibe“ genannt, während derjenige Theil des Schnäbelchens, welcher von Insekten nicht weggeführt wird und den klebrigen Stoff enthält, Grube oder Fovea genannt wurde.

Innerhalb und unterhalb des Rostellums befindet sich die warzige, empfängnisfähige Narbe, (st in Fig. 1 und 3) und dicht darunter, im Grund des innersten Gewölbes, die honigabsondernde Stelle, das Nectarium. Da das Rostellum mit den 2 Klebscheiben an seinem Scheitel weit über den Eingang zum Narbengewölbe vorragt, so ist es kaum möglich, irgend einen Gegenstand bis zum Nectarium vorzuschieben, ohne das Rostellum zu berühren. Geschieht aber dieses letztere, so bleibt in der Regel eine Klebscheibe mit sammt dem darauf stehenden Pollinium festgekittet auf dem berührenden Gegenstand haften und zwar so, dass unmittelbar nach dem Herausziehen das ganze Pollinium die in Fig. 4 veranschaulichte Stellung einnimmt. Die Schwere der Pollenmasse und eine eigenthümliche Zusammenziehungskraft der Klebscheibe bringen aber in kurzer Zeit den Stiel zum Umbiegen. Bei den verschiedenen Orchideen mit direkt nachgewiesener Fremdbestäubung biegt sich die Pollenmasse im Verlauf von 30 und mehr Sekunden derart, dass deren Scheitel, einen Bogen von 90° beschreibend, sich mehr und mehr der Spitze des Insektenrüssels (resp. des in die Blüthe eingeführten Bleistiftes) nähert. Dabei nimmt die Pollenmasse, wie in Fig. 4 die punktirte Linie andeutet, eine solche Lage ein, dass beim Besuchen einer andern Blüthe der obere Theil des Polliniums während des Honigsaugens mit der warzigen klebrigen Narbe (st in Fig. 1 und 3) in Berührung kommt, wobei mehrere Pollenpäckchen auf der Narbe festgehalten werden und somit Fremdbestäubung vollzogen wird. Ein honigsuchendes Insekt, auf dessen Rüssel oder Kopf eine umgekippte Pollenmasse s) befestigt ist, wie die Punktirte in Fig. 4 darstellt, kann nach einander mehrere Orchideenblüthen befruchten, da immer nur die obersten Pollenpäckchen von der berührten Narbe festgehalten werden und sich von den tieferen beim Zurückziehen des Kopfes ablösen.

Während bei der nahverwandten Art *Ophrys apifera*, als Ausnahme von der allgemeinen Regel der

Orchideenbefruchtung, nach Darwin und Anderen regelmässig Selbstbestäubung stattfindet, indem die gestielten Pollinien ohne mechanische Eingriffe sich aus den Staubsäcken befreien und derart über das Rostellum abwärts biegen, dass die Staubmassen mit der empfängnisfähigen Narbe in Berührung kommen, scheinen alle Beobachtungen über *Ophrys Arachnites* darauf hinzuweisen, dass hier in der Regel nur Fremdbestäubung stattfindet. Bis jetzt wurden in der freien Natur noch niemals Blüthen von *Ophrys Arachnites* angetroffen, auf deren Narben man den eigenen Pollen angetroffen hätte. Unsere eigenen Untersuchungen während etlicher Jahre, in denen wir diese seltene Pflanze — allerdings nie in grosser Anzahl — zu beobachten Gelegenheit hatten, nöthigen uns zu dem Schluss, dass die Einrichtungen bei *Ophrys Arachnites* entschieden gegen eine Selbstbestäubung gerichtet sind, dass also diese Orchidee den Gesetzen der Fremdbestäubung unterstellt ist, wie die grosse Mehrzahl der übrigen paar tausend Arten dieser interessanten Pflanzenfamilie.

Fig. 1. Vergr. $\frac{2}{1}$. Der obere Theil einer blüthentragenden *Ophrys Arachnites* mit einer Blüthe von vorn und einer Blüthe von der rechten Seite gesehen.

ca ca — die seitlich abstehenden Kelchblätter, ca' das hintere obere Kelchblatt.

co co — die zwei obern Kronblätter, la — das 3te untere Kronblatt, Labellum.

ap — das 5zählige Anhängsel des Labellums.

a — Anthere; con — Connectiv des Staubblattes.

st — Stigma (empfängnisfähige Stelle der Narbe). r — Rostellum. f — Fruchtknoten.

Fig. 2. $\frac{3}{1}$. Habitusbild der blühenden Pflanze, mit 3 geöffneten Blüthen und einer Blüthenknospe am obern Ende.

Rh — alte vorjährige Knolle, aus welcher sich der Stengel erhebt.

Rh' — die junge diesjährige Knolle mit der Knospe K für den nächstjährigen Stengel.

Fig. 3. $\frac{3}{1}$. Das Staubblatt mit den 2 Pollensäcken und dem Connectiv con, von vorn gesehen; unten der Eingang zur empfängnisfähigen Narbe st. la — Schnittfläche des entfernten Labellums.

Fig. 4. $\frac{3}{1}$. Eine Bleistiftspitze mit dem darauf stehenden Pollinium po.

k — Klebscheibe. Die punktirte Linie zeigt die umgekippte Stellung des Polliniums, wie sie unmittelbar nach dem Blütenbesuch bei vielen Orchideen eintritt, welche durch Insekten befruchtet werden müssen.

Literatur: Charles Darwin. On the various contrivances by which british and foreign Orchids are fertilised by insects. London, John Murray. (1862).

Derselbe, deutsch. Einrichtungen zur Befruchtung britischer und ausländischer Orchideen. (Stuttgart 1862).

Charles Darwin. The effects of cross and self fertilisation in the vegetable kingdom. (London 1876).

Derselbe, deutsch. Die Wirkungen der Kreuz- und Selbstbefruchtung im Pflanzenreich. (Stuttgart 1877).

Hermann Müller. Die Befruchtung der Blumen durch Insekten. (Leipzig 1873).

Julius Sachs. Lehrbuch der Botanik, 4te Auflage. (Leipzig 1874).

(Man vergleiche auch unsere *Salvia*-Tafel).

Passiflora.

Wenn in unserem „Atlas“ eine Tafel den **architectonischen Aufbau einer regelmässigen Dicotyledonen-Blüte** zu demonstrieren hat, so durfte bei der Auswahl des darzustellenden Objectes die Anforderung wohl dahin gestellt werden, dass möglichst alle wesentlichen Theile und Momente einer hermaphroditen Blüte zur Darstellung zu gelangen haben. Diese Blüte muss also eine möglichst vollkommene sein und daher der höchstdifferenzirten Gruppe der Dicotylen, nämlich der Abtheilung der Tetracyclischen entnommen werden.

Zahlreiche Gründe haben uns daher veranlasst, für den oben genannten Zweck die Blüte von *Passiflora* zur Darstellung zu bringen. Einmal erscheinen die beiden Haupttheile der Dicotyledonen-Blüte, nämlich die Blütenhülle (das Perianthium) und der Sexual-Apparat (Staubblätter und Carpellblattkreis) in so lehrreicher Weise von einander getrennt, dass wir bei der Demonstration alle weiteren schematischen Darstellungen entbehren können. Sodann sind die Blattkreise, aus denen sich die eigentliche Blüte aufbaut, nämlich Kelch, Krone und Staubblattkreis, mit Ausnahme des Gynaeceums 5-zählig, regelmässig und mit einander alternierend, während der Carpellblattkreis nur 3-zählig ist, also eine Reduktion zeigt, wie dies bei der grössten Zahl dicotyler Pflanzenarten der Fall ist. Weiterhin besitzt die Blüte von *Passiflora* einen buntfarbigen Aufputz im hochdifferenzirten Perianthium, wie kaum eine andere der regelmässigen Dicotyledonen-Blüthen. Auch ist das honigabsondernde Organ, der Saftbehälter, sowie die Saftdecke in wunderbarer Weise hochentwickelt. Endlich bietet uns die Passionsblume auch ein günstiges Objekt zur Demonstration des sog. Aussenkelches, wie er bei manchen Dicotylen als besonders differenzirter Kreis von Hochblättern auftritt.

Ich habe in Fig. 1 bei 6facher Vergrösserung eine Passionsblume (hybride Form von *Passiflora coerulea* und *Passiflora alata*) dargestellt, welche unter dem Namen „*Impératrice Eugénie*“ seit Jahren fast in allen grössern Gewächshäusern des Continentes cultivirt wird. Die Blume, schief von Oben gesehen, lässt sehr leicht die vier Blattkreise in ihrer natürlichen Anordnung erkennen.

1. Der **Kelch** (calix), der unterste und äusserste Blattkreis **KKKKK** zählt 5 derbe, aussen lebhaft grün gefärbte, auf der obern, innern Seite blassgrün bis weissgefärbte Blätter, die an der geöffneten Blume radförmig ausgebreitet sind. Die nach Unten kielartig vorspringenden Mittelrippen zweier benachbarter Kelchblätter stehen je um 72° auseinander. Das einzelne Kelchblatt ist zungenförmig und trägt am vordern Ende seiner Mittelrippe, etwas unterhalb der Blattspitze einen grünen, krautig-weichen Dornfortsatz. Diese Fortsätze der 5 Kelchblätter stehen am obern Ende der Blütenknospe (**Kn** in Fig. 3), wie gekrümmte Zacken einer Krone um den Knospenscheitel. Da das einzelne Kelchblatt an seiner Basis nur wenig verschmälert ist, so greifen die

Ränder der 5 Blätter bei der geöffneten Blüte gegen ihre Basis hin dachziegelig übereinander. An der Basis selbst sind sie mit einander zu einem kesselförmigen Behälter verwachsen, der die Basis der Blütenaxe (**ax** in Fig. 2) rings umgibt.

2. Die **Krone** (corolla), der nächst höhere, innere Kreis der Blütenhülle (**CCCCC**) zählt ebenfalls 5, aber etwas zärtere Blätter, die bei unserer hybriden Blume (Fig. 1) auf der obern Seite lebhaft roth, auf der Unterseite blassroth gefärbt sind, bei *Passiflora coerulea* (Fig. 2) aber weniger in Farben brilliren. Auch diese Blätter stehen in der geöffneten Blume radförmig aus einander; sie alterniren mit den Kelchblättern und stehen dicht über diesen letztern, so zwar, dass sie — ähnlich wie jene, gegen die Basis hin dachziegelig mit den Rändern über einander greifen und an ihrem Grunde mit dem kesselförmigen Basaltheil des Kelches verwachsen (vergl. Fig. 2). Die Ränder der Kronblätter sind nach Oben etwas eingerollt. So sind denn die sämtlichen Blätter des Perianthiums zur Zeit der schönsten Entfaltung in eine einzige Ebene ausgebreitet, was bei manchen *Passiflora*-Arten, deren Kronblätter sich durch grelle Blumenfarben von den blassgrünen oder weissen Kelchblättern unterscheiden, hinreichen dürfte, einen Farbeffekt abzugeben, der die Aufmerksamkeit von Insekten erwecken könnte. Allein damit hat sich das Geschlecht der Passifloren nicht begnügt: am Rande des kesselförmigen Basaltheiles, welchen die beiden Blattkreise des Perianthiums durch ihre Verwachsung bilden, stehen zahlreiche buntfarbige fädige Gebilde, welche einerseits — nach Aussen, der Blütenaxe abgekehrt — eine 2—3fache **Nebenkrone** (paracorolla), anderseits, der Blütenaxe zugekehrt und gegen diese convergirend, eine hochdifferenzirte **Saftdecke** bilden.

Die am äussersten Kessel- oder Glockenrande des Perianthiums stehenden fädigen Gebilde sind lange, cylindrische oder von der Seite her zusammengedrückte Blattausschüsse der Kronblattbasis und in zwei Reihen dicht über einander stehend (in Fig. 2 ist dies besser ersichtlich als in Fig. 1). Diese fädigen Blattausschüsse stehen in gleichen Abständen neben einander (**ex ex** in Fig. 1 & 2) und bilden die äussere **buntfarbige Nebenkrone**, welche an der geöffneten Blume ebenfalls — wie Kelch und Krone — flach radförmig ausgebreitet ist. Die einzelnen Fäden sind am obern, äussern Theil hellblau oder blau-violett gefärbt, am untern innern Theil dagegen dunkelviolett bis schwärzlich-purpurn; in der Mitte auf etliche Millimeter Länge sind die Farben 1 oder 2—4 mal unterbrochen durch weisse Flecken, welche bei den 45—50 Faden-Paaren in ihrer Gesamtheit hellfarbige concentrische Kreise darstellen, durch welche die äussere Nebenkrone **ex ex** einen wunderbaren Aspekt erhält.

Bei der Bastardform (Fig. 1) steht dicht innerhalb der äussern Nebenkrone noch ein Kreis von

kleinern, kürzern, dunkelvioletten, ebenfalls strahlenden Nebenkronfäden, die über den Grund der äusseren oder Hauptfäden nach Aussen überneigen. In manchen Blumen ist auch dieser Kreis ein doppelter, aus Fäden ungleicher Länge bestehend, so dass dann die äussere Nebenkronne, zu welcher jener noch gehört, sogar aus 4 concentrischen Kreisen buntfarbiger Blattauswüchse besteht. Bei *Passiflora coerulea* (Fig. 2) besteht die äussere Nebenkronne jedoch nur aus dem Doppelkreis langer, unterbrochen-farbiger Filamente.

Etwas vom Kesselrand entfernt, weiter nach Innen, folgt die innere Nebenkronne **ii**, bestehend aus einem Kreis dicht gedrängter, senkrecht aufsteigender, also palissadenförmig angeordneter Blattauswüchse, die bei der Blüthe unserer Bastardform (Fig. 1) fast in ihrer ganzen Länge dunkelviolet oder dunkelpurpurn gefärbt sind, bei *Passiflora coerulea* (Fig. 2) aber nur am oberen Ende dunkelfarbig, abwärts jedoch licht gelbgrün gefärbt erscheinen.

Von da an abermals etwas weiter nach Innen folgt ein Kreis von zahlreichen Blattauswüchsen, welche die Saftdecke darstellen (**sd sd** in Fig. 1 & 2). Diese Auswüchse bestehen aus zwei scharf abgegrenzten Theilen: der untere Drittel ist blass-gelbgrün gefärbt, in der offenen Blume fast senkrecht aufstrebend, und grenzt mit einer knieförmigen Biegung an den obern, dickern, purpurn gefärbten Theil, der sich an die in der Mitte der Blume stehende säulenförmige Axe anlehnt und schwach gebogen nur mit dem obersten Theil wieder etwas von jener Säule absteht (Fig. 1 **sd**). Diese fast säbelförmigen, von der Seite her zusammengedrückten Theile der Saftdecken-Filamente sind leicht beweglich, verschiebbar, so dass kräftige Insekten, welche den Honigsaft wittern, mit ihren Mundtheilen ohne grosse Mühe zwischen diesen Fäden hindurch den Weg zum reichen Honigbehälter finden können.

Bei vollständig geöffneten, unberührten Blumen findet man den ganzen Hohlraum unter der Saftdecke bis zur Kesselbasis mit Honigsaft erfüllt. Schneidet man eine solche Blüthe der Länge nach mitten entzwei, so quillt der Nectar in mächtigen Tropfen aus dem durch die Saftdrüse verengten Kesselraum heraus. Das als Saftdrüse fungirende Gebilde ist ein über der Kesselbasis, zwischen dieser letztern und der Saftdecke, auf der Innenwand des Kessels aufsitzender dicker Gewebegürtel (**sdr** in Fig. 2), der halseisenartig nach Innen vorragt, aus kleinen farblosen Zellen besteht und mit einer Epidermis ausgestattet ist, deren einzelne Zellen papillenartig nach Aussen vorragen. Dieses farblose, zartwandige, honigabsondernde Gewebe setzt sich bis an die Basis des Kessels und jenseits derselben, an der säulenförmigen Blütenaxe aufsteigend, bis zu einem zweiten Gewebegürtel **sch** fort, der über der Basis der Blütenaxe die letztere umgibt, wie die Tischplatte eines runden Tisches eine Säule umgeben würde, die sich über das Niveau der Platte erhebt. Der äussere Rand dieses säulenförmigen Gürtels (**sch** in Fig. 2) passt genau in die Kniebeugungen der Saftdecken-Filamente **sd** und ist wie der obere Theil der letztern purpurn gefärbt. Durch dieses eigenthümliche Gebilde von der Gestalt einer durchwachsenen runden Tischplatte wird der honigerfüllte Kesselraum, der eigentliche Honigbehälter (**Hb** in Fig. 2) von

der Axenseite aus bedeckt und vor kleineren unberührenden Insekten geschützt. Nur kräftigen, grossen Honignaschern ist es möglich, erfolgreich bis zum Honigbehälter vorzudringen.

Es verdient ganz besonders hervorgehoben zu werden, dass alle die beschriebenen Blüthentheile, nicht allein die Kelch- und Kronblätter, sondern auch die fädigen Gebilde der äussern und der innern Nebenkronne, sowie die Filamente der äussern Saftdecke (**sd**), ja auch jene tischähnliche innere Saftdecke (**sch** Fig. 2) und ganz besonders auch die gürtel- oder kragenförmige Saftdrüse selbst zahlreiche Gefässe besitzen. Der Verlauf dieser Gefässstränge deutet unverkennbar darauf hin, dass die sämtlichen oben beschriebenen Organe der Nebenkronen, der Saftdecken und Saftdrüsen Theile des Perianthiums darstellen, dass sie also durchaus zur Blütenhülle und keineswegs zur Blütenaxe (Blüthenboden) gehören.

Während bei den meisten Dicotyledonen der Sexualapparat dicht über den Blattkreisen des Perianthiums steht, treffen wir bei den Passifloren ein verlängertes Axenstück (**ax** Fig. 1 & 2), welches die beiden Haupttheile der Blüthe (Hülle und Sexualapparat) beträchtlich von einander entfernt. Dieses Axenstück trägt

3. das **Androeceum**, einen Staubblattkreis, bestehend aus 5 mit den Kronblättern alternirenden, mit den Kelchblättern correspondirenden Staubblättern. Letztere bestehen aus einer breiten, zweifächerigen, mit orangegelbem Blütenstaub ausgestatteten Anthere **aa** und einem bandartig verbreiterten Filament **ff**. Bei der ganz geöffneten Blüthe stehen die Staubblätter mit ihren bogenförmig gekrümmten Filamenten senkrecht von der Blütenaxe ab, so dass die geöffneten, nach Unten sich entleerenden, durch einen Längsriss aufspringenden Staubbeutel sämtlich in einer Ebene liegen, parallel zur Ebene der radförmig ausgebreiteten Blumen- und Kelchblätter. Am Grunde sind die bandförmigen Filamente mit einander verwachsen und sie bilden eine nur wenige Millimeter lange Scheide (Röhre), welche den obern Theil der verlängerten Blütenaxe umgibt.

4. Das **Gynaeceum** besteht aus drei mit einander zu einem einfächerigen Fruchtknoten verwachsenen Fruchtblättern oder Carpellen und nimmt den obersten innersten Theil der Blüthe ein. Der Fruchtknoten **F** steht am Ende der Blütenaxe (**ax** in Fig. 1 & 2) und besitzt drei wandständige Placenten mit zahlreichen anatropen Samenknospen.

An seinem Scheitel stehen drei keulig verdickte Griffel (**st st** in Fig. 1 & 2), die bei *Passiflora coerulea* (Fig. 2) dunkel purpurn gefärbt, bei der hybriden Form („*Impératrice Eugénie*“) dagegen blassgrün gefärbt und roth punktirt sind (Fig. 1). Die Narbe ist gelbgrün gefärbt, stark verbreitert und durch einen Ausschnitt an der Peripherie der Innenseite in 2 symmetrische Hälften getheilt. Die dichtgedrängten darmzottenähnlichen Narbenpillen sind vielzellig. Eigenthümlich ist der Umstand, dass die drei Griffel, welche in der sich eben öffnenden Blütenknospe in der Richtung der Blütenaxe verlaufen, alsbald seitlich auseinander weichen und sich horizontal nach Aussen richten (Fig. 2), um endlich, über den Fruchtknoten hinunterneigend

(Fig. 1) mit ihren Narbentheilen in jene Ebene zu kommen, in welcher die 5 Pollensäcke der ausgebreiteten Staubblätter sich befinden. Honigsuchende Insekten, die sich neugierig in dieser Region herumtreiben, finden also in einer und derselben Ebene über dem Perianthium ausgebreitet, die fünf geöffneten Antheren und die 3 empfängnisfähigen Narben; es leuchtet ein, dass hiebei leicht eine Bestäubung, sei es mit fremdem, sei es mit eigenem Pollen, stattfinden kann. Welche specielle Anpassungen an Fremdbestäubung durch gewisse Insekten weiterhin zu beobachten sind, wird bei unsern Gewächshauspflanzen kaum definitiv zu ermitteln sein, da, wie es scheint, hier diejenigen Insekten fehlen, welche gewohnt sind, den Passionsblumen während der Anthese den reichlich abgesonderten Honigsaft zu entnehmen. Immerhin fand ich wiederholt die Narben von *Passiflora coerulea* mit ihrem eigenen Pollen belegt. Es konnte diese Bestäubung in den gegebenen Fällen ganz sicher nur durch Insekten vermittelt worden sein, da der aus den Antheren tretende Pollen durch gelbliches Oel feucht erhalten, daher cohärent bleibt und nie ohne fremde Eingriffe die benachbarten Narben zu treffen vermöchte. Bei *Passiflora coerulea* (Fig. 2 & Fig. 4) tritt häufig in Folge der Bestäubung mit eigenem Pollen Fruchtbildung ein, wie Fig. 4 zeigt. Niemals wurden dagegen bei der Bastardform („*Impératrice Eugénie*“, Fig. 1 & 3) Fruchtansätze beobachtet. Die mikroskopische Untersuchung des Pollens zeigt denn auch in der That, dass eine erfolgreiche Selbstbefruchtung des Bastardes unmöglich wäre, da der Pollen nicht normal entwickelt, in manchen Fällen ganz verkümmert ist. Bei einer dieser Bastard-Blüthen fand sich in den Antheren fast gar keinen Pollen und dieser war farblos, es fehlte auch die normale Grösse (Durchmesser des einzelnen Kornes bloss halb so gross als beim Pollen von *Passiflora coerulea*); Inhalt und Membranen waren unfertig, von unbestimmtem, nicht ausgeprägtem Character. Es zeigt sich also auch bei der Passionsblume wie bei den meisten übrigen bastardbildenden Dicotylen, dass bei der Bastardirung zunächst und am auffälligsten die männlichen Organe geschwächt werden.

Noch bleibt des Aussenkelches **AK** in Fig. 1, 2 & 4 zu erwähnen. Er besteht aus drei grünen, hohlhandförmigen netzadrigen Hochblättern, welche in

der Entfernung von einigen Millimetern unterhalb des eigentlichen Kelches am Blütenstiel einen 3zähligen Wirtel bilden und noch lange Zeit grün bleiben, nachdem die Kelch- und Kronblätter schon verwelkt sind (vergl. Fig. 4).

Die Pflanzen der Gattung *Passiflora* sind kletternde Sträucher mit handnervigen gelappten Blättern (Fig. 3 & 4) und zierlichen Wickelranken. Die ganze Familie der Passifloreen gehört vorwiegend den tropischen Regionen der neuen Welt an. In Europa werden als beliebte Gewächshauspflanzen hauptsächlich *Passiflora coerulea*, (Heimat Brasilien und Peru) und die oben beschriebene Bastardform „*Impératrice Eugénie*“ cultivirt.

Fig. 1. Eine offene Blüthe der Bastardform (*Passiflora coerulea-alata*), schief von Oben gesehen, in 6facher Vergrösserung nach dem Leben gezeichnet. **bs** — Blütenstiel; **AK** — Aussenkelch; **K K K K K** — die 5 Kelchblätter; **C C C C C** — die 5 mit diesen alternirenden Kronblätter; **ex ex** — die äussere Nebenkron; **i i** — die innere Nebenkron; **sd** — Saftdecke. **ax** — verlängertes Internodium der Blütenaxe; **f f** — Filamente mit den Antheren **a a**. **F** — Fruchtknoten; **st st** Griffel; **n n** — Narben.

Fig. 2. Eine offene Blüthe von *Passiflora coerulea*, durch einen Längsschnitt halbirt, bei 8facher Vergrösserung nach dem Leben gezeichnet. **Hb** — Honigbehälter, **sdr** — Saftdrüse, **sch** — innere Saftdecke, welche tischförmig den untern Theil der verlängerten Blütenaxe umgibt, die übrigen Bezeichnungen wie in Fig. 1; **SK** Samenknochen.

Fig. 3. Fragment eines blüthentragenden Zweiges der Bastardform, mit einer Blütenknospe **Kn** und (bei **x**) der in Fig. 1 dargestellten offenen Blüthe. In natürlicher Grösse nach dem Leben gezeichnet.

Fig. 4. Fragment eines fruchttragenden Zweiges von *Passiflora coerulea* in natürlicher Grösse nach dem Leben gezeichnet. **AK** — Aussenkelch; **P** — vertrocknetes Perianthium. **Fr** — halberwachsene Frucht, überkrönt von den vertrockneten Griffeln **st**.

Literatur: Le Maout & Decaisne, *Traité général de Botanique descriptive et analytique*. Paris. 1868, pag. 274 — 276.

Frederico Delpino, *Ulteriori osservazioni sulla Dicotomia nel Regno vegetale; parte seconda, fascicolo II*. Milano 1875, pag. 288 — 290.

Cydonia vulgaris, Pers.

Haben wir in der Passionsblume (siehe die *Passiflora*-Tafel dieses Werkes) das lehrreichste und interessanteste Beispiel einer hypogynen Blüthe kennen gelernt, so bietet uns die **Quittenblüthe**, *Cydonia vulgaris* Pers. den reinsten Typus einer **perigynischen** Blüthe und die ausgewachsene Quitte selbst das lehrreichste Beispiel einer **Apfel Frucht**.

Während bei der Passionsblume Blüthenhülle (Kelch und Krone) und Geschlechtsapparat (Androeceum und Gynaeceum) durch die bedeutende Streckung eines Internodiums der Blüthenaxe weit auseinander gerückt erscheinen, finden wir bei der Quitte sämtliche Blattkreise in der Blüthe an der sehr verkürzten Blüthenaxe dicht zusammengedrängt, wie dies ja bei den meisten andern Blüthenpflanzen der Fall ist. Aber wenn wir die verschiedenen Blüthenblatt-Formationen bei *Cydonia vulgaris* nach der absoluten Höhe ihrer Insertionen mit einander vergleichen, so finden wir — im Vergleich zur Passionsblume und allen andern Blüthen mit „oberständigen“ Fruchtknoten — ganz die umgekehrten Verhältnisse:

Bei der Passionsblume stehen die Kelchblätter absolut am tiefsten, das Gynaeceum — der Fruchtknoten — mit seinen 3 Carpellen absolut am höchsten, während bei der Quittenblüthe die 5 Carpelle (der perigynischen Blüthe) absolut am tiefsten, die Kelchblätter dagegen absolut am höchsten stehen. Diese ganze Umkehrung der Verhältnisse im Niveau der bezüglichen vier Blüthenblattformationen erklärt sich bei der perigynen Blüthe von *Cydonia vulgaris* durch den Umstand, dass die Blüthenaxe, an welcher die 4 Blattformationen: Kelch, Krone, Androeceum und Gynaeceum inserirt sind, nicht nur stark verkürzt, sondern im obersten Theil kesselartig erweitert und zu einem saftigen Hypanthium verwandelt ist, dessen unterster, tiefster Theil, **Py Py** Fig. 3, das aus 5 Carpellen (**Gy Gy** Fig. 3) bestehende Gynaeceum rings umgibt und zur Zeit der Blüthe auch mit diesem verwachsen ist, während der obere Rand des über dem Gynaeceum schüsselartig ausgebreiteten Hypanthiums die Kelch- (**K K**) und weiter einwärts die Kronblätter (**Cr Cr**) und Staubblätter trägt, was in Fig. 3 unserer Tafel zur Anschauung gebracht wurde.

Bekanntlich hat man früher das aus saftigen Geweben bestehende Hypanthium der Pomaceen-Blüthe für einen Theil des Kelches angesehen und dementsprechend das saftige Fruchtfleisch des Apfels, der Birne, Quitte und Mispel als einen metamorphosirten Theil des Kelches gedeutet (vergl. Bischoff, Handbuch der Terminologie Bd. I. 1833 und die botanischen Lehrbücher aus gleicher Zeit), während nach dem gegenwärtigen Stand der Wissenschaft dasselbe Gebilde, das saftige und duftende Fruchtfleisch der Quitte **Py' Py'** in Fig. 5 & 6, eben als ein metamorphosirter Theil der verdickten und fleischig gewordenen Blüthenaxe zu deuten ist und der Kelch selbst in seiner Totalität nur die sogenannte Krone der Apfel-, Birn- und Quittenfrucht (**K** in Fig. 5) darstellt.

Nebst diesen morphologisch sehr wichtigen Verhältnissen war es namentlich auch der Umstand, dass

die Blüthe von *Cydonia vulgaris* ausgesprochen proterogynisch ist, was uns veranlasste, diese Quitten-tafel unserem „Atlas der Botanik“ einzuverleiben. Haben wir in der Tafel mit *Salvia* die Fremdbestäubung bei einer ausgesprochen proterandrischen Bieneblume zur Anschauung gebracht, so ergab sich von selbst die Wünschbarkeit der Darstellung analoger Verhältnisse bei proterogynischen Blumen, zumal einer solchen, die für die Familie der Pomaceen auch rücksichtlich der Einrichtungen für Fremdbestäubung durch Insekten den lehrreichsten Typus darstellt; denn nach den Untersuchungen von Hermann Müller, Fred. Delpino und Hildebrand sind die meisten apfelblüthigen Pflanzen ausgesprochen proterogynisch, so der Apfelbaum (*Pirus Malus* L.), der Birnbaum (*Pirus communis* L.), der Vogelbeerbaum (auch Eber-Esche genannt: *Sorbus aucuparia* L.), der Weissdorn (*Crataegus Oxyacantha* L.), die gemeine Berg-Mispel (*Cotoneaster vulgaris* Lindl.), während nach H. Müller (Alpenblumen und ihre Befruchtung durch Insekten. Leipzig 1881. pag. 213) nur die gemeine Felsenbirne (*Aronia rotundifolia* Pers.) schwach proterandrisch ist und also eine Ausnahme macht.

Der Quittenbaum, von welchem das Untersuchungsmaterial für unsere vorliegende Tafel entnommen wurde, begann am 14. Mai (1881) zu blühen; 16 Tage später, am 30. Mai hatte er vollständig verblüht und reichlich Früchte angesetzt.

In Fig. 1 haben wir in natürlicher Grösse einen beblätterten Zweig mit 3 Blüthen in verschiedenen Stadien dargestellt. Ganz junge Blüthenknospen sind vollständig vom Kelch umgeben, indem die Blätter des letzteren über dem Scheitel der Knospe zusammenneigen. Aber alsbald, kaum nachdem die Blüthenknospen einen Drittel ihrer endgiltigen Grösse erreicht haben, lösen sich die Kelchblätter vom Scheitel der Knospe los und stehen eine Zeit lang wagrecht ab (Fig. 1 unterste Blüthenknospe), um sodann, wenn die Knospe zur Hälfte ihrer definitiven Grösse herangewachsen ist, sich abwärts zu biegen und sich dicht an das kesselartige Hypanthium, den sogen. „unterständigen“ Fruchtknoten, und den obersten Theil des Blüthenstieles anzulegen (Fig. 1 die zweite Blüthenknospe von unten). In dieser Stellung (mit rückwärts geschlagenen Blättern) verweilt der Kelch bis nach stattgefunderer Befruchtung der Blüthe (vergleiche Fig. 2 & 3 **K K**). Es ist dies eine schöne Anpassung zum Schutze gegen unberufene Gäste; denn durch diese Stellung der auf ihrer Unterseite mit Drüsenhaaren (**Dr** in Fig. 3) ausgestatteten Kelchblätter einerseits und durch die filzige Wollhaarbekleidung des Hypanthiums (**Py Py** Fig. 3) andererseits werden kleinere Insekten am Hinaufklettern zur Krone und zum Sexualapparat verhindert.

Die Blüthenkrone öffnet sich nur schüssel- oder glockenförmig, wie dies in Fig. 1 & 2 dargestellt ist. Erst wenn die Kronblätter abzufallen drohen, breiten sie sich radförmig, mehr oder weniger in eine Ebene aus, die senkrecht zur Blüthenaxe steht. An ihrer stiellosten Basis sind die Kronblätter mit einem Bart

langer einzelliger Haare ausgestattet, welcher sehr geeignet ist, allfällig an die Krone geflogene kleinere Insekten abzuhalten, bis zum Centrum der Blüthe, wo sich der Honigsaft findet, kriechend vorzudringen. Wie aus Fig. 3 ersichtlich, stehen die mit den grünen Kelchblättern alternirenden Kronblätter etwas tiefer innerhalb vom obersten Rande des Hypanthiums, an dessen höchstgelegener Peripherie die zurückgeschlagenen Kelchblätter inserirt sind.

Dicht innerhalb des 5-zähligen Kronblattkreises folgen die Staubblätter, meist 20 an der Zahl, in drei, bei der geöffneten Blume nicht mehr unterscheidbare alternirende Kreise angeordnet. Der äusserste Kreis besteht aus 10 Staubblättern, nämlich aus 5 mit den Kronblättern alternirenden Paaren, der zweite oder mittlere Staubblattkreis alternirt seinerseits mit dem doppeltzähligen äusseren Kreis, steht also den Kronblättern gegenüber und zählt nur 5 Blätter, während der dritte oder innerste Blattkreis, ebenfalls 5-zählig und mit dem vorhergehenden alternirend, den Kelchblättern gegenüber steht. (Ganz ebenso verhält sich der Staubblattapparat bei Apfel- und Birnbaum, ferner Sorbus, Cotoneaster, Amelanchier und den meisten Crataegus-Arten). In jungem Zustand sind die Staubblätter, die sämmtlich an der Basis mit dem untern Filamentheil gegen die im Centrum der Blüthe aufsteigenden Griffel (Fig. 3) geneigt sind und dadurch den Honigbehälter decken, auch in der obern Hälfte gebogen, so zwar, dass die noch nicht geöffneten Antheren ein- und abwärts gegen die Griffelbasis gerichtet erscheinen (f' und a' in Fig. 3). Später strecken sich die Filamente derart, dass die Antheren emporgehoben werden und sich schliesslich, bevor sie sich öffnen, von den Griffeln entfernen. Zuerst geschieht dies mit den Staubblättern des äusseren Kreises, dann folgen die mittleren und zuletzt die inneren, von denen oft die eine oder andere Anthere in ihrer Knospenlage verharrt und sich gar nicht öffnet, bis die Kronblätter abfallen.

Im Centrum der Blüthe im tiefsten Theil des Hypanthiums inserirt, finden sich die 5 Carpelle **Gy** Fig. 3, jedes für sich in einen Fruchtknoten geschlossen, der je an seiner, der Blüthenaxe zugekehrten Placenta zwei Reihen über einander stehender Samenknospen trägt. Die Wände der 5 in einen Kreis gestellten einfächerigen Fruchtknoten sind zur Blüthezeit an ihren Berührungstellen sowohl unter sich, als auch an ihrer Aussenseite mit dem Hypanthium (**Py Py** Fig. 3) verwachsen; aber jeder der 5 Fruchtknoten sendet nach Oben und Aussen einen langen Griffel (**g g** Fig. 3), der an seinem obern Ende mit breiter Narbe, **st st** in Fig. 2 & 3, endigt. Alle 5 Griffel sind von der Basis an bis in die halbe Höhe mit langen, einzelligen Haaren bekleidet, die — einen dichten Filz bildend — aufwärts gerichtet sind und im Verein mit den gebogenen Basaltheilen der Filamente den honigführenden Hohlraum **NN** in Fig. 3 gegen kleinere unberufene Insekten abschliessen.

Das Nectar absondernde Gewebe **nn** Fig. 3 bildet einen ringförmigen Wulst an der Basis des nach Oben geöffneten schüsselförmigen Raumes, aus dessen Centrum sich die 5 behaarten Griffel erheben. Dieses Gewebe ist wie bei den Nectararien der meisten andern Pflanzen kleinzellig und heller gefärbt, als die benachbarten Gewebepartien des Hypanthiums.

Der Honigsaft sammelt sich in grossen Tropfen oder den ganzen Raum erfüllend zwischen der Basis der 5 behaarten Griffel einerseits und dem das Nectarium (**nn** Fig. 3) und die Basis der Filamente umfassenden Theil des Hypanthiums andererseits. Wie aus dem Bau und der Anordnung der verschiedenen Blüthentheile hervorgeht (Fig. 3), ist kleineren unberufenen Insekten der Zugang zum Nectarium versperrt; nur langrüsselige, kräftige Insekten vermögen den Honig zu erreichen, indem sie ihren Saugrüssel zwischen behaarter Griffelbasis einer- und Filamentbasis andererseits durchschieben. In der That ist die Quitte der Fremdbestäubung durch Bienen und Hummeln angepasst.

Hiefür sprechen nicht bloss die eben beschriebenen morphologischen Verhältnisse, sondern auch der Umstand, dass die Narben der 5 Griffel lange Zeit vorher empfängnisfähig sind, ehe sich die Antheren öffnen; d. h. die Blüthe von *Cydonia vulgaris* ist ausgesprochen proterogyn. Pollen von andern Quittenblüthen, der durch einen künstlichen Eingriff auf die Narben der kaum geöffneten Blüthe gebracht wird, bleibt dort nicht allein an den klebrigen Narbenpapillen hängen, sondern treibt rasch Pollenschläuche, die im Griffel abwärts wachsen, ehe die Staubbeutel derselben Blüthe entleert werden.

Die diesbezüglichen Resultate von Experimenten mögen hier zum Beweise mitgetheilt werden: Es wurden am 21. Mai (1881) mehrere grosse reichblüthige Quittenzweige abgeschnitten und in Wasser gestellt. Während der folgenden Nacht öffneten sich mehrere der bisher geschlossenen Blüthenknospen im trockenen Zimmer bei Insektenabschluss, so dass am Morgen des 22. Mai zahlreiche geöffnete Blüthen in noch durchaus jungfräulichem Zustande zur Disposition standen. Bei allen diesen Blüthen erwiesen sich die Narben als empfängnisfähig, während häufig noch alle Antheren geschlossen oder erst einige wenige geöffnet und von den unberührten Narben abgewendet waren. Es wurden nun solche jungfräuliche Blüthen sorgfältig abgeschnitten, ihre Narben mit vollkommenem Pollen einer ältern Blüthe bestäubt und nachher die künstlich bestäubte Blüthe je in einem Glase Wasser stehend unter eine Glasglocke gestellt, um alle Insekten abzusperren und den Erfolg der Fremdbestäubung zu ermitteln. Resultate:

- Nr. 1. Jungfräuliche Blüthe in der Nacht vom 21./22. Mai bei Insektenabschluss sich öffnend, zeigt am Morgen des 22. Mai von den 20 Staubblättern noch 7 einwärts gebogene und 13 nach Oben und Aussen divergirende, wovon 6 mit eben sich öffnenden Antheren; Narben am Vormittag des 22. Mai mit dem Pollen einer ältern Blüthe bestäubt: zeigen nach 24 Stunden (Vormittags am 23. Mai) zahlreiche lange Pollenschläuche.
- Nr. 2. Jungfräuliche Blüthe wie Nr. 1; von den 20 Staubblättern 11 nach Oben divergirend, die andern nach einwärts gebogen, keine einzige Anthere geöffnet; Narben wie bei Nr. 1 mit fremdem Pollen bestäubt: zeigen nach 24 Stunden zahlreiche sehr lange Pollenschläuche.
- Nr. 3. Jungfräuliche Blüthe noch nicht vollständig geöffnet, die Kronblätter noch nach Oben ganz zusammen neigend, 12 Staubblätter

nach Oben divergirend, die andern einwärts gebogen, noch keine Anthere geöffnet. Narben mit fremdem Pollen bestäubt: zeigen nach 24 Stunden zahlreiche grosse Pollenschläuche.

Nr. 4. Jungfräuliche Blüthe, noch nicht ganz geöffnet, wie Nr. 3, 10 Staubblätter nach Oben divergirend, die übrigen 10 Staubblätter nach einwärts gebogen, keine einzige Anthere geöffnet. Nach 24 Stunden wie bei Nr. 3 zahlreiche grosse Pollenschläuche in Folge künstlicher Fremdbestäubung.

Nr. 5. Jungfräuliche Blüthe, über Nacht ganz geöffnet, aber erst 7 Staubblätter nach Oben divergirend, die andern alle noch einwärts gebogen; keine Anthere geöffnet. Nach 24 Stunden in Folge künstlicher Fremdbestäubung zahlreiche grosse Pollenschläuche.

Nr. 6. Offene Blüthe, von welcher der Pollen zur Bestäubung sämmtlicher 5 vorgenannter jüngerer Blüten genommen wurde. Die Narbe mit dem vollkommenen eigenen Pollen bestäubt, zeigt nach 24 Stunden nur wenige kleinere Pollenschläuche. Es scheint, dass die Narbe dieser Blüthe schon zum grössten Theil trocken und empfängnis-unfähig war, während der Pollen in bestem Reifezustand sich befand.

Diese Thatsachen lehren auf die unzweideutigste Weise die ausgesprochene **Proterogynie der Quittenblüthe** und die grossen Erfolge rechtzeitig eingetretener **Fremdbestäubung**.

Wiederholte Versuche, bei denen die Narben einer geöffneten Blüthe mit eigenem Pollen bestäubt wurden, ergaben verschiedene Resultate. In den einen Fällen entwickelten sich Pollenschläuche, in andern Fällen vermochte der Pollen auf der eigenen Narbe nicht zu keimen. Dies letztere war z. B. der Fall bei der in Fig. 1 (oberste Blüthe) und in Fig. 2 dargestellten Blume. Wir müssen also schliessen, dass gelegentlich auf die Narbe gelangender eigener Pollen im Nothfall selbstbefruchtend in Function tritt. Aber die Verhältnisse sind bei *Cydonia* derart, dass in der grossen Mehrzahl der Fälle in freier Natur durch die pollen- und honigsammelnden Insekten **Fremdbestäubung vollzogen wird**, während nur ausnahmsweise der Fall eintritt, dass eigener Pollen auf die empfängnisfähige Narbe gelangt. Fremdbestäubung ist Regel, Selbstbestäubung beim Ausbleiben von Insekten eine höchst seltene Ausnahme, die dann eintritt, wenn von den cohärenten Pollenmassen der divergirenden Staubblätter bei einer überhängenden oder geneigten Blüthe zufällig einzelne Klümpchen auf die entfernten Narben fallen.

An warmen sonnenhellen Tagen beobachtete ich stundenlang und zu wiederholten Malen die Besucher der Quittenblüthen: Dutzende von Honigbienen (*Apis mellifica*) waren stets und unausgesetzt emsig mit Sammeln von Pollen und Honigsaugen beschäftigt; alle hatten Höschen von schwefelgelbem Blütenstaub, der nach dem mikroskopischen Befund zumeist von Quittenblüthen herstammte. Die Honigbiene erwies sich als der constanteste und emsigste Besucher, was

mit der Beobachtung der obstbautreibenden Landwirthe übereinstimmt, wonach hauptsächlich dann ein reicher Obstsegen (Aepfel, Birnen und Quitten) zu erwarten steht, wenn die betreffenden Bäume zur Blüthezeit von Bienen reichlich besucht werden. Vorübergehend, ohne längeres Weilen, wurden auch Schwebfliegen, kleine Wespen und mehrere Hummelarten auf den röthlich-weissen, weithin schimmernden und anlockenden grossen Quitten-Blüthen beobachtet. Die grosse *Bombus hortorum* flog rasch auf eine Blüthe (auf ein Kronblatt absitzend) und drang schnell zum Honigbehälter vor, dort lustig Nectar saugend. Auch *Bombus terrestris* und *Bombus pratorum* liessen sich in einzelnen Exemplaren, die jedoch nicht verweilten, sehen.

Die geschäftige Honigbiene flog zumeist mitten auf dem Sexualapparat (Fig. 2), also auf den nur wenig divergirenden Griffeln ab; dann kletterte sie von Staubbeutel zu Staubbeutel, dort zunächst Pollen sammelnd; hierauf zwängte sie sich, den Hinterleib nach Oben kehrend (Fig. 2), mit dem Vorderkörper zwischen die Staubfäden und saugte — den Rüssel zwischen Staubfäden- und Griffelbasis in's Nectarium schiebend — den Honig aus dem Grunde des letzteren. Bei dieser Arbeit, wo jede Quittenblüthe bei sonnigem windstillem Wetter stündlich von Bienen besucht wird, muss, wie leicht einzusehen, in der Regel Fremdbestäubung vermittelt werden; denn die Honigbiene benimmt sich beim Sammeln und dem nachherigen Honigsaugen derart, dass sie fast regelmässig erst die Narben und dann die Antheren berührt. Wenn sie von Blüthe zu Blüthe fliegt, so hat sie stets ihr haariges Kleid mit Pollen behaftet, der gelegentlich an den Narben frisch geöffneter Blüten abgestreift wird und dort Befruchtung vermittelt, lange bevor ein Staubbeutel der jungen Blüthe geöffnet ist, also lange bevor überhaupt eigener Pollen auf die Narbe gebracht werden könnte.

Der reife Pollen von *Cydonia vulgaris* verträgt das Nasswerden durch Wasser nicht; der frische Blütenstaub platzt in der Regel, wenn er mit Wasser in Berührung kommt; das Gleiche gilt von jungen Pollenschläuchen, die auf der bestäubten Narbe liegen und von Wasser benetzt werden. Daraus erklärt sich die Schädlichkeit der atmosphärischen Niederschläge zur Blüthezeit von Quitten-, Aepfel- und Birnbäumen, namentlich das Verderben, welche jene kurzdauernden atmosphärischen Niederschläge anrichten, die bei bald sonnigem, bald bewölktem Himmel zu Zeiten des sogen. „Aprilwetters“ unsere blühenden Obstbäume treffen, da ja in solchen Fällen nicht allein die Bienen an ihrer nützlichen Arbeit verhindert, sondern auch glücklich bestäubte Blüten durch das Verwaschen der Pollenschläuche in einen sterilen Zustand versetzt werden, indess die Kronblätter und Staubblätter abfallen.

Nach stattgehabter Befruchtung der Samenknospen (s in Fig. 3) im Innern der 5 Fruchtknoten (Fig. 6) entwickeln sich jene zu den bekannten „Kernen“ (Samen, s s in Fig. 5 & 6), während die Wände der Fruchtknoten (Gy in Fig. 3 und Gy' in Fig. 6) eine lederartige Beschaffenheit annehmen und in ihrer Gesamtheit das Kerngehäuse darstellen. Der das letztere allseitig umgebende Theil des Hypanthiums, der flaschenartig verdickten Blütenaxe, wird dagegen

zum saftigen Fleisch der heranreifenden Quitte (**Py' Py'** in Fig. 5 & 6), indess der bleibende grüne Kelch in der nabelartigen Vertiefung am Scheitel der Quitte die Fruchtkrone darstellt (**K** in Fig. 5).

Bei der völligen Reife sieht man, wie schon Bischoff (Terminologie) richtig hervorhebt, die 5 Fruchtknoten, welche das Kerngehäuse (**Gy'** Fig. 5 & 6) darstellen, sich von dem sehr vergrösserten und verdickten, fleischig gewordenen Hypanthium ablösen. Die 5 Carpelle (**Gy** und **Gy'** Fig. 3, 5 & 6), die in der Axe der Frucht ganz frei und nur mit ihren Seiten unter einander schwach zusammenhängend sind, tragen auch noch zur Zeit der Fruchtreife die bleibenden Griffel, welche oben in die nabelartige Vertiefung zwischen die Fruchtkrone hineinragen. Jeder Fruchtknoten enthält zur Zeit der Reife an der der Längsaxe der Quittenfrucht zugekehrten Seite auf der leistenförmigen Placenta (**pl** Fig. 3) eine senkrecht verlaufende Doppelreihe reifer Samen, die in dem bekannten farblosen Schleime liegen, der das Kerngehäuse der Quitte zum Theil erfüllt.

Fig. 1. Ein blüthentragender Zweig in natürlicher Grösse.

Fig. 2. Eine offene Blüthe mit der honigsaugenden, Fremdbestäubung vermittelnden Biene (letztere mit Pollenhöschen). **a a** — Antheren, **st st** — Narben am Ende der fünf langen Griffel. Vergrösserung 8¹/₂.

Fig. 3. Senkrechter Durchschnitt durch eine empfangnisfähige Blüthe. **ax** — oberes Ende des

dünnen Blütenstieles. **Py Py** — das kesselartig erweiterte Hypanthium, welches die Fruchtknoten **Gy Gy** einschliesst. **gf gf** — die zu den Kelch-, Kron- und Staubblättern aufsteigenden Gefässbündel. **KK** — Kelchblätter, nach Abwärts zurückgeschlagen; **Dr Dr** — Drüsenhaare auf der Unterseite der Kelchblätter. **K'** — Insertionsstelle des Kelchblattes rechts. **Cr Cr** — Kronblätter, **Cr' Cr'** — Durchschnitt derselben. **f' f' f'** — Filamente in den auf einander folgenden Stadien während der Anthese; **a' a" a'''** — die zugehörigen Staubbeutel in den relativen Lagen vor dem Öffnen der Antherenfächer. **g g** — Griffel; **st st** — Narben, **n n** — honigabsonderndes Gewebe; **NN** — Honigbehälter. **ss** — Samenknospen an der Placenta **pl. i** — Scheitel der Blütenaxe. Vergrösserung 2⁰/₁.

Fig. 4. Reife Quitte, frisch vom Baum genommen, in natürlicher Grösse. **K** — Fruchtkrone (Kelch) am Scheitel der Frucht.

Fig. 5. Dieselbe längs durchgeschnitten. **Py' Py'** — das saftig gewordene Hypanthium; **Gy'** — Kerngehäuse oder Fruchtknoten. **S** — reife, durchschnittene Samen. **K** — bleibender Kelch im scheitelständigen Nabel der Quitte.

Fig. 6. Eine reife Quitte, quer durchgeschnitten, in natürlicher Grösse. Bezeichnung wie in voriger Nummer.

(Alle Figuren sind nach dem Leben gezeichnet).

Literatur: Maout et Decaisne. *Traité général de Botanique descriptive et analytique*. Paris 1868.

Eichler. *Blüthen-Diagramme II*. pag. 497. ff.

Bischoff. *Handbuch der botanischen Terminologie Bd. I*. pag. 487 und 488. Nürnberg 1833.

Hermann Müller. *Die Befruchtung der Blumen durch Insekten*. Leipzig 1873.

Derselbe. *Alpenblumen, ihre Befruchtung durch Insekten*. Leipzig 1881.

Darwin. *Kreuz- und Selbstbefruchtung im Pflanzenreich*.

Phaseolus coccineus L.

Die ca. 3000 lebende Pflanzenarten umfassende Familie der Papilionaceen oder Schmetterlingsblüthler ist nächst den Compositen die umfangreichste und durch zahlreiche Nutzpflanzen zu hoher öconomischer Bedeutung gelangte Familie. Es hat deshalb diese über die ganze Erdoberfläche verbreitete Pflanzen-Gruppe in den botanischen Lehrbüchern aller Länder eine hervorragende Berücksichtigung gefunden. Wenn wir zur Illustration der Papilionaceen-Blüthe gerade die Feuerbohne gewählt haben, so geschah es in der Absicht, gerade an einer der höchst differenzirten Pflanzen der Schmetterlingsblüthigen den inneren Zusammenhang zwischen morphologischer Differenzirung und physiologischer Function darzulegen; denn die Blüthe der Feuerbohne ist ihrer Anlage nach zygomorph, d. h. sie kann im jugendlichen Knospenzustande durch einen senkrechten Längsschnitt in zwei symmetrische Hälften, von denen sich die eine zur andern wie das Spiegelbild zum Object verhält, zerlegt werden, während die ausgewachsene Blüthe nicht mehr rein-zygomorph, sondern unregelmässig zu nennen ist. Dadurch weicht die Feuerbohne nicht unwesentlich von der grossen Mehrzahl der übrigen Papilionaceen ab und diese ihre Abweichung erweist sich bei näherer Untersuchung als Züchtungsergebnis im Process der Anpassung an die ihre Bestäubung vermittelnden Insekten.

Die Papilionaceen sind in überwiegender Zahl krautartige, seltener strauchige oder baumartige Pflanzen; die **Feuerbohne**, **Phaseolus coccineus L.** (*Phas. multiflorus* Lam.) ist ein einjähriges Kraut mit windendem, schlankem, 3—4 Meter hohem, verzweigtem Stengel und alternirenden, dreizählig gefiederten Blättern. Letztere sind mit bleibenden Nebenblättern ausgestattet; die Fiederblättchen sind herz-eiförmig, spitz, am Grunde gegliedert und selbst wieder mit Nebenblättchen versehen (vergl. Fig. 1 und 8).

Die scharlachrothen Blüthen stehen zu 12—20 in zusammengesetzten blattachselständigen Trauben (Fig. 1 und 2), die sich in acropetaler Folge entwickeln und zwar derart, dass die untersten Blüthen der Traube sich lange vor den gipfelständigen entfalten. Der einzelnen Blüthe gehen zwei seitlich gestellte, kleine, schuppenartige Vorblätter (*br* in Fig. 2) voraus. Der Kelch *K* ist glockig verwachsenblättrig (*gamophyll*) und zweilippig, die obere Lippe mit zwei kurzen Zähnen, die Unterlippe dreizählig. Die Insertion der Kelch-, Kron- und Staubblätter ist streng genommen eine perigynische, wie aus Fig. 6 hervorgeht; allein das Receptaculum ist so kurz und der in seine Basis versenkte Fruchtknoten (*fk* in Fig. 6) so stark nach Oben und Vorn verlängert, dass die Blüthe bei oberflächlicher Betrachtung als hypogynisch erscheint.

Die Krone der Schmetterlingsblüthe besteht aus 5 mehr oder weniger freien, zarten, auffallend gefärbten Kronblättern. Zur Zeit der Anthese hat jede Einzelblüthe bei unserer Feuerbohne eine horizontale Stellung, die Blüthenaxe steht also senkrecht auf der vertical verlaufenden Axe der Gesamtinflorescenz. Von den

5 Kronblättern, die sämmtlich mit den 5 Kelchblättern alterniren, steht das eine oben, in der senkrechten Median-Ebene der Blüthe und wird bekanntlich *Fahne*, *vexillum* (*v* in Fig. 2 und 3 und *vex* Fig. 4) genannt. Dieses Kronblatt ist das einzige der ganzen Blüthe, welches durch einen senkrechten Längsschnitt in zwei symmetrische Hälften getheilt werden kann. Im Knospenzustand (Fig. 2) sind die beiden Hälften der Fahne abwärts gebogen und zwar so, dass sie alle übrigen Krontheile sammt dem Sexual-Apparat in einen bohnenförmigen Hohlraum einschliessen, indem der eine Rand der Fahne auf der Bauchseite der Blüthe über den andern Rand übergreift (*b b, c c* in Fig. 2). In dieser Zeit dient die aus festen, saftigen Geweben bestehende Fahne als Schutzorgan für die inneren und zärteren Blüthentheile. Beim Oeffnen der Blüthe lockern die über einander geschlagenen Blattränder ihre Lage und weichen seitlich aus einander, um auch den übrigen Blüthentheilen Raum zur Entfaltung zu geben, sich selbst aber die grösstmögliche Wirkung als Lockmittel für die herbeizurufenden Insekten zu sichern. Die Fahne (*vex* Fig. 4) ist nämlich beiderseits intensiv roth gefärbt, in der wagrecht stehenden Blüthe fast senkrecht emporgerichtet, so dass die oberen drei Viertel nach allen Richtungen hin ihre Feuerfarbe zur Wirkung bringen. Der untere Viertel des Vexillums ist so gekrümmt, dass er in den nach Oben gerichteten Theil des glockigen Kelches hineinpasst (vergl. *vex* in Fig. 4 und 6) und seine Gewebe sind so derb, dass sie jeder Art von Biegungsversuchen widerstehen; eher bricht die Fahne im untern Theile, als dass sie sich aus ihrer Lage und Richtung bringen liesse; es gelingt auch nicht, sie ohne künstliche und vorsichtige Lostrennung aus der Blüthe herauszuheben, da sie mit breiter und derber Basis am Receptaculum eingefügt ist.

Unterhalb der Fahne folgen bei der Schmetterlingsblüthe zwei seitliche Kronblätter, die Flügel, *alae*, (*fl* und *fr* in Fig. 2, 3 und 4), die im Knospenzustand gefaltet und ganz von der Fahne bedeckt und eingehüllt sind. Beide Flügel sind mit deutlichem Nagel (*n* Fig. 4) versehen, welcher bekanntlich dem Blattstiel entspricht, indess die breite, fast kreisrunde Platte (*pl* Fig. 4) die Blattspreite darstellt. Zum bessern Verständniss des Nachfolgenden bezeichnen wir den einen und den andern Flügel in ähnlicher Weise wie die beiden Arme des menschlichen Körpers, also mit Rücksicht auf die Blüthe (nicht mit Rücksicht auf den in die Blüthe Schauenden) den einen als „rechten“ Flügel, den andern als „linken“. Für den Beschauer liegt der in der offen gegen uns gekehrten Blüthe linksstehende Flügel rechts, der rechtsstehende dagegen links, Verhältnisse, über die wir uns zum Vornherein klar sein müssen, da in verschiedenen Abhandlungen über Schmetterlingsblüthen ganz entgegengesetzte Benennungen gebraucht wurden und daher unliebsame Confusionen entstanden. Jeder Flügel ist für sich unsymmetrisch, aber bei den meisten Schmetterlingsblüthern gleichen sich die beiden Flügel wie das Spiegelbild und Object: bei *Phaseolus coccineus*

neus ist aber auch das Letztere nicht der Fall, sondern der linke Flügel (**fl** Fig. 2, 3 und 4) grösser als der rechte (**fr** Fig. 2, 3 und 4).

Diese Grössen-Ungleichheit der beiden Flügel tritt bei jeder Blüthe, die man von Vorn, oder von der linken oder von der rechten Seite betrachtet, sofort in die Augen, am meisten in Fig. 3 unserer Tafel; ja, sie erscheint in der geöffneten Blüthe wegen der ungleichen Krümmung und Ausbreitung der Plattentheile noch weit beträchtlicher, als sie es wirklich ist. Die Haupttheile der beiden Flügelplatten sind vom Grunde an divergirend schief nach Abwärts zurückgeschlagen und schüsselartig gekrümmt (Fig. 4 **pl pl**), so dass anliegende Insekten auf den Wölbungen eine freie Ruhestelle finden. Während die Fahne steif, derb und saftig ist, erscheinen die purpurrothen Spreiten der Flügel sehr zart, fast häutig und zur Zeit der Anthese fast glatt, nur da und dort leicht gekräuselt, im Sonnenlicht blendend glänzend. An der Basis der Flügelplatte ist letztere zusammengezogen in einen schiefen, zahnartigen Fortsatz (**z** Fig. 4), der ebenfalls wie eine hohle Hand gekrümmt, von Innen aus concav erscheint; dieser Theil ist blässer gefärbt, die Gewebe sind hier derber, saftiger, widerstandsfähiger. Im untern, dem Nagel **n** zugekehrten Drittel findet sich auf der innern Seite eine halbmondförmige, vorspringende Falte (**t** Fig. 4), welche in die entsprechende halbmondförmige Rinne des hier direkt anliegenden Schiffchens eingreift (**t** in Fig. 5). Der Nagel ist sehr schmal, fast farblos (**n** Fig. 4) und ungemein biegsam. Er ist jederseits zwischen der Ober- und der Unterlippe des Kelches am Receptaculum eingefügt.

Die zwei unteren Kronblätter sind bei den meisten Schmetterlingsblüthlern in das sogen. Schiffchen (den Kiel) **carina** (**car** in Fig. 4 und 5) verwachsen. Das ist das wunderlichste Gebilde der ganzen Blüthe. Während bei manchen Papilionaceen auch die Blätter des Schiffchens unter sich frei sind, erscheinen sie bei der Feuerbohne nur in den unteren Theilen, dem Nagel (**b** Fig. 5) frei, sonst aber der ganzen Länge nach mit einander zu einem schneckenartig gekrümmten, in den obern Partien total in eine Röhre verwandelten Gebilde verwachsen. Der von Unten auf die Nägel (**b b** Fig. 5) folgende Theil des Schiffchens correspondirt in Grösse und Lage mit dem zahnartigen Theil zwischen Nagel und Platte der unmittelbar benachbarten Flügel und ist hier nach Oben rinnenartig offen, schliesst sich dann aber etwas weiter nach Vorn zu einer seitlich etwas zusammengedrückten Röhre, welche den Staubfaden-Apparat und den Griffel einschliesst und nun — links wendend — $1\frac{1}{2}$ Spiralläufe beschreibt (**sp** in Fig. 5). Das vordere Ende dieser Schiffchenröhre ist mundartig geöffnet (**ost** in Fig. 4, 5 und 6) und dieses Ostiolum liegt über dem zahnartigen Mittelstück zwischen Nagel und Platte des rechten Flügels, also abwärts gerichtet, wie aus Fig. 4 leicht ersichtlich ist. Rinnen- und Röhrentheil des Schiffchens bestehen aus derbem, steifem Gewebe, indess die Nägel (**b b** Fig. 5) biegsam und elastisch sind. Das Schiffchen als Ganzes ist verhältnissmässig klein.

Von grosser Wichtigkeit ist der Verband zwischen dem Schiffchen und den beiden Flügeln. Jeder der beiden Flügel greift mit einer halbmondförmigen Ge-

webefalte seines unmittelbar auf den Nagel folgenden zahnartigen Mittelstückes in eine halbmondförmige Rinne, die sich am correspondirenden Theile der dicht anliegenden Schiffchenseite befindet (**t** Fig. 5). Hier sind die Gewebe der in einander greifenden Blüthentheile so innig mit einander verbunden, dass es nur bei Anwendung grösster Sorgfalt und verhältnissmässig grosser Kraft gelingt, die Flügel von dem Schiffchen loszumachen. Kein Insekt wird im Stande sein, diesen Verband zu lösen: sondern in allen Fällen, wo irgend ein honig- oder pollensuchendes Kerbthier den einen oder den andern der genannten Blüthentheile erschüttern oder umbiegen wird, folgt auch eine gleichartige Ortsveränderung des andern der mit einander zusammenhängenden Blüthentheile. Es liegt auf der Hand, dass diese wunderliche Einrichtung, die wir bei sehr vielen Papilionaceen antreffen, als eine Anpassung an die Bestäubung durch Insekten aufgefasst werden muss, was sofort einleuchtet wird, wenn wir die Einrichtung des Sexual-Apparates genauer betrachten.

Mitten aus der Basis des Receptaculum erhebt sich der langgestreckte Fruchtknoten (**fk** Fig. 6). Derselbe ist bekanntlich einblättrig und enthält auf der Innenseite der nach Oben gekehrten Bauchnath eine Reihe von mehreren (meist 4—6) Samenknochen (**sk** Fig. 6). Nach Vorn und Aussen geht der behaarte Fruchtknoten in einen schlanken, langen, cylindrischen Griffel über, der in der Axe des spiralligen Schiffchentheiles verläuft und etwas innerhalb des Ostiolums (**os** Fig. 6) in eine schiefe Narbe (**st**) endigt. Im mittleren Theile glatt und sehr dünn, erscheint der Griffel gegen die Narbe hin nach und nach verdickt und dort, auf der Länge des halben Spiralllaufes (Fig. 6 und 7) derart mit langen, einzelligen Haaren besetzt, dass er einer Bürste gleicht (**br br** Fig. 7). Ich fand in verschiedenen Blüthen diese Haare ungleich zahlreich und ungleich angeordnet, in allen Fällen aber so gestellt, dass sie als Fegeapparat den auszubürenden Pollen (**po** Fig. 6 und 7) eben so vollständig vor sich her wischten, wie dies die Griffelbürste bei der Kornblume (vergl. Tafel mit *Centaurea Cyanus*) thut. Die schiefe Narbenfläche am etwas verbreiterten Griffel-Ende ist in reifem Zustande am Rand mit einem Kranz kürzerer aber dicht stehender Haare (**h** Fig. 7) besetzt, welche zugleich zwei Functionen übernehmen: einmal verhindert dieser Haarkranz mehr oder weniger vollkommen, dass bei Insektenbesuchen während des Zurückziehens des Honigrüssels Blüthent Staub der eigenen Blüthe mit der Narbenfeuchtigkeit in Berührung kommen kann, da der eigene Pollen auf der Rückseite des Haarkranzes, also am nicht-empfangnisfähigen Theil des Griffelendes abgestreift würde: sodann verhindert der gleiche Haarkranz das Hinunterfliessen der Narbenfeuchtigkeit, die hier in solcher Menge aus den zerreisenden Narbenpapillen abgesondert wird, dass zur Zeit der Anthese die ganze Narbenfläche von einem grossen Tropfen kappenartig bedeckt erscheint (Fig. 7 **stl**).

Wie bei fast allen Papilionaceen, so finden sich auch bei *Phaseolus coccineus* rings um den Fruchtknoten 10 wohl entwickelte Staubblätter, von denen das oberste (hinterste), in der Mediane des Vexillum inserirt, auf seiner ganzen Länge frei ist, indess die 9 anderen vom Grunde an bis über das vordere Ende

des Fruchtknotens hinaus mit einander zu einer Rinne (**arr—arr** Fig. 6) verwachsen sind, welche den langgestreckten Fruchtknoten bis auf eine nach Oben geöffnete, vom freien Staubblatt (**bf—fi**) überdeckte Spalte umschliesst und dabei als Saftbehälter fungirt. Zwischen die Insertionsstellen aller 10 Staubblätter und die Basis des Fruchtknotens ist ein gürtelförmiger Gewebekörper (**N N**) eingefügt, der den untersten Theil des Fruchtknotens rings umgibt, diesem dicht anliegend und als Nectarium fungirend. Auf Längs- und Querschnitten in dieser Region ist sofort ersichtlich, dass dieses scheidenartige Nectarium morphologisch zum Basaltheil des Staubfaden-Apparates gehört; es besteht sein Gewebe aus zartwandigen, mit blassgelbem Inhalt erfüllten Zellen. Der Honigsaft wird in solcher Menge abgeschieden, dass in unberührten Blüthen oft der ganze Hohlraum zwischen dem untern Fruchtknotenheil und der Wand der Staubfaden-Rinne von ihm erfüllt wird. Etwas oberhalb der aufwärts gekrümmten Fruchtknotenspitze löst sich die Staubfaden-Rinne in die einzelnen, sehr dünnen Filamente auf; so dass von hier an bis dicht unterhalb dem Griffelende alle 10 Filamente unter sich frei sind und dem spiralg gekrümmten Griffel als haardünne, elastische Fäden, innerhalb dem spiralgigen Theil des Schiffchens folgen (**fil fil** in Fig. 6). Unterhalb des obern Griffelendes mit seiner Narbe (**st'** Fig. 6) endigen die 10 Filamente je mit einer wohl entwickelten Anthere. Alle 10 Antheren bilden zusammen 2 Kreise à 5 Staubbeutel, von denen der obere Kreis (**an'**) nicht völlig den Haarkranz der Narbe (**st'**) erreicht, der untere Kreis **an''**, dicht unter jenem ersteren folgend, bei der unberührten Blüthe auf der Mitte der langgestreckten Griffelbürste (**br br** Fig. 7) liegt. Die Antheren öffnen sich derart, dass der Pollen gegen den von ihnen umstandenen Griffel entleert wird. In Blüthen, die vor jeder Berührung geschützt sind, kann der so entleerte Pollen niemals auf die etwas höher stehende Narbe gelangen. Aber hier tritt die Griffelbürste beim Eingriffe berufener Insekten in ähnlicher Weise in Funktion, wie wir es bei so vielen Compositen (vergl. Tafel mit *Centaurea Cyanus*) beobachten. Wird nämlich zur Zeit der Anthese das ganze Schiffchen durch die Schwere eines honigsuchenden Insektes abwärts bewegt, so stösst der höchstgelegene, am meisten gekrümmte Griffeltheil (bei **x** Fig. 6) an die Innenwand des spiralg gekrümmten Schiffchens und wird bei der Abwärtsbewegung des letzteren der Griffel selbst aus seiner bisherigen Ruhelage gebracht und zwar derart, dass sein oberster Theil mit der Narbe **st'** aus der Oeffnung **ost** des Schiffchenmundes hervorschnellt und über letzteren hinausragt, wie wir dies in Fig. 6 bei **st''** dargestellt haben. Der gekrümmte Griffel ist nämlich steif, während die ihn umgebenden haarfeinen Filamenttheile ungemein biegsam sind, wesshalb sie hinter der eigenthümlichen Bewegung des Griffels beim Vorschnellen des Narbentheiles zurückbleiben, so dass die Staubbeutel in ihrer Lage verharren, während der vorschnellende behaarte Griffeltheil wie eine Bürste den Pollen (**po** in Fig. 6 und 7) vor sich herfegt und ihn solcher Weise ebenfalls ausserhalb des Ostiolum (**ost**) des Schiffchens bringt.

Ehe wir zur Besprechung des Bestäubungs-Vorganges übergehen, haben wir erst noch der eigen-

thümlichen Entwicklung des obersten, frei liegenden Staubfadens zu gedenken. Derselbe (**fi** in Fig. 4 und 6) liegt, wie bereits oben bemerkt, in der Mediane der über ihm liegenden Fahne (**vex** Fig. 6) und deckt über der grössten Länge des Fruchtknotens **fk** die von den übrigen 9 Filamenten gebildete Staubfadenrinne (**arr** Fig. 4 und **arr''** Fig. 6). An seiner Basis **bf** ist dieser freie Staubfaden verschmälert und dort ist die Staubfadenrinne derart erweitert, dass rechts und links von jener ersteren je eine ovale Oeffnung (**va va** Fig. 4) zum honigführenden Saftbehälter führt. Unmittelbar ausserhalb und über diesen ovalen Oeffnungen verbreitert sich der freie Staubfaden derart, dass er über die Ränder der Rinne (**arr** Fig. 4) übergreift und diese letztere fast hermetisch abschliesst. Hier findet sich nun auch ein schief nach Oben und Vorn aufsteigendes schuppenartiges Anhängsel (**ap** Fig. 4 und 6) am freien Staubfaden, dessen Bedeutung keine zweifelhafte mehr ist. Franzis Darwin hat gezeigt, dass dieses Schüppchen am freien Staubfaden die honigsuchenden Insekten verhindert, anders als nur durch gewisse, für die Bestäubung günstige Bewegungen zu dem Honigbehälter zu gelangen. Nur kräftige grosse Hummeln vermögen eine kreuzweise Befruchtung regelmässig zu vermitteln, indem sie den Nectar saugen; dieses ist ihnen auf rechtmässige Weise aber nur dann möglich, wenn sie sich auf den linken Flügel absetzen und von hier aus mit dem langen Rüssel unterhalb dem rechts liegenden Mundende des Schiffchens durchfahren. Jenes Schüppchen nöthigt sie also zu dieser Art von Saugstellung und es wird auch nur bei dieser Stellung des Insektes eine Fremdbestäubung zur Regel.

In der offenen unberührten Blüthe ist der Zugang zum Honigbehälter im Grunde des Staubfaden-Apparates geschlossen; ebenso liegt in diesem Zustande das narbentragende Griffelende innerhalb des Ostiolums am vordern Ende des Schiffchens. Kleinere Insekten, Fliegen, kleinere Bienen und kleinere Hummeln kommen gelegentlich auf die Bohnenblüthe angefliegen, ohne etwas anderes als eine für sie geschlossene Blüthe, nicht aber den Honig zu finden. Aber grosse Hummeln von beträchtlicherem Körpergewicht, die von Vorn an die Blume anfliegen und sich auf dem einen oder andern Flügel absetzen, bewirken durch ihre eigene Schwere und lebhaften Bewegungen, dass die beiden Flügel, sowie das mit denselben verbundene Schiffchen sich abwärts bewegen, wobei nicht nur ein enger Zugang zu dem Saftbehälter geöffnet, sondern in oben beschriebener Weise auch das narbentragende Griffelende aus dem Schiffchen hervorschnellt, die empfängnisfähige Narbe der Bestäubung ausgesetzt und der herausgebürstete Pollen dem Nahrung suchenden Insekt exponirt wird. Die Hummel findet alsbald heraus, dass auf der linken Seite der Zugang zum Honigbehälter durch die dicke Spiralwindung des Schiffchens verschlossen, der Nectar aber auf der rechten Seite erreichbar ist. Denn durch die Abwärtsbewegung der beiden von schweren Insekten belasteten Flügel und des damit verbundenen, schneckenartig gekrümmten Schiffchens entsteht ein enger natürlicher Canal, der unmittelbar unter der Schiffchenmündung an der hervorschnellten Narbe und Griffelbürste vorbei längs des rechten Randes der Staubfadenrinne bis zum geöffneten Grunde des Honigbehälters (**va va** Fig. 4)

führt. Bei der Abwärtsbiegung des ganzen zusammenhängenden Apparates behält das freie, obere, steif inserirte Staubblatt *ff'* seine bisherige Lage bei und es entsteht nun ein grösserer Abstand zwischen dem freien Filamenttheil einer- und dem Rinnenrand anderseits. Der durch den eben beschriebenen Canal hineingeschobene Honigrüssel der Hummel findet also durch die nunmehrige Lage der Blüthentheile den Weg zum Honigbehälter genau vorgezeichnet (*R—R* Fig. 4); er gelangt unterhalb dem Schüppchen (*ap* Fig. 4 und 6) des freien Staubfadens an sein Ziel.

Es leuchtet ohne weiteres sofort ein, dass die grosse Hummel nothwendig auf dem grösseren, linken Kronflügel stehen muss, wenn sie ihren Rüssel in der vorgeschriebenen Art zum Grunde der Blüthe vorschieben will (vergl. *R—R* Fig. 4). In der That stimmen die sämmtlichen Beobachtungen darin überein, dass diejenigen Hummeln, welche in der Regel die Bestäubung der Feuerbohne vermitteln, bei ihrer Saugstellung sich auf dem linken Kronflügel befinden, wodurch sich die beträchtliche Grösse dieses letzteren gegenüber dem linken Flügel auf die natürlichste Weise erklärt, indem er — ähnlich der grossen Unterlippe so vieler Labiatenblüthen — als Stütz- und Ruhefläche für das saugende Insekt fungirt. Nun ist leicht ersichtlich, dass bei solcher Art von Insektenbesuchen Alles zusammenwirkt, um die Fremdbestäubung zu begünstigen. Sobald die Hummel auf dem linken Flügel Position genommen hat, ist auch schon in Folge der Abwärtsbewegung der Kronflügel und des Schiffchens der obere Griffeltheil mit der Bürste und der empfängnisfähigen Narbe (*st* in Fig. 4 und *st'* in Fig. 6) soweit aus dem Schiffchen-Mund vorgeschneilt, dass nun die Narbe um 3—4 Millimeter nach Vorn ragt (*st''* in Fig. 6). Die schiefe Narbenfläche wird vom Insektenrüssel nun zuerst gestreift und somit der Fremdbestäubung ausgesetzt, ehe derselbe Insektenrüssel an die etwas tiefer stehende, mit Pollen (*po* Fig. 6 und 7) behaftete Griffelbürste gelangt und sich mit dem Blütenstaub desselben Sexual-Apparates verunreinigen kann. Beim Vordringen zum Honigbehälter streift der Rüssel also zunächst die empfängnisfähige Stelle des weiblichen und erst nachher die Fortpflanzungszellen des männlichen Apparates. Umgekehrt wird beim Zurückziehen des Rüssels regelmässig Blütenstaub von der Griffelbürste mitgeschleppt werden, ohne dass derselbe Pollen an die feuchte Narbe gelangen kann, da der Griffel nach Oben verbreitert und dann plötzlich wie abgeschnitten in die von einem schützenden Haarkranz (*h* Fig. 7) umrandete Narbe endigt. Fliegt dieselbe Hummel nun zu einer andern Bohnenblüthe, so wird sie dort denselben Vorgang wiederholen: Fremdbestäubung wird zur Regel, Bestäubung mit dem eigenen Pollen könnte nur dann eintreten, wenn die Hummel zwei mal hinter einander mit ihrem Rüssel in dieselbe Blüthe eindringen würde, oder durch irgend welche wiederholte Bewegungen auf den Kronflügeln bald mit dem Pollen der vorgeschneilten Griffelbürste, bald mit der Narbe am Ende desselben Griffels in Contact gelangte. Die Hummeln sind aber so intelligente Insekten, dass sie — wie die Beobachtung lehrt — nach ein- oder zweimaligem Besuch die Eigenheiten derselben Blütenart kennen und daher ohne Zeitverlust ihre Beobachtungen

in der Ausführung der günstigsten Bewegungen schnell zu Nutze machen. Die für die Fremdbestäubung günstigsten Bewegungen des honigsuchenden Insektes sind auch die für die Gewinnung des Honigs in kürzester Zeit zum Ziele führenden für das Insekt. Die Bohnenblüthe hat sich im strengsten Sinne des Wortes den grossen Hummeln angepasst.

In der That stimmen die Resultate aller Forscher, die sich mit der Blüthe der Feuerbohne beschäftigt haben, darin überein, dass ohne einen fremden Eingriff, ohne die Abwärtsbewegung des Flügel-, Schiffchen- und Sexual-Apparates der Bohnenblüthe keine Bestäubung eintritt und folglich keine Befruchtung und keine Samenbildung möglich ist. Sobald aber die vorgeschneilte Narbe bestäubt ist und das Insekt sich aus der Blüthe entfernt, kehrt der vorhin abwärts bewegte Apparat in Folge der Elasticität seiner Theile wieder in seine ursprüngliche Lage zurück; die Griffelbürste und Narbe tritt wieder ihren Rückzug an und beide verharren nun wieder im gebogenen Raum des oberen Schiffchen-Endes, bis gelegentlich eine zweite Hummel einkehrt und die beschriebene Action von Neuem beginnt.

T. H. Farrer hat gezeigt, dass in England die Feuerbohne von ganzen Schwärmen verschiedenartiger Bienen besucht wird, dass aber die kleine Stockbiene wegen unzureichender Körpergrösse den Honig auf legitime Art nicht zu erreichen vermag, dass es aber grosse Hummeln sind, welche den Honig regelrecht saugen und stets beim Verlassen der Blüthe an der Basis ihrer Rüssel eine Menge des cohärenten Pollens mitschleppen. Die Narben derjenigen Blüthen, welche sich bei Insektenabschluss, z. B. im Zimmer öffnen, findet man in der Regel ganz frei von Pollen, obgleich beim Niederdrücken der Kronflügel an der vorschneilenden Griffelbürste reichlich Blütenstaub gesehen wird (Fig. 4 *po*). Andererseits findet man auf der Narbe solcher Blüthen, die von Hummeln besucht wurden, immer eine Menge von Pollen.

Hiernach kann es nicht besonders befremden, wenn Dr. Ogle von einer ungeheuren Anzahl gegen Insekten geschützter Blüthen der Feuerbohne nicht eine einzige Frucht erhielt und wenn Belt in Nicaragua, wo er die Feuerbohne cultivirt und reichlich blühen sah, niemals eine Bohnenfrucht erhielt, weil die dort einheimischen Bienen und Hummeln die Feuerbohne nicht besuchen.

Als weiteren Beleg für die Unmöglichkeit der Selbstbefruchtung führe ich folgende Aufzeichnungen aus meinem Tagebuch an: am 15. Juni 1881 wurden in zwei kleinen Beeten des botanischen Gartens in Zürich Samen der rothen Feuerbohne gesteckt. Bei sehr günstiger, thaureicher und warmer sonnenheller Witterung entwickelten sich die Keimpflanzen ungemein rasch und zwar so schnell, dass die Stöcke schon nach einem Monat, nämlich Mitte Juli, zu blühen begannen. Von Mitte Juli bis Mitte August, da die feuerrothen Blüthen immer mehr überhand nahmen, setzten sich mit Ausnahme einer einzigen Bohnenfrucht keine Hülsen an, obschon die Blüthen normal entwickelt waren. Es blieben nämlich die bestäubenden Insekten aus und die Blüthen fielen ohne Fruchtsätze, eine nach der andern, zu Hunderten unbefruchtet ab. In dieser Zeit fast absoluter Sterilität sah ich trotz

wiederholter Beobachtungen zu verschiedenen Tageszeiten keine honigsuchenden Insekten auf den Blütentrauben unserer Feuerbohne, wohl aber trieben sich Bienen, Hummeln, Schmetterlinge, Wespen und Fliegen in Menge auf den unmittelbar benachbarten reichblühenden Pflanzen herum, die (wie: *Cerinthe major*, *Calendula officinalis*, *Centaurea Cyanus*, *Bidens leucantha*, *Cichorium pumilum* etc.) auf die Insekten grössere Anziehungskraft ausübten, als die *Phaseolus*-Blüthen. Das ist ein schönes Beispiel für die Konkurrenz verschiedener Blütenarten um die Gunst der Insekten, wobei *Phaseolus coccineus* so lange den kürzeren zog, als die gefährliche Nachbarschaft existierte. Aber von Mitte August an, da die benachbarten Blumenbeete mehr und mehr eingingen, indess die Feuerbohne immer brillanter in glühendem Blüthenschmuck prangte, traten häufig Fruchtsätze ein, da nun die Insekten bei Abwesenheit anderer unmittelbar benachbarter Blumen sich endlich einstellten.

Der Einwand, dass wohl erst von Mitte August an die Flugzeit der passenden grossen Hummel begonnen habe, also vorher auch ohne die Konkurrenz anderer Blumen keine Bestäubung eintreten konnte, dass also von einem Wettbewerb um die Gunst der Insekten zwischen Bohnenblüthen und andern Blumen nicht die Rede sein könne, fällt als unbegründet dahin, da in anderen Gärten Zürichs, wo die Feuerbohne als Zierpflanze zwischen Gemüse stand, schon Anfangs Juni und von da an sehr zahlreich bis Ende Septbr. Bohnenfrüchte in Menge ansetzen. Im botanischen Garten unterblieb in jener Zeit die Fruchtbildung durchaus nur in Folge der Ablenkung der Hummeln von Seite anderer lockender Blumen.

Ein weiterer Beweis für das Unvermögen der Feuerbohne, sich selbst zu befruchten, liegt in der Thatsache, dass sehr häufig Insekten auf illegitimem Wege den Honig saugen, indem sie ein Loch benützen, das eine räuberische Hummel von Unten durch den Kelch und die inneren Blüthentheile frisst, um auf kürzestem Wege, ohne die Bestäubung zu vermitteln, zum Honigbehälter zu gelangen. Solche Bohrlöcher werden von verschiedenen Insektenarten benützt, ob schon sie wohl nur von einer Hummelart (*Bombus mastrucatus*?) herrühren. Am 25. August 1881 fand ich alle ganz geöffneten Blüthen der Feuerbohne auf solche Weise angefressen und ihres Honigs beraubt. Am folgenden Tage sah ich die in Fig. 2 unserer Tafel (rechtsliegende Blüthe unten) dargestellte *Hylaeus quadricinctus* Fabr., eine Art Schmaloder Grabbene, in angegebener Stellung den Honig rauben. In ähnlicher Weise benützte anderes Insektengesindel die frevelhaften Löcher an der Unten- und Rückseite der Bohnenblüthe, so zahlreiche kleine Hummeln und Bienen, ebenso eine mittelgrosse, ziemlich schwere Hummel, die sehr emsig nach allen Richtungen um die Blüthen kletterte, häufig vom linken Kronflügel aus unterhalb dem rechten Flügel hinüberturnte zur Basis der Blüthe, um hinten rechts durch das Bohrloch zu saugen. Bei dieser Kletterbewegung muss gelegentlich Bestäubung eintreten, da jene Abwärtsbewegung des Flügel-, Schiffchen- und Sexual-Apparates stattfindet, welche ein Hervorschnellen der empfängnisfähigen Narbe und der pollenbedeckten Griffelbürste verursacht, wobei gelegentlich vom kletternden Insekt

abwechselnd die beiderlei Geschlechtsorgane berührt und die Narbe wohl bestäubt werden kann.

Belt hat die räuberische Ausbeutung der Blüthe von *Phaseolus coccineus* ebenfalls beobachtet und gezeigt, dass in der Nähe von London ein Feld mit Feuerbohnen dadurch „unfruchtbar gemacht wurde“, dass die Hummeln, wie sie es häufig thun, am Grund der Blüthen Löcher schnitten, anstatt in der gehörigen Weise in sie hineinzukriechen.

Nach all dem ist kein Zweifel, dass *Phaseolus coccineus* ganz eminent der Fremdbestäubung durch grosse Hummeln angepasst ist. Sie besitzt nach ihrer Blüthen-Einrichtung, wie wir meinen, die höchste Differenzirung der Papilionaceen-Blüthe, wengleich ihr noch eine unverkennbare Unvollkommenheit, nämlich der Mangel einer schützenden Einrichtung gegen die ungerufenen Honigräuber anklebt.

Mit Recht haben *Frederico Delpino* und *Hermann Müller* die Gattung *Phaseolus* auf die oberste Stufe der insektenblüthigen Papilionaceen gestellt; denn nur bei dieser Gattung findet sich eine spiralgige Drehung des Griffels und der ihn umschliessenden Spitze des Schiffchens; freilich ist diese Drehung bei den verschiedenen *Phaseolus*-Arten eine verschiedene, bald eine rechtsläufige, bald eine linksläufige, bald ist sie bloss eine einfache sichelförmige Biegung, bald eine excessive Spirale mit 1½ bis 4 oder gar 5 Umläufen. In allen Fällen wirkt der ganze Apparat zur Vorschnelung des Griffel-Endes mit pollenbedeckter Bürste und empfängnisfähiger Narbe mit fast wunderbar zu nennender Präcision.

Fig. 1. Habitusbild der oberen, windenden Stengelteile mit den Blüthentrauben. Natürliche Grösse.

Fig. 2. Theil einer Blüthentraube bei 5-facher Vergrösserung; **aa** — ganz junge, oberste Blütenknospen. **bb** — etwas weiter vorgeschrittene Blütenknospen. **cc** — noch ältere Blütenknospen, bei denen die Fahne noch alle inneren Blüthentheile einhüllt. **br** — Vorblätter der Einzelblüthe. **K** — Kelch. **e** — offene Blüthe von Vorn gesehen, nebenan rechts: offene Blüthe schief von Hinten und Unten gesehen: **v** — Fahne (*vexillum*); **fl** — linker Flügel, **fr** — rechter Flügel. Die rechts unten stehende Blüthe wurde von einer Hummel angebohrt; durch das Loch am Grund der Blüthe saugt hier eine kleine Grabbene, *Hylaeus quadricinctus* Fabr. (**Hy** Fig. 2).

Fig. 3. Eine offene Blüthe, schief von Rechts und Unten gesehen, das von einer honigraubenden Hummel geschnittene Loch (**p**) zeigend. **K** — Kelch, **v** — Fahne, **fr** — rechter Flügel, **fl** — linker Flügel; **ca** — unterer Theil des Schiffchens, (*carina*). Vergrösserung 5.

Fig. 4. Die von der Fahne **vex** und vom linken Flügel **fl** befreite offene Blüthe mit etwas abwärts gebogenem rechten Flügel **fr**, die während des Honigsaugens verharrende gegenseitige Stellung des rechten Flügels **fr** und des spiralgig gekrümmten Schiffchens **car** mit dem Ostiolum **ost**, sowie die pollenbehaftete Griffelbürste **po—st** und die Narbe **st** zeigend. **K** — Kelch, **arr** — Staubfaden-Rinne; **f'** — freies Fila-

ment; **bf'** — Basaltheil des freien Filamentes, **ap** — schüppchenartiges Anhängsel desselben; **va, va** — die beiden ovalen Oeffnungen zum Honigbehälter rechts und links vom Basaltheil des freien Filamentes; **R—R** — Rüssel der honigsaugenden Hummel; **pl, pl** — Platte der beiden Kronflügel; **z, z** — zahnartiges Zwischenstück zwischen Platte **pl** und Nagel **n**, auf der Innenseite die halbmondförmige Gewebefalte **t'** zeigend. Die Fahne **vex** ist schief von Rechts und Hinten gesehen. Vergröss. 8.

Fig. 5. Das Schiffchen, stärker vergrössert, etwas von Rechts und Hinten gesehen. **bb** — Nägel der beiden mit einander verwachsenen Blätter, **t** — halbmondförmige Rinne zur Festhaltung der entsprechend verlaufenden Gewebefalte an den benachbarten Flügeln; **sp** — Spiralwindungen des Schiffchens; **ost** — Oeffnung desselben. Vergrößerung 25.

Fig. 6. Senkrechter Medianschnitt durch die offene Blüthe, den Fruchtknoten **fk** ganz, die Staubfadenrinne **arr—arr'** nur zum Theile zeigend. **K** — Kelch, **vex** — Fahne; **ca'** — Basaltheil des Schiffchens im Längsschnitt, **NN** — das

die Basis des Fruchtknotens scheidenartig umgebende Nectarium mit der (Honigsaft auscheidenden) Epidermis **nn**. **bf'** — Basaltheil des freien Filamentes, **ap** — schüppchenartiges Anhängsel desselben, **ff'** — der die Staubfadenrinne deckende freie oberste Staubfaden; **fil** — die 10 um den spiralig gekrümmten Griffel **G** gruppirten freien Filamenttheile, in der Richtung der Pfeile dem Griffel folgend und bis zu den Antherenkreisen **an'** und **an''** reichend. Letztere liegen innerhalb des obersten Schiffchentheiles **car** unterhalb der Oeffnung **ost** des letzteren; **st'** — Lage der empfängnisfähigen Narbe in der unberührten Blüthe; **st''** — Lage der etwas vorgeschneitten Narbe und der mit dem Pollen **po** behafteten Griffelbürste. **g g** — überall Gefässbündel. Vergrößerung 50.

Fig. 7. Oberes Griffel-Ende **G** mit der Bürste **br—br'**, dem Haarkranz (**h**) der Narbe, der Narbenfeuchtigkeit **stl** und dem Pollen **po**. Vergrößerung 50.

Fig. 8. Zweigstück mit einem Laubblatt und einer Traube junger Bohnenfrüchte in natürl. Grösse.

- Literatur: Darwin, Ch.** On the agency of bees in the fertilisation of Papilionaceous flowers. *Annals and Magazine of Natural History* 3. Serie. Vol. II.
- Farrer, T. H.** Mechanism for transporting Pollen in the Scarlet Runner (*Phaseolus coccineus*); in: *Annals and Magazine of Natural History* 4. Serie, II. Vol. London 1868.
- Darwin, Francis.** Ueber die Organisation des freien Staubfadens bei *Phaseolus multiflorus* in „*Nature*“. 8. Januar 1874 pag. 189.
- Delpino, Frederico.** *Sugli apparecchi della fecondazione.* Firenze 1867.
- Delpino, Frederico.** *Ulteriori Osservazioni sulla dicogamia nel regno vegetale.* 1868, 1869, 1875.
- Dr. Ogle.** Ueber das Unvermögen der Feuerbohne, sich selbst zu befruchten, in „*Popular Science Review*“ 1870 pag. 168.
- Belt.** Ueber den Mangel geeigneter Bestäubungsvermittler der Feuerbohne in Nicaragua, in „*The Naturalist*“ Nicaragua 1874 pag. 70.
- Belt.** Ueber löcherbohrende, honigraubende Hummeln auf *Phaseolus multiflorus*, in „*Nature*“ 1875 p. 26.
- Darwin, Ch.** Kreuz- und Selbstbefruchtung im Pflanzenreich 1877 pag. 141 ff.
- Müller, Hermann.** *Die Befruchtung der Blumen durch Insekten.* Leipzig 1873 pag. 257—260.
- Sachs, Julius.** *Lehrbuch der Botanik.* 4. Aufl. 1874 pag. 543.
- Lürssen.** *Medicinisch-pharmaceutische Botanik.* II. Bd. 1882 pag. 880.

Salvia Sclarea.

Die neuere physiologische Botanik hat das früher ungelöste Räthsel der Farbenpracht, des Honigabsonderns und des Wohlgeruches der höhern Pflanzenblüthen in überraschend schneller Zeit gelöst und an Tausenden von Beispielen gezeigt:

1. Dass die meisten mit Farben prangenden, honigabsondernden und wohlriechenden Blumen regelmässig von Insekten besucht werden.
2. Dass eine sehr grosse Zahl dieser Blumen nicht befruchtet wird, also keine Samen bildet, wenn man die Insekten während der Blüthezeit von ihnen absperrt, und zwar gilt dies nicht allein von den getrenntgeschlechtigen (diclinischen) Blüthen, sondern auch von den zwitterigen Blumen, in welchen beiderlei Geschlechtsorgane vorhanden und funktionfähig sind.
3. Dass bei den relativ wenigen Pflanzen mit solchen Zwitterblüthen, die sich in der Regel selbst befruchten, auch kräftigere Samen gebildet werden, wenn der befruchtende Blütenstaub aus einer andern Blüthe derselben Art oder Varietät her stammt, als wenn er von den Staubblättern der eigenen Blüthe herrührt.
4. Dass somit bei den meisten Zwitterblüthen die Fremdbestäubung (Befruchtung durch andern als den eigenen Blütenstaub) günstiger, wohlthätiger wirkt, als die Selbstbestäubung. (Bei manchen Blumen wirkt der eigene Pollen gar nicht befruchtend, in andern Fällen wirkt er — auf die benachbarte Narbe derselben Blüthe übertragend — sogar als Gift).
5. Dass daher in einer grossen Zahl von Blüthen der höheren Gewächse Lockmittel für Insekten und besondere Einrichtungen angebracht sind, wodurch die besuchenden honigsaugenden Kerbthiere veranlasst werden, die Uebertragung des Pollens aus der einen Blüthe zur andern zu vermitteln.

Von den mannigfaltigen, in den verschiedenen Blumen vorhandenen Einrichtungen, die speciell der Fremdbestäubung dienen, ist keine frappanter und keine leichter zu demonstriren, als die Einrichtung des Sexualapparates bei der Muskateller-Salbei (*Salvia Sclarea*) und bei der gemeinen Wiesen-Salbei (*Salvia pratensis*), denen wir die vorliegende Tafel gewidmet haben.

Fig. 1. Vergrösserung 15 ($\frac{15}{1}$). Eine Blüthe von *Salvia Sclarea* L. (Muskateller-Salbei) mit einer honigsaugenden Holzbiene (*Xylocopa violacea*), von der Seite gesehen. Das Deckblatt **br**, in dessen Achsel die kurzgestielte Blüthe steht, ist dünnhäutig, blass rosa bis violett gefärbt und in der Regel beträchtlich grösser als die geöffnete Blüthe. (In unserer Figur ist das Deckblatt absichtlich — um Raum zu ersparen — relativ zu klein gezeichnet).

Die Einrichtung des Sexualapparates für Fremdbestäubung ist dieselbe, wie bei der gemeinen Wiesensalbei (*Salvia pratensis*). Der Honig wird tief im Grunde der Blüthe ausgeschieden. Von dort aus erhebt sich der lange Griffel, der bis über das obere Ende der

Oberlippe, unter dem Rücken dieser letzteren verlaufend, emporragt und sich dann in die gabeligen Narbenäste (**st**) verzweigt. Die Narbe **st** wird erst empfängnisfähig, wenn die Staubsäcke derselben Blüthe bereits entleert sind; ihre Gabeläste öffnen sich erst nach dem Verstäuben, wobei sie sich aus einander biegen und abwärts krümmen. Bekanntlich besitzen die Salviablüthen bloss zwei entwickelte Staubblätter. Bei *S. Sclarea* wie bei *S. pratensis* sind die zwei Antherenhälften jedes Staubblattes sehr weit aus einander gerückt, indem das Connectiv (**co**) ungemein stark verlängert ist. Während die eine Antherenhälfte **a**, (s. Fig. 2) am obern Ende des staubiadenartigen Connectivs, Blütenstaub bildet, bleibt die andere Antherenhälfte (**a'** Fig. 2), am untern Ende des Connectivs beim Eingang in die enge Kronröhre, steril und verwächst mit dem gleichartigen Theil des benachbarten zweiten Staubblattes zu einem eigenthümlichen Hebelapparat, der den Eingang zum Honigbehälter versperrt, aber drehbar ist um die zwei eigentlichen, sehr kurzen Filamente, wie in Fig. 2 halb schematisch dargestellt ist.

Die Oberlippe der blassvioletten Blüthe birgt in ruhendem Zustande die zwei gebogenen langen fadenartigen Connectiva und die pollenbildenden Antherenhälften, so dass von dem männlichen Sexualapparat an der unberührten Blüthe von aussen nichts wahrgenommen wird. Die Unterlippe **ll** (Fig. 1 und 2) dagegen dient den honigsuchenden Bienen und Hummeln als Aufflieg-Stelle und Ruhepunkt während des Honigsaugens. Die in dieser Figur dargestellte Holzbiene hat den versperrten Eingang zum Honigbehälter forcirt: der Hebelapparat bewegte sich hiebei derart, dass die beiden Antherenhälften am obern Ende der gebogenen Connective auf den hintern Theil des Brustkörpers der Biene herabgedrückt wurden. Durch diesen Vorgang werden an den Haaren des Bienenrückens Pollenkörner abgestreift. Fliegt die Biene hinweg, so bewegen sich die Antheren wieder aufwärts und begeben sich unter den Schutz der helmförmigen Oberlippe (**ls**). In der Regel streift die Biene mit ihren pollentragenden Haaren während ihres Rückzuges die Narbe nicht und sollte dies auch geschehen, so würde der dort abgestreifte Blütenstaub dennoch keine Selbstbefruchtung vermitteln, da die Narbe ja erst später empfängnisfähig wird — (proterandrische Blüthen). Dagegen wird die mit Pollen behaftete Holzbiene beim Auffliegen auf andere ältere Blüthen, wo die reifen Narbengabeln (**st**) abwärts gebogen sind, wirksame Bestäubung vollziehen. Bei *Salvia Sclarea*, wie bei *Salvia pratensis* wird also in der Regel Fremdbestäubung durch grosse honigsuchende Insekten vermittelt, denen diese beiden Pflanzenarten angepasst sind.

Fig. 2. Darstellung des Hebelapparates zur Fremdbestäubung in der Blüthe von *Salvia Sclarea*. **ls** — Oberlippe, **ll** — Unterlippe, **pl** — der lange Griffel, welcher unter dem Rücken der Oberlippe verlaufend in die gabelige Narbe **st** endigt, **co** — die zwei parallel verlaufenden obern Theile der fadenartigen Connective,

deren obere Enden die Antherenhälften **a** tragen, in der unberührten Blüthe ganz von der helmförmigen Oberlippe eingeschlossen. **co'** — untere Theile der Connective, steril, durch die metamorphosirten Antherenhälften **a'** zu einem Hebelapparat verwachsen, der um die Drehpunkte **f'** drehbar und an den obern Enden der kurzen Filamente **f** inserirt ist. **R** — der unter dem Hebelapparat in die enge Kronröhre vorgeschobene Insectenrüssel, **lg** — die lange aus dem Rüssel vorgeschobene feinbehaarte Zunge, welche bis zum Blüthenrunde reicht und dort den Honig leckt. Während dieses Eingreifens von Seiten des Insects bewegen sich die obern Connectivtheile **co** mit den pollenentleerenden Antherenhälften **a** in die Lage der punktirten Linie, ganz so, wie in Fig. 1. Vergrößerung 9 ($\frac{9}{1}$).

Fig. 3. Blüthe von *Salvia pratensis* L. (Wiesensalbei), von links gesehen; Vergröss.: 6 ($\frac{6}{1}$). **st** — Stellung der Narbengabel im ersten Stadium, wo sie noch nicht empfängnisfähig ist. **st'** — Stellung derselben im zweiten Stadium (empfängnisfähig). **a** und **a'** — Stellung der reifen Antherenhälften vor und während des Insektenbesuches. (Nach H. Müller).

Fig. 4. Der Hebelapparat der Staubblätter von *Salvia pratensis*, schief von vorn gesehen. **a a** — reife Antherenhälften am obern Ende der langen Connectiv-Arme **co co**; **f** — die kurzen

Filamente, an deren obern Ende die Connective befestigt sind. **v** — die Verwachsungsstelle der untern, sterilen Antherenhälften, welche in der unberührten Blüthe den Eingang in die enge Kronröhre versperren. Vergr. $\frac{6}{1}$. (Nach H. Müller).

Fig. 5. Kopf der Gartenhummel (*Bombus hortorum* ♀) Vergr. $\frac{6}{1}$; in mittlerer Saugstellung. **li** — Zunge. **pl** — Lippentaster. **pl'** — die untersten, zu einem Theil der Zungenscheide umgewandelten Glieder der Lippentaster. **la** — Unterkieferlade. **lbr** — Oberlippe, labrum. **md** — Oberkiefer, mandibula. **mt** — Kinn, mentum; **st** — Stamm des Unterkiefers, stipes. **o** — Auge. (Nach H. Müller).

Von der vortrefflichen Einrichtung des Hebelapparates an den Staubblättern der Salbei-Blüthen kann sich Jedermann leicht überzeugen, wenn eine Bleistiftspitze oder eine Stecknadel in die vollkommen entwickelte frische Blüthe von *Salvia pratensis* oder von *Salvia sclarea* in ähnlicher Weise eingeführt wird, wie die Biene ihren Rüssel zum Honigbehälter vorschiebt. Dabei bewegen sich die obern Theile der Staubblätter so, dass der hintere Theil der Bleistiftspitze mit Pollen behaftet wird. Durch diesen mechanischen Eingriff ist es uns jederzeit möglich, an derartigen Blüthen künstlich die Fremdbestäubung zu vermitteln und dadurch die Stelle von honigsuchenden Insekten einzunehmen.

- Literatur:**
- 1) **Sachs, J.** Lehrbuch der Botanik, Cap. über die Sexualität. (Leipzig 1874).
 - 2) **Müller, Hermann.** Die Befruchtung der Blumen durch Insekten. (Leipzig 1873).
 - 3) **Hildebrand.** Ueber die Befruchtung der *Salvia*-Arten, Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik (IV. Leipzig 1865).
 - 4) **Conrad Sprengel.** Das entdeckte Geheimniß der Natur im Bau und der Befruchtung der Blumen. (Berlin 1793).
 - 5) **Darwin.** The effects of cross and self fertilisation in the vegetable kingdom. (London 1876). Kreuz- und Selbstbefruchtung im Pflanzenreich. (Deutsch, bei Schweizerbart in Stuttgart).
 - 6) **Darwin.** Die verschiedenen Blütenformen an Pflanzen der nämlichen Art. (Stuttgart 1877). (Vergleiche auch die Tafel mit *Ophrys Arachnites*).

Centaurea Cyanus L.

Wenn unter den Monocotyledonen die Orchideen wegen ihrer hohen Differenzirung in der Geschlechtersphäre (man vergleiche die Tafel mit *Ophrys Arachnites*) im natürlichen Systeme die höchste Stelle angewiesen erhielten, so sind es unter den Dicotyledonen unstreitig die Compositen (Korbblüthler), welche bei einer natürlichen Gruppierung die höchste Rangstufe, den ersten Platz einzunehmen haben. Denn bei diesen Gewächsen ist die züchtende Natur zu Resultaten gelangt, welche den mit diesen Acquisitionen ausgestatteten Pflanzen so viele Vortheile bieten, wie dies bis jetzt keiner andern Pflanzengruppe vergönnt ward. Hier feiert — bildlich gesprochen — die natürliche Zuchtwahl Triumphe, welche es uns erklären, warum in der jüngsten Periode biologischer Entwicklung, seit der Tertiärzeit bis in die Gegenwart, gerade die Compositen eine Ausbreitung erlangt haben, welche in der lebenden Pflanzenwelt ohne Beispiel dasteht; bilden ja doch gegenwärtig die Compositen circa den zehnten Theil aller Blütenpflanzen und ist ihre Speciesbildung noch nicht abgeschlossen, da bekanntlich in der Neuzeit mehrere Gattungen, z. B. *Hieracium*, unstreitig in einem Umwandlungsprocess begriffen sind. Dies machte es wünschbar, in einer Tafel unseres „Atlas“ dieser 10,000 Species umfassenden Familie Vertretung zu geben.

Zu den dieser Pflanzenfamilie zukommenden Eigenthümlichkeiten, welche ihr einen grossen Vortheil im Wettbewerb um die Existenz gewähren, nennt H. Müller (v. unten Literatur) in erster Linie: die Vereinigung vieler Blüten zu der Genossenschaft eines Blütenkörbchens, weil dadurch die Augenfälligkeit der Blüten weit grösser wird, als wenn letztere einzeln stehen würden; hiedurch wird folgerichtig der Insektenbesuch ein weit ausgiebigerer. Dieser Vortheil wird in den meisten Fällen noch dadurch erheblich gesteigert, dass entweder

- a) die Blüten einzeln ihre Blumenkrone nach Aussen biegen (Cynareen: Disteln und Artischocken) oder
- b) den Saum derselben zu einem langen nach Aussen gerichteten Lappen entwickeln (Cichoriaceen: Löwenzahn und Cichorie) oder
- c) dass die Randblüthen auf Kosten ihrer Staubgefässe oder beiderlei Geschlechtsorgane sich zu strahlig vom Blütenkörbchen abstehenden, gefärbten Blättern entwickeln, welche die augenfällige Fläche der ganzen Genossenschaft um das Mehrfache vergrössern (Asteroideen: Aster, Gänseblümchen, Wucherblume) oder endlich
- d) dadurch, dass die innersten Blütenstanddeckblätter diese Rolle übernehmen (Carlina).

Ferner wird durch die Vereinigung vieler Blüten zu einem Körbchen den Insekten ermöglicht, in kürzester Zeit zahlreiche Blüten auszunutzen und zu befruchten; dadurch ist die Wahrscheinlichkeit der Bestäubung durch Insekten enorm gesteigert gegenüber jenen Pflanzen, bei denen kleine Blüten einzeln stehen. „Dieser Vortheil steigert sich häufig noch in hohem Grade dadurch, dass die Scheibenblüthen des Körbchens sich zu einer das Darüberhinlaufen der Insekten ge-

stattenden Fläche zusammendrängen, aus welcher die Geschlechtstheile weit genug hervorragen, um gleichzeitige Befruchtung zahlreicher Blüten zu ermöglichen.“ (Dies ist auch bei unserer *Centaurea Cyanus* in gewissem Grade der Fall). Weiterhin macht die Vereinigung vieler Blüten zu einem Körbchen die Ausbildung der, jedes einzelne Blüthchen schützenden Kelche überflüssig, weil der Gesamtkelch (das Involucrum, die Hülle) des ganzen Blütenkörbchens auf einmal jene schützende Rolle übernimmt, wodurch die Einzelkelche ihrer ursprünglichen Function enthoben und entweder ganz erspart, oder aber zu Fallschirmen (Flugorganen) umgewandelt werden können, welche letztere bei der Aussaat der Samen durch den Wind oder auch durch Thiere von enormem Nutzen sind.

Ein weiterer Vortheil der Compositenblüthe besteht in der Leichtzugänglichkeit des Honigs, worin die Korbblüthler mit den Doldengewächsen übereinstimmen und daher sich einer grossen Zahl besuchender Insekten erfreuen. Aber gegenüber den Doldengewächsen, welche ihren Honig nicht allein allen möglichen Insekten, sondern auch dem Regen aussetzen, stehen die Compositen wieder darin im Vortheil, dass sie ihren Honig nicht nur gegen den Regen schützen, sondern zum grossen Theil auch den fleissigsten und erfolgreichsten aller blumenbesuchenden und Fremdbestäubung vermittelnden Insekten, nämlich den Schmetterlingen und Bienen, reserviren, welche gar oft die Umbelliferen vernachlässigen, weil ihnen dort zahlreiches anderes Gesindel zuvorkommt und den Honig vorwegnimmt, was bei den Compositen mit ihren engen, honigführenden Kronröhren nicht der Fall.

Endlich besitzen die Compositen einen Bestäubungs-Mechanismus, welcher in seinen Effekten nicht minder bewundernswürdig ist, als die sinnigen Einrichtungen zur Fremdbestäubung, wie wir sie bei den Orchideen (siehe Tafel mit *Ophrys*) und bei so vielen Lippenblüthern, z. B. bei *Salvia* (siehe die Tafel dieses Namens) kennen gelernt haben. Alle Compositen besitzen proterandrische Blüten: der Pollen wird reif und gelangt zur Entleerung und Abgabe an die honigsuchenden Insekten, lange bevor die Narbe reif und zur Bestäubung exponirt wird. Jede einzelne Blüthe ist daher beim Aufblühen erst längere Zeit männlich, dann folgt ein zweites Stadium, wo die Narbe empfängnissfähig, der Pollen aber bei Insektenzutritt längst weggeführt ist, so dass die Blüthe in diesem Stadium weiblich zu nennen. Selbstverständlich ergibt sich hieraus eine durchschlagende Begünstigung der Fremdbestäubung, ein Moment, welches für diese ganze Pflanzenfamilie beim Wettbewerb mit anderen, minder günstig ausgestatteten, für den Sieg schwer in die Wagschale fallen musste.

Wir haben zur Illustration der im Vorstehenden nur allgemein diagnosirten Verhältnisse der Compositen die blaue Kornblume, *Centaurea Cyanus*, gewählt, weil der Bau des Körbchens als Ganzes, die Ausstattung der randständigen und der Scheibenblüthen, der Bestäubungs-Mechanismus und die Ausstattung

der Frucht, nicht minder aber auch der Charakter der die Fremdbestäubung vermittelnden Insekten bei dieser Pflanze ganz besonders dazu einladen.

Centaurea Cyanus ist als Getreideunkraut seit alten Zeiten im südlichen und mittlern Europa, sowie in Vorderasien allgemein bekannt und wird gegenwärtig nicht allein in Europa, sondern auch in Amerika vielerorts als Zierpflanze in den Gärten gehalten. Im Herbste keimend, überdauert sie den Winter als kleines unscheinbares Pflänzchen, das sich im folgenden Frühjahr alsbald zu einer 30—60 und noch mehr Centimeter Höhe erreichenden aufrechten, unregelmässig verzweigten Staude entwickelt. Die Blätter (Fig. 1) sind lineal-lanzettlich, oben in eine Spitze auslaufend; während die untersten Blätter zuweilen dreitheilig oder doch gezähnt sind, erscheinen die oberen, zur Blüthezeit noch vorhandenen Blätter ganzrandig. Die Blätter sowohl, als die schlanken, rasch verholzenden Stengel und Zweige sind grau behaart, daher nie lebhaft grün. Zur Zeit der Roggen- und Weizenblüthe entwickeln sich an den Enden der Stengel und ältesten Zweige die ersten Blütenkörbchen (a b c d Fig. 1). Nach stattgehabter Befruchtung sämtlicher Körbchen entwickeln sich rasch die mit Haarkronen versehenen Früchte (Fig. 5), die alsbald vom gemeinsamen, mit Spreublättchen (Spr in Fig. 1 f) besetzten Fruchthoden abfallen, worauf die mütterliche Pflanze stirbt. In Süddeutschland und der Schweiz begegnet man alljährlich einigen spätblühenden Exemplaren von *Centaurea Cyanus* noch im September, ja sogar noch im Oktober, obschon die Kornblume — wie bekannt — mit Recht das freundliche Symbol des Hochsommers darstellt.

Das einzelne Blütenkörbchen besitzt ein nach Oben schwach convex gekrümmtes Receptaculum (Blütenboden B in Fig. 2), auf welchem — von dachziegelig angeordneten Hüllblättern (Involucrum, Inv. Fig. 2) umgeben — 8 bis 12 grosse geschlechtslose Randblüthen und 13—25 oder mehr röhrige, hermaphrodite Mittelblüthen inserirt sind. Wie schon aus Fig. 1 ersichtlich, wo 4 blühende Körbchen in verschiedenen Stellungen dargestellt wurden (a b c d), sind die Mittelblüthen bedeutend kleiner als die Randblüthen und nehmen dieselben, obgleich sie in grösserer Anzahl als diese vorhanden sind, nur den kleinern Theil der blau und dunkelviolett schimmernden Fläche des geöffneten Körbchens ein. In der That sind die Randblüthen äussert luxuriöse Verzierungen, welche den Durchmesser der die honigsuchenden Insekten so erfolgreich lockenden Blumenfläche verdreifachen. Freilich haben diese prunkenden, kobaltblauen Randblüthen nur verkümmerte Geschlechtsorgane; der Staubblattapparat fehlt ihnen vollständig und vom Gynaecium ist nichts übrig geblieben, als ein rudimentärer Fruchtknoten, der keine Samenknope enthält, keinen Griffel bildet und auch keinen Pappus besitzt. Die Randblüthen sind vollständig vom direktem Dienste der geschlechtlichen Fortpflanzung zurückgetreten, um so wirkungsvoller traten sie in den indirekten Dienst des Geschlechtslebens; sie differenzirten sich zu ausschliesslichen Lockmitteln gegenüber den die Fremdbestäubung vermittelnden Insekten.

Das einzelne Randblüthchen (Rb Rb Fig. 2) sitzt mit seinem verkümmerten Fruchtknoten an der

Peripherie des mit zarten, fast haarförmigen Spreublättchen besetzten Blütenbodens. Ueber dem verkümmerten, pappusfreien Fruchtknoten erhebt sich, den sanft gebogenen Involucral-Blättern (Inv. in Fig. 2) anliegend, eine im untern und mittlern Theil sehr enge, nach Oben sich allmählig erweiternde Kronröhre in einer Länge von 12—16 Millimeter. Am vollständig geöffneten Körbchen werden die Randblüthen so gebogen, dass ihre oberen Theile wagrecht nach allen Richtungen ausstrahlen (Fig. 1 a b c & d; Fig. 2 Rb). An dem obern, trichterartig erweiterten Ende der Randblüthen-Röhre finden sich 7—8 Kronlappen, 3—5 Millimeter lang, welche durch mehr oder minder tief klaffende Einschnitte von einander getrennt sind. In der Regel überragen die 4, im geöffneten Körbchen oben liegenden Kronlappen die 3 oder 4 unteren, welche bedeutend kleiner sind, um ein Beträchtliches. Da alle diese Lappen trichterförmig auseinanderstehen (Fig. 1 a b c d) und alle sichtbaren Theile der Randblüthen schön kobaltblau gefärbt sind, so verleihen sie dem ganzen Körbchen, gleichviel von welcher Seite dasselbe betrachtet werde, einen ungemein effektvollen Reiz, der so lange anhält, bis auch das letzte Blüthchen im Innern des Körbchens vollständig entwickelt und befruchtet ist; denn selbst welkende und trocken werdende Randblüthen verändern Form und Farbe sehr wenig. Alles ist an diesen Gebilden bloss für das Auge berechnet; denn Aroma und Honigabsonderung gehen den Randblüthen vollständig ab.

Anders verhält es sich nun mit den 13—25 zwitterigen Blüthen des Mittelfeldes (A B B C Fig. 2). Der Fruchtknoten derselben (fr fr Fig. 2) ist wohl ausgebildet, von eiförmiger Gestalt, $1\frac{1}{2}$ —2 Millimeter hoch und etwa halb so dick. Er sitzt ebenfalls direkt auf dem mit farblosen Spreublättchen besetzten Blütenboden (B B) und schliesst eine einzige wohl entwickelte Samenknope (Sk Fig. 2) ein, während an seinem obern Ende, die Basis der Kronröhre umgebend, ein Kranz dicht stehender, ungleich langer gezählter Haare, die sogenannte Federkronen (Pappus) sitzt, welche das einzige wahrnehmbare Gebilde des zur einzelnen Blüthe gehörenden eigentlichen Kelches darstellt.

Der Fruchtknoten ist auf seiner ganzen Oberfläche etwas kurz behaart (entgegen den Angaben mancher Floristen, dass er glatt sei). Innerhalb des Pappus erhebt sich über dem Fruchtknoten die ziemlich enge, 6—7 Millimeter lange Kronröhre, die sich an ihrem obern Ende in ein glockenförmiges 2—2 $\frac{1}{2}$ Millimeter hohes Gebilde erweitert (Gl Fig. 2). Am obern Rande des letztern erheben sich 5 ungefähr $3\frac{1}{2}$ —4 Millimeter lange, aber sehr schmale Kronzipfel, die bei den vollständig geöffneten Blüthen nach allen Seiten ausstrahlen (Crl in Fig. 2), meistens aber so gebogen erscheinen, dass sie einen nach Oben weit geöffneten glockenförmigen äusseren Raum markiren. Die Farbe jener 5 Kronlappen variirt bedeutend: an der äussern obern Spitze sind sie prächtig kobaltblau, wie die Kronzipfel der Randblüthen; weiter abwärts aber, gegen das Glöckchen hin, geht ihre blaue Farbe allmählig in ein blässeres Violett über, welches sich auch über die ganze Aussenseite des Glöckchens verbreitet und an der Kronröhre abwärts steigend allmählig ganz erblasst.

Mit den Kronzipfeln alternirend finden wir im Innern und am Grunde des Glöckchens 5 Staubblätter inserirt (**fi** Fig. 2), deren Filamenttheile in der unberührten Blüthe sanft nach Aussen, gegen die Glöckchenwand gebogen sind und nicht ganz die obere Oeffnung des Glöckchens erreichen. Hier tragen sie die langen, mit einander in eine Röhre verklebten Staubbeutel (**an an** Fig. 2 & 3), die ihrerseits selbst wieder nach Oben in eine eigenthümliche Röhre verlängert sind, welche durch scheidelständige Anhängsel (**ap ap** Fig. 2 & 3) gebildet wird und am obern Ende mehr oder weniger stark gekrümmt ist. Im ersten (männlichen) Stadium der Blüthe, da letztere kaum den Knospenzustand verlassen hat, ist die Antherenröhre als Ganzes (die Anhängsel **ap ap** mit inbegriffen) am Scheitel geschlossen, im zweiten (weiblichen) Stadium der Blüthe aber geöffnet, da der durch die ganze lange Antherenröhre heraufwachsende Griffel bei seiner weitem Streckung, am Scheitel der Röhre angelangt, die 5 Anhängsel (**ap ap**) etwas auseinander drängt und, durch die entstandene Oeffnung hinausragend, weiter wächst (vergl. in Fig. 2 Blüthe **A**, wo der Griffel noch ganz in der Antherenröhre eingeschlossen ist und am Scheitel der letztern erst Pollen **po** hervorquillt, mit den beiden Blüthen **B B**, wo bereits der obere Theil des Griffels die Antherenröhre überragt).

Aus dem Grunde der dem Fruchtknoten aufsitzenden Kronröhre erhebt sich der Griffel (**gr** in Fig. 2 & 3), der mit dem Fruchtknoten selbst in direktem Zusammenhange steht, wenn es gleich den Anschein macht, als wäre zwischen beide ein drittes Gebilde, das Nectar absondernde Organ (**nn** in Fig. 2) eingefügt; allein dieses — den Griffel vom Fruchtknoten nur scheinbar trennende Gebilde — ist ein ringförmig um die Griffelbasis herumlaufendes Gewebe, welchem Hildebrand den passenden Namen „Nectar-kragen“ gegeben hat; es ist nicht etwa ein solider Cylinder, der zwischen Griffel und Fruchtknoten eingeschoben beide von einander trennte, sondern nur ein ringförmiger Hohlcyylinder, der das mehr oder weniger verjüngte, dem Fruchtknoten direkt aufsitzende unterste Griffelstück kragenartig umfasst und reichlich Honig absondert. Der fadenförmige Griffel (**gr**) zieht sich durch die ganze lange Kronröhre hinauf, passirt die Längsaxe des Krönglöckchens und setzt sich weiter fort, in die Antherenröhre (**an—ap** Fig. 2 & 3) hineinragend; ja — beim Uebergang vom ersten in das zweite Blütenstadium durchbricht der Griffel auch das obere vorher geschlossene Ende der Antherenröhre und wächst noch weiter, so dass sein oberes Ende endlich etliche Millimeter über die letztere hinausragt (Fig. 2 die beiden Blüthen **C**, rechts und links gegen den Rand des Körbchens).

Das obere Ende des Griffels zeigt im ausgewachsenen, empfängnisfähigen Zustande zwei kurze, aus einander klaffende Schenkel (**st st** Fig. 2, 3 & 4), welche auf ihrer Innen- (Ober-) Seite die glatte Narbenfläche tragen, auf welcher der gelegentlich hier abgestreifte Pollen, durch die Narbenfeuchtigkeit festgehalten, kleben bleibt und zur Keimung gelangt, wie dies bei **po'** Fig. 4 dargestellt ist. Es muss bemerkt werden, dass bei *Centaurea Cyanus*, abweichend von den meisten andern Compositen, die empfängnisfähige Narbe ohne Papillen, also durchaus

glatt ist, während die nach Aussen concav umgekrümmte Oberfläche der Griffeläste dicht mit papillenartigen oder sägezahnigen Vorsprüngen versehen ist (Fig. 4 **st' st'**). Im ersten Stadium der Blüthe sind die beiden Narbenflächen nicht exponirt, sondern, weil die beiden Griffelschenkel noch dicht an einander liegen (**st st** in den Blüthen **B B** Fig. 2 & 3) gegen jede Berührung, also auch gegen die Belegung mit Pollen gesichert.

Unterhalb der beiden Griffelschenkel findet sich ein rings um den betreffenden Griffeltheil herumlaufender Kranz von mehr oder weniger ungleich langen Haaren, welche in ihrer Gesammtheit die „Griffelbürste“ oder der „Fegeapparat“, Fegehaare (poils balayeurs) genannt werden. Sie sind schief nach Aussen und Oben gerichtet, nach Länge und gegenseitiger Stellung so organisirt, dass sie in der That eine Fege-Bürste darstellen, die in wunderbar vollkommener Weise sämtlichen Blütenstaub aus der Antherenröhre herausbürstet (**br br** Fig. 2, 3, 4). Diese Bürste ist nächst der klebrigen Narbenfläche der wichtigste Theil des ganzen Griffels; würde sie bei irgend einer Blüthe unterdrückt, so könnte der Pollen entweder gar nicht oder nur theilweise aus der Antherenröhre entleert werden.

Nach diesen, durchaus nothwendigen detaillirten Auseinandersetzungen ist es uns möglich gemacht, nun den Vorgang der Pollen-Entleerung aus der Blüthe und den Bestäubungsvorgang auf der Narbe zu verstehen; Kurz bevor die Einzelblüthe am Ende ihres Knospenzustandes angelangt ist, reicht der Griffel (**gr**) mit seinem geschlossenen, etwas zugespitzten Narben-Ende in der nach Oben ebenfalls geschlossenen Antherenröhre bis dicht unter den Scheitel der mit einander verklebten Antheren-Anhängsel. In diesem Stadium sind die Staubbeutel noch geschlossen. Nun strecken sich die Filamente (**fi fi**) derart, dass die ganze Antherenröhre mehr und mehr aus dem Glöckchen der Blütenkrone emporragt; hiebei gelangt, da der Griffel nicht in gleichem Masse weiterwächst, die Griffelbürste nach und nach vom obern zum untern Ende der Antherenröhre. Jetzt erst öffnen sich die Staubbeutel und zwar, wie bekanntlich bei allen Compositen, ins Innere der Antherenröhre hinein. Sobald dies geschehen ist, hört die Streckung der Filamente auf; der Griffel aber fährt in seinem Wachstum fort, verlängert sich rasch und fährt mit seiner Bürste nun vom untern Theil der Antherenröhre an durch die ganze Höhlung der letzteren bis zum Scheitel hinauf, mit seiner Bürste den in der Röhre liegenden Blütenstaub sauber vor sich herfegend (Fig. 3). Die scheidelständigen Theile der Antheren-Anhängsel (**ap** Fig. 3) werden durch den von der Griffelbürste von Unten nach Oben gedrückten Pollen etwas auseinander getrieben, wobei der feuchte Blütenstaub nach und nach in wurmartig zusammenhängenden Massen aus dem obern Loch der Antherenröhre hervorquillt. Der Griffel stösst endlich mit seinem Scheiteltheil auf der Innenwand der etwas gekrümmten Partie der Antherenröhre an und wird durch diesen gekrümmten, sehr steifen Theil beim Weiterwachsen selbst in gleichem Sinne von der geraden Richtung abgelenkt; er wird derart gebogen, dass sein Scheitel in schiefer Richtung nach Oben, gegen das Centrum des Blütenkörbchens

geneigt erscheint. Diese, der Bestäubung durch Insekten ungemein günstige Ablenkung des obern Griffeltheiles findet sich in ungleichem Grade bei allen Zwitterblüthen eines Körbchens, bei den innersten Blüten weniger stark, bei den peripherischen Blüten am stärksten, (man vergl. in Fig. 2 die Blüten A mit den letzten rechts und links stehenden Blüten C C). Wenn der Narbentheil des Griffels aus dem obern Loch der Antherenröhre tritt, so ist die Narbenfläche noch vollständig gegen die Belegung durch Blütenstaub gesichert, weil die Griffelschenkel noch dicht an einander liegen und die Narbenflächen sich selbst gegenseitig decken. Dagegen ist dieser ganze Griffeltheil bis zur Bürste und diese letztere selbst vollständig von Pollen bedeckt, so dass man diese Theile gar nicht sieht (Fig. 2 die Blüte A links). In dieser Zeit, wo auch die 5 blauen Kronzipfel der Blüte hinreichend aus einander treten, um den Insekten den Zutritt zum Honig, welcher nicht nur die ganze enge Kronröhre, sondern auch den untern Theil des Glöckchens erfüllt, zu gestatten, können nun die Liebesboten der Blumen in Funktion treten. Bei dem lebhaften Insektenbesuch, dem die Kornblumen ausgesetzt sind, wird der aus den Antherenröhren durch den rasch wachsenden Griffel ausgestossene Pollen in der freien Natur meist vorweg abgestreift und am haarigen Kleid der Gäste weiter geschleppt. Der Griffel verlängert sich immer mehr und mehr, bis er circa 3—5 Millimeter über das obere Ende der Antherenröhre hinausragt. Bis zu dieser Zeit ist von den honigsuchenden Insekten der Blütenstaub vom Scheitel des Griffels und von den Haaren der Fegebürste meist vollständig entfernt. Bis jetzt stand die Blüte im männlichen Stadium.

Nun aber, wenn der Griffel seine endgiltige Länge erreicht hat, treten die beiden kurzen Griffelschenkel am Scheitel auseinander und krümmen sich mit ihrem obern Theil derart, dass sie den Schenkeln einer Leier gleichen, die nach Unten nur wenig aus einander klaffen (Fig. 2, Blüten C C und Fig. 4). Dieses Auseinanderklappen der Griffelschenkel ist die Folge eines grössern Turgors in den ausreifenden Geweben der nun empfängnisfähigen Narbe. Die letztere wird hiebei, wie leicht ersichtlich, der Berührung durch Insekten ausgesetzt und der Bestäubung unterworfen, lange Zeit, nachdem der Pollen derselben Blüte entleert und von den Insekten verschleppt wurde. In diesem Zustande befindet sich die Blüte im zweiten, im weiblichen Stadium und es leuchtet ein, dass von einer Sichel selbstbestäubung der Blüten durchaus keine Rede sein kann, wohl aber sind die erfolgreichsten Einrichtungen getroffen, um die Fremdbestäubung bis zum Grade einer gesetzmässigen Gewissheit zu führen.

Zu diesen wunderbar harmonischen Einrichtungen gehört nun auch noch die Reizbarkeit der kurzen, im Kronglöckchen eingeschlossenen Filamente (ff Fig. 2 & 3), die so lange dauert, als die Blüte im Stadium der Pollenentleerung steht. Wird nämlich im ersten (männlichen) Stadium entweder ein einzelnes Filament (beim Honigsaugen) oder aber der ganze Staubblattapparat (z. B. die Röhre der Staubbeutel-Anhängsel ap ap) durch irgend eine Berührung er-

schüttert, so contrahiren sich die Filamente (ff ff Fig. 2 & 3), verkürzen sich um ein Bedeutendes, ziehen dabei die entweder noch ganz oder nur noch zum Theil mit Pollen erfüllte Antherenröhre längs des steifen Griffels derart hinunter, dass aus der obern Oeffnung der Antherenröhre eine Menge Pollen herausgedrückt wird (Fig. 3) und endlich auch der obere Theil des Griffels sammt seiner Fegebürste (mit Pollen bedeckt) nach Aussen tritt. So geschieht bei Insektenbesuch die Entleerung des Pollens fast regelmässig in kürzester Frist und zu einer Zeit, wo — eben wegen der Anwesenheit von Insekten — die beste Gelegenheit geboten ist, den rasch entleerten, durchaus noch frischen Pollen an die wohlthätigen Vermittler der Fremdbestäubung abzugeben; denn je frischer der Blütenstaub, desto feuchter ist er und desto leichter haftet er an den Theilen der Insektenkörper, welche mit ihm in Berührung kommen. Bleibt die Blüte gegen Berührungen jeder Art geschützt (z. B. wenn sie im Zimmer zur Anthese gelangt), so unterbleiben selbstverständlich diese Reizbewegungen der Filamente; der Pollen wird dann nur allmähig in wurmförmigen Massen durch den sich streckenden Griffel herausgebürstet und ist dies geschehen, so verlieren auch die Filamente ihre Reizbarkeit, weil ja eine längere Dauer der Contractilität derselben nichts mehr nützen würde, da ja der Pollen ohnedies schon entleert wurde.

Es mag am Platze sein, hier etwas näher auf dieses sonderbare Phänomen der Staubfaden-Reizbarkeit einzugehen. Dieselbe kommt nicht allein unserer *Centaurea Cyanus* zu, sondern auch andern Arten der Gattung *Centaurea* (*C. Jacea*, *C. macrocephala*, *C. Scabiosa*), ferner manchen Disteln (auch dem zierlichen *Gnaphalium dioicum*) und andern Cynareen.

Es sind über die durch Erschütterung reizbaren Organe eingehende Untersuchungen von verschiedenen Forschern angestellt worden. Sachs referirt über die diesbezüglichen Ergebnisse, soweit sie die reizbaren Staubfäden der Cynareen betreffen, ungefähr folgendermassen: Präparirt man zur Zeit der Pollenreife an den Einzelblüthen von *Centaurea* die Krone (das Glöckchen und die Kronzipfel Fig. 3) weg, so ziehen sich die fünf Filamente, die im ungereizten Zustande im Sinne der Glöckchenwand nach Aussen gebogen waren, (Fig. 2 ff bei Blüte B rechts) gerade und legen sich parallel neben den von ihnen umstandenen Griffel; sich selbst überlassen tritt jedoch eine Verlängerung der Filamente ein; sie krümmen sich, je wärmer die Luft, desto schneller, convex nach Aussen. Berührung oder Erschütterung bewirkt sofort, wenn sie sämmtliche Filamente trifft, eine abermalige Verkürzung derselben; wird nur ein Filament gereizt, so verkürzt sich dieses unter Geradstreckung allein, um nach 6—15 Minuten sich wieder zu verlängern und einen nach Aussen convexen Bogen zu bilden. Werden die fünf Filamente von der sie oben zusammenhaltenden Antherenröhre (an—ap in Fig. 2) abgeschnitten, so krümmen sie sich concav nach Aussen, dann umgekehrt nach Innen; werden sie berührt, so schlagen sie sich zurück, krümmen und schlängeln sich, richten sich wieder auf, beugen sich nach der entgegengesetzten Seite, schlingen sich um einander u. s. w. Auch schwache elektrische Ströme bewirken die Zusammenziehung augenblicklich; dann tritt aber wieder Ausdehnung ein; starke Ströme

tödteten sie sofort. Wenn die Filamente von selbst absterben, so ziehen sie sich auf ein Minimum zusammen. Der Werth der Verkürzung eines gereizten Filamentes wurde von Cohn im Mittel bei *Centaurea macrocephala* und *americana* zu 12% der Länge des reizbaren Zustandes angegeben, während Unger eine Verkürzung von 26% angibt. Es ist hier nicht der Ort, auf die elementaren Ursachen dieser Reizbewegungen einzutreten, wie sie sich in verschiedenen Gewebespannungen und Veränderungen der einzelnen Zellen, welche den Staubfaden aufbauen, geltend machen; auch gehen die Ansichten über diese inneren Vorgänge noch sehr aus einander. Thatsache ist aber, dass von allen bis jetzt beobachteten Reizbewegungen der Filamente bei Compositen diejenigen von *Centaurea Cyanus* als die augenfälligsten erkannt wurden. An Blüten, die man im Zimmer so weit sich entwickeln lässt, dass die nach Oben zusammenschliessenden, klappenförmigen Anhängsel (*ap* in Fig. 2 & 3) der Staubbeutel (*an*) sich von selbst öffnen, kann man nach vollzogener Erschütterung der Antherenröhre diese letztere sich rasch um 2, 3, dann langsamer nach und nach bis 5 oder 6 Millimeter weit längs des Griffels sich abwärts bewegen sehen, so dass in wenigen Sekunden, nicht allein aller Blütenstaub, sondern auch noch ein 3—4 Millimeter langes Stück des obern Griffeltheiles über der Antherenröhre zum Vorschein kommt. Im Freien dagegen, wo die Kornblumen ja bei trockener Witterung fast fortwährend von Insekten besucht werden, die den Reiz in kurzen Intervallen wiederholen, wird man selten Gelegenheit haben, die Reizbewegung sich so energisch vollziehen zu sehen, eben weil die Filamente dort selten den höchsten Grad der Spannung erreichen, ehe von Seite eines naschenden Insektes die Spannung entladen wird.

Noch bleibt zu erwähnen, dass die zwitterigen Blüten bei *Centaurea Cyanus* in 2 oder 3 concentrischen Kreisen angeordnet sind und dass die den geschlechtslosen Randblüthen zunächst liegenden, also peripherischen Zwitterblüthen sich zuerst öffnen und zwar lange Zeit, bevor die Anthese der inneren, centraler gelegenen Blüthen beginnt; denn nach den peripherischen Zwitterblüthen kommt die Reihe an den nächstfolgenden zweiten Kreis. Zu der Zeit, da die innersten Blütenknospen sich öffnen und ihre Antherenröhren entleeren, sind meist die peripherischen Zwitterblüthen ihres eigenen Pollens längst beraubt und ihre Narben von fremdem Pollen bestäubt. Nun muss sofort einleuchten, dass durch diese Verhältnisse nicht allein die Fremdbestäubung zwischen den Blüten desselben Körbchens begünstigt ist, sondern dass etliche Blüten eines jeden Körbchens durchaus nur mit dem Pollen von Blüten eines andern Körbchens bestäubt werden können; denn durch die honigsuchenden Insekten ist in der Regel längst schon aller Blütenstaub aus dem Körbchen weggetragen und verschleppt worden, ehe die Narben der innersten, zuletzt sich öffnenden Blüten der Bestäubung exponirt werden. Die innersten Blüten eines jeden Körbchens müssen daher wie bei den meisten andern Compositen durchaus mit Pollen eines andern, jüngern Körbchens belegt werden, wenn sie überhaupt Früchte bilden sollen.

Eine Sichselbstbestäubung irgend einer Blüthe des Körbchens ist, wie oben bemerkt, geradezu undenkbar; dagegen ist anzunehmen, dass auch in freier Natur

bei dem seltenen Falle des Ausbleibens aller Insekten eine Bestäubung zwischen den Blüten desselben Körbchens wenigstens theilweise eintreten kann, wenn in Folge der schiefen Stellung eines geöffneten Blütenkörbchens zufällig durch die Schwerkraft einzelne unberührte Pollenmassen von centralen Blüthen auf die Narben peripherischer gelangen. Allein dies ist ein höchst seltener, kaum in Rechnung zu bringender Fall; vielmehr werden in der Regel die einzelnen Blüthen von honigsuchenden, fliegenden Insekten erst ihres eigenen Pollens entledigt, dann später mit dem Pollen aus andern Blüthen, letzterer wohl meistens aus andern Köpfchen stammend, bestäubt.

Unter den bisher auf *Centaurea Cyanus* beobachteten honigsuchenden und Bestäubung vermittelnden Insekten habe ich bei Fig. 1 zwei verschiedene Arten, ein langrüsseliges, nämlich die Gamma-Eule (*Plusia gamma*) und ein kurzrüsseliges, die Schnepfenfliege (*Empis livida*) beide in verschiedener Stellung zur Anschauung gebracht.

Dadurch soll angedeutet werden, dass die Kornblume von verschiedenartigen Insekten besucht, ausgebeutet und bestäubt wird. In der That ist der Honig, welcher in so reichlicher Masse vom Nectartragen (*n* Fig. 2) abgesondert wird, dass er bis in das Glöckchen der Blütenkrone emporsteigt, auch kurzrüsseligen Insekten mehr oder weniger zugänglich, indess ein Theil des Nectars, nämlich derjenige in der langen und engen Kronröhre, den langrüsseligen Schmetterlingen, Bienen und Hummeln reservirt wird, woraus sich erklärt, dass auch diese geschätztesten aller Fremdbestäuber sich hier einstellen. Die Gamma-Eule wurde oben in Fig. 1 fliegend, unten auf einem blühenden Körbchen sitzend und saugend dargestellt. Sie besucht die Kornblume häufig. Ebenso gilt das letztere von der mit bedeutend kürzerem Rüssel ausgestatteten Schnepfenfliege (*Empis livida* (*Em* in Fig. 1)). Ausserdem wurden auf der Kornblume beobachtet: die Honigbiene, sehr häufig und zwar sowohl Pollen sammelnd als Honig saugend, dabei selbstverständlich Bestäubung vermittelnd; ferner die Waldhummel (*Bombus silvarum*) saugend, und von andern Bienenartigen: *Megachile maritima*, ebenfalls saugend; von der Sippe der Mordwespen, Sphegidae: *Psammophila affinis*, mit ihrem 5 Millimeter langen Rüssel saugend, von den Zweiflüglern (nebst der Schnepfenfliege, *Empis livida*): *Eristalis arbustorum*, Pollen fressend und *Rhingiarostrata*, letztere saugend.

Nach vollzogener Bestäubung aller Blüten eines Körbchens senken sich die welk werdenden luxuriösen Randblüthen und während die Kronen der Mittelblüthen erblassen und zusammenschrumpfen, entwickeln sich die Früchte rasch. Alle farbigen Krontheile, sowie Griffel und Staubblattapparate verdorren, die nach Oben flaschenförmig verengerten Fruchtkorbchen öffnen sich während des letzten Ausreifens der Fruchtkornchen, indem die dachziegelig angeordneten Blätter des Involucrum austrocknend sich radial in eine Ebene ausbreiten (Fig. 1 rechts unten *Inv*). Die zwischen haarfeinen trockenen Spreublättern (*Spr*) des Fruchtbodens stehenden Fruchtkornchen gelangen zum Vorschein und fallen alsbald ab (Fig. 5). Sie sind mit einem sitzenden Pappus (*p* Fig. 5), der aus mehreren concentrisch angeordneten, randständigen, sägezahnigen steifen Borstenhaaren besteht, versehen und über der ganzen Oberfläche mit kurzen Härchen besetzt.

Fig. 1. Habitusbild. Fragmente der blühenden und mit Körbchenknospen ausgestatteten Pflanze mit den honigsuchenden Insekten. **a, b, c, d** — vier geöffnete Körbchen von verschiedenen Seiten gesehen. **e** — eine Körbchenknospe im Momente, da sie sich zu öffnen beginnt, die dachziegelige Anordnung der Hüllblätter zeigend. **e'** — eine sehr junge Körbchenknospe. Auf dem Körbchen **b** und **c** je eine Schnepfenfliege, *Empis livida* (**Em**) in verschiedener Stellung gegen die Mittelblüthen vorschreitend. Ueber dem Körbchen **b** schwebend: die Gamma-Eule, *Plusia gamma* (**Pg**), im Begriffe, an das Körbchen aufzufliegen; unten dieselbe auf dem Körbchen **d** in sitzender Stellung saugend. Rechts von dieser etwas höher: ein geöffnetes Fruchtkorbchen **f** mit radial ausgebreiteten Hüllblättern (**Inv**) und den haarfeinen Spreublättern (**Spr**) des Fruchtbodens. Vergrößerung $4\frac{1}{2}$.

Fig. 2. Senkrechter Aufriss eines geöffneten Blütenkörbchens, an dem die oberen und äusseren Theile der sterilen Randblüthen **Rb** abgeschnitten wurden. **B B** — der etwas gewölbte Blütenboden (*Receptaculum*). **Inv** — Blätter des Hüllkelches (*Involucrum*) diesen inwendig anliegend die Kronröhren **Rbr** der Randblüthen. **A B C** — die zwitterigen Mittelblüthen des Körbchens in verschiedenen Stadien: **A** — im männlichen Stadium, **B B** — im Uebergang vom männlichen zum weiblichen Stadium, **C C** — im weiblichen Stadium mit ausgebreiteten Griffelschenkeln **st' st'** und Pollen **po'** auf der Narbenfläche. **fr fr** — Fruchtknoten der Zwitterblüthen von Aussen gesehen, **sk** — Samenknospen, den Fruchtknoten erfüllend; **nn** — Nektarkragen am Grunde des Griffels **gr**; **rr** — die engen Kronröhren; **Gl** — Kronglöckchen; **CrI** — Kronzipfel; **fi** — Filamente; **an an** — Antheren; **ap** —

Antheren-Anhängsel, beiderlei zusammen zu einer cylindrischen, oben nur wenig gekrümmten Röhre verklebt, durch welche hinauf der Griffel **gr** mit seiner Fegebürste **br** nach Oben dringt. **st st** — die noch zusammenliegenden, die Narbenfläche verbergenden Griffelschenkel. **po** zusammenhängende, durch die Fegebürste herausgepresste Pollenmasse der Blüthe im männlichen Stadium. **st' st'** — die mit den exponirten Narbenflächen versehenen, auseinander gebogenen Griffelschenkel der Blüthe im weiblichen Stadium. **po' po'** — der durch Insekten auf die empfängnissfähige Narbe gebrachte Pollen. Vergrößerung 24.

Fig. 3. Einzelblüthe im männlichen Stadium. Unten ist am Kronglöckchen die dem Beschauer zugekehrte Wand weggeschnitten, ebenso wurde bei der Antherenröhre im obern Theil, der aus den Anhängseln **ap** der Antheren besteht, ein Stück wegpräparirt, um dort im Innern die Griffelbürste **br** und den von ihr aufwärts gebürsteten Pollen **po** zu zeigen. **Glw** — Wand des Kronglöckchens; **fi** — Filamente, von denen nur zwei dargestellt, **gr** — Griffel, **r** — Kronröhre unterhalb des Glöckchens. Vergrößerung 70.

Fig. 4. Der obere Theil des Griffels (**gr**) im zweiten (weiblichen) Stadium der Blüthe. **st' st'** — die zwei auseinanderklaffenden Griffelschenkel, auf deren Innen- (Ober-) Seite die Narbenfläche mit den keimenden Pollenkörnern **po'** sich befindet. **br** — Fegebürste. **po** — die zwischen den Haaren der Griffelbürste liegenden Pollenkörner, die an dieser Stelle nicht zu keimen vermögen. Vergrößerung 130.

Fig. 5. Reifes Einzelfrüchtchen **fr** mit dem Pappus **p**. Vergrößerung 25.

Alle Figuren wurden vom Herausgeber nach dem Leben gezeichnet.

- Literatur:** Koelreuter. Vorläufige Nachricht von Versuchen über das Geschlecht der Pflanzen. 3te Fortsetzung. Leipzig 1766. pag. 199.
- Sprengel. Des entdeckte Geheimniss der Natur im Bau und in der Befruchtung der Blumen. Berlin 1793. pag. 365—384.
- Axell. Om anordningarna för fanerogama växternas befrukting. Stockholm, Iwar Haegströms bogtrykeri 1869.
- Hildebrand. Ueber die Geschlechtsverhältnisse bei den Compositen. Verhandlungen der Leopold-Carolinischen Academie. Dresden 1869.
- Delpino. Ulteriori Osservazioni sulla dicogamia nel regno vegetale. Milano 1868, 1869, 1875.
- Müller, Hermann. Die Befruchtung der Blumen durch Insekten. Leipzig 1873.
- „ „ Alpenblumen, ihre Befruchtung durch Insekten. Leipzig 1881.
- Hildebrand. „ Die Geschlechtervertheilung bei den Pflanzen. Leipzig 1867.
- Cohn, Ferd. Contractile Gewebe im Pflanzenreich. Breslau 1861.
- „ „ Ueber die contractilen Staubfäden der Disteln. Zeitschr. f. wissensch. Zoologie, Bd. XII. Heft 3.
- Unger. Ueber die Struktur einiger reizbarer Pflanzentheile. Botanische Zeitung 1862. Nr. 15.
- Kabsch. Anatomische und physiologische Untersuchungen über die Reizbarkeit der Geschlechtsorgane. Botanische Zeitung 1853 pag. 790.
- Sachs, Julius. Handbuch der Experimental-Physiologie der Pflanzen. Leipzig 1865.
- „ „ Lehrbuch der Botanik. IV. Auflage. 1874.
- Darwin, Charles. The effects of cross and self fertilisation in the vegetable kingdom. London 1876. pag. 173.
- Pfeffer. Physiologische Untersuchungen 1873. pag. 80 ff.
- „ Pflanzen-Physiologie, Band II. 1881. pag. 232—235.

Datura Stramonium, L.

Haben wir in den drei Tafeln über *Pinus Laricio* (Fol. A, B, C) Blüthe und Frucht der zapfenbildenden Nachtsamer, sodann in der Tafel mit *Taxus baccata* die Anatomie des Samens einer Gymnospermen illustriert; haben wir ferner in verschiedenen Tafeln unseres „Atlas“ mehrerlei Blüthen und verschiedene Fruchtbildungen bei den Bedecktsamern (Angiospermen) durch die Darstellung des Bestäubungsmodus, der Pollenschlauchbildung (*Lilium Martagon* Fol. B) und die Demonstration des Ei-Apparates (*Narcissus poëticus*) zur Anschauung gebracht: so bedarf es keiner weitem Begründung für die Aufnahme einer Tafel, welche die Anatomie eines reifen Dicotyledonen-Samens illustriren soll.

Wenn wir zu diesem Zwecke auf den Samen von *Datura Stramonium*, L. gegriffen haben, so leiteten uns hiebei mehrere Beweggründe. Einmal repräsentirt der reife Same des Stechapfels eine *campylotrope* Samenknospe, während wir in den Tafeln mit *Pinus* und *Taxus* die *orthotrope*, in der Tafel mit *Narcissus poëticus* dagegen die *anatrope* Samenknospe illustriert sehen. Sodann haben wir im *Datura*-Samen alle wesentlichen Theile, welche vorübergehend oder bleibend im heranreifenden Samen der meisten Angiospermen zu finden sind, nämlich: eine gut entwickelte Samenschale, einen Endospermkörper und einen wohlentwickelten Embryo. Der Umstand nun, dass der Embryo im reifen Samen von *Datura Stramonium* ganz ausnehmend schön entwickelt ist und selbst wieder alle wesentlichen Theile eines Dicotylen-Embryos aufweist, war bei unserer Wahl ausschlaggebend.

Datura Stramonium, L., der gemeine Stechapfel, ist ein kräftiges, kahles Sommergewächs, das als ein- bis zweifusshohes Unkraut in Südeuropa massenhaft auf Schutt, an Wegrändern und in Gartenland wächst und von dort fast in alle cultivierten Gegenden der Erde, sogar bis nach Südschweden verschleppt worden ist, ein Kosmopolit aus der Familie der Nachtschattengewächse, Solaneen. Wir haben von diesem einjährigen, im Juli, August und September blühenden Unkraut in Fig. 1. einen Spross mit Blüthenknospen **K**, Blüthe **Bl** und junger Frucht **Fr** in natürlicher Grösse dargestellt. Die erwachsene Pflanze ist sparrig gabeltheilig verästelt und mit grossen, dunkelgrünen Blättern ausgestattet. Letztere sind gestielt, von eirundem Umriss und mit unregelmässigen, eckigen oder spitzen Zähnen und Lappen versehen. Die Blüthen stehen einzeln an kurzen Stielen in den Gabeln oder an den Enden der Zweige. (Ueber die Morphologie der Inflorescenz s. das Genauere bei Eichler, Blüthen-Diagramme I. Theil. pag. 200—201). Kelch, Krone und Androeceum sind 5zählig. Die Kelchblätter sind mit einander verwachsen und bilden eine Röhre, deren oberes, mit 5 Zähnen ausgestattetes Ende etwas über die Mitte der langen Kronröhre hinaufragt. Nach dem Verblühen fällt der Kelch bis auf einen kleinen Rest ab, welcher letzterer an der Basis der sich nun rasch entwickelnden jungen Fruchtkapsel einen abwärts gestülpten kragenartigen Saum (**ks ks** in Fig. 1 & 2) bildet. Die trichterförmige Blumenkrone besteht ebenfalls aus 5 mit einander ver-

wachsenen Blättern und bildet eine circa 6 Centimeter lange, enge Röhre mit einem oberen, breiten, in 5 schmale abstehende Zähne ausgezogenen Saum. Sie ist meistens ganz weiss, in wärmeren Gegenden mit einem Stich in's Röthliche oder Bläulich-Violette. Ebenso wie die fünf Kronzipfel mit den Kelchzähnen abwechseln, so alterniren auch die 5 Staubblätter, welche im untern Theil mit der Kronröhre verwachsen sind, mit den Kronlappen. Im obern Theil sind die Staubfäden frei und es ragen die 5 gleichartig entwickelten Antheren etwas aus der mehr oder weniger engen Kronröhre hervor. (**Bl** in Fig. 1.)

Im Grunde der Kronröhre findet sich der zwei-blätterige, unvollständig vierfächerige Fruchtknoten, überkrönt von einem langen Griffel, der nach dem Verblühen sammt der Krone und dem Staubblattapparat abfällt. Das Vorhandensein eines Nectariums, die sorgfältige Bergung des Honigs, der feine, an *Mirabilis Jalapa* erinnernde Blüthenduft und der Umstand, dass die einzelne Blüthe nur einen Tag lang in Anthese steht: alle diese Momente und andere mehr verrathen die Insecten-Blüthigkeit der *Datura*.

Nach stattgehabter Bestäubung und Befruchtung wächst der Fruchtknoten zur bekannten Kapsel, dem eigentl. „Stechapfel“ heran (Fig. 2). Die aus zwei Carpellen zusammengesetzte Kapsel ist eiförmig, fast 4-seitig, 4-furchig, mit ungleich-dicken, spitzen, abstehenden Stacheln besetzt, am Grunde von der ausgewachsenen, zurückgeschlagenen knorpeligen Kelchbasis unterstützt, unvollständig vierfächerig, vierklappig-scheidewandbrüchig aufspringend, die Klappen nach Aussen gebogen (Fig. 1 **Fr** und Fig. 2). An den sich rechtwinklig schneidenden primären (ächten) und secundären (falschen) Scheidewänden befinden sich die 4 Placenten, von denen je zwei gegen den Scheitel der Kapsel convergiren. Alle 4 Placenten sind in der geöffneten, reifen Kapsel (Fig. 2) dicht besetzt und verdeckt von den zahlreichen, nierenförmigen, plattgedrückten Samen (**sa**). Diese sind von schwarzbrauner Farbe, undeutlich grubig (Fig. 3), fein punktiert, matt glänzend. Die Anheftungsstelle des Samens, die Chalaza, ist lichtbraun gefärbt (**Ch** in Fig. 3).

Da der reife Same plattgedrückt nierenförmig ist, so haben wir mit Rücksicht auf die ganz gesetzmässige Anordnung der Inhaltstheile sehr wohl zwischen Quer- und Längsschnitten zu unterscheiden. Führen wir einen Längsschnitt derart, dass er parallel zu den zwei Breitseiten des Samens verläuft und mitten durch die Chalaza (**Ch** in Fig. 3) geht, also parallel mit der Bildfläche von Fig. 3, so erhalten wir auf solch medianem Längsschnitt ein Bild, wie das in Fig. 4, der Hauptfigur unserer Tafel, dargestellte. Auf den ersten Blick erkennt man unschwer die drei Hauptbestandtheile des reifen Samens: die Samenschale, den Endosperm- oder Eiweisskörper und den Embryo.

Die Samenschale besteht aus den modificirten, persistirenden Theilen der Samenknochenhülle, das sind die peripherisch gelegenen Gewebeschichten des reifen Samens. Bei *Datura Stramonium* sind die verschiedenen Gewebepartien der Samenschale sehr ungleich entwickelt und diese Differenzirung hängt

zum Theil mit dem Umstande zusammen, dass die Samenknope eine campylo trope ist. Der Scheitel **S** der Samenknope liegt nämlich in Folge der eigenartigen Krümmung des Gesamtkörpers dicht neben der Chalaza **Ch**, wo der Gefässstrang **G** des kurzen Funiculus an der Samenknopebasis blind endet. So berühren sich denn hier die Integumentgewebe **Int** des Micropylen-Endes und die Gewebepartien der Samenknopebasis unmittelbar. Hier sind die Zellen klein, ihre Wände nicht stark verdickt, aber mehr oder weniger gebräunt und zähe, elastisch. Mit Ausnahme dieser relativ kleinen Stelle, die am reifen Samen als heller Fleck (**Ch** Fig. 3) leicht wahrzunehmen, ist die ganze Samenschale peripherisch mit einer ausserordentlich starken Epidermis (**Ep**, **Ep** Fig. 4) versehen, deren Wände so stark verdickt erscheinen, dass das Zelllumen je nur einen engen Canal mit unregelmässigen Ausbuchtungen darstellt. Zudem sind diese stark verdickten Zellwände der Epidermis in hohem Grade verholzt (Fig. 5.). Die einzelne Zelle besitzt ungefähr die Gestalt eines menschlichen Backenzahnes (Fig. 6). Der basale Theil (**ba** Fig. 6) ist häufig gelappt und grenzt an die nächstgelegene Zellschichte des Integumentes innerhalb der Epidermis, während der obere, der Zahnkrone entsprechende Theil in wunderliche Höcker und Ausbuchtungen ausgewachsen ist (**la**). Diese Lappen greifen bei benachbarten Epidermiszellen zahnradartig in einander, wodurch die ganze Epidermis ein ungemein festes Gefüge erhält. Dieser peripherisch gelegene, obere Theil jeder Epidermiszelle trägt in der Mitte seiner nach Aussen gekehrten Fläche eine trichterförmige Vertiefung, **tr** in Fig. 6. Von dem engen unregelmässigen Zelllumen (**li**) aus führen enge Kanäle in die peripherisch gelegenen Lappen (vergl. Fig. 5.); da diese Kanäle mit dunkelbraunem Inhalt erfüllt sind, so erscheint die ganze Epidermis auf frischen Schnitten nach Aussen durch eine dunkelbraune bis schwarze, unsicher conturirte Schichte abgegrenzt (Fig. 4), so zwar, dass über oder ausserhalb dieser schwarzen Schichte noch eine fast farblose oder nur leicht gebräunte Cuticularschichte über die Samenschale sich hinzieht. Die mittleren und tieferen Partien der Epidermiszellen sind lebhaft gelb gefärbt; das Ganze ist sehr hart und lässt sich schwer schneiden, zumal in der Nähe der Chalaza, wo die verholzte Zellschichte noch eine grössere Mächtigkeit besitzt, als in entfernteren Partien der Samenschale. Es ist nun auch klar, worauf die feinen Punkte zurückzuführen sind, welche man schon mit unbewaffnetem Auge auf der Samenschale wahrnimmt: es sind die einzelnen Epidermiszellen, die zu ungewöhnlicher Grösse herangewachsen und zum resistantesten Theile der ganzen Samenschale geworden sind. Innerhalb der verholzten Epidermis, zwischen dieser letztern einerseits und dem vom Embryosack **Es Es** umschlossenen Endospermkörper **E E** andererseits liegen noch die unscheinbaren, toden und dünnwandigen Zelllagen des übrigen Integumentrestes **In in**. Die Zellen dieser Schichten sind klein, ihre Membranen lichtbraun, ihr Inhalt ist verschwunden; in der Richtung des Querschnitt-Radius sind sie plattgedrückt, reducirt. Diese dünnwandigen Integumentgewebe bilden die Fortsetzung jener Gewebepartien am Micropylen-Ende und an der Chalaza des reifen Samens, von denen oben die Rede war. Es leuchtet

ein, dass diese dünnwandigen Hüllgewebe, wo sie von sehr geringer Mächtigkeit sind, nur eine untergeordnete Bedeutung als Schutzorgane besitzen; wichtig sind sie aber am Chalaza- und Micropylen-Theil des reifen Samens, wo die harten, verholzten dickwandigen Epidermiszellen fehlen, jene anderen Zellschichten dagegen dicke Lagen bilden, welche die darunter liegenden Theile hinreichend zu schützen im Stande sind und dabei geeignet erscheinen, beim Keimen des Samens dem hervorbrechenden Würzelchen leichter den Austritt zu gestatten, als wenn eine compacte Holz-Epidermis den Schutz übernehmen würde.

Der zweite wesentliche Bestandtheil des reifen Datura-Samens ist der Endosperm-Körper **E E E**, welcher den ganzen Innenraum innerhalb der beschriebenen Samenschale erfüllt und somit die Gestalt des nierenförmigen Samens besitzt. Die peripherischen Endospermzellen, welche nur durch den Embryosack von der braunen Samenschale getrennt sind, erscheinen kleiner, als die inneren, tiefer liegenden Zellen des Eiweisskörpers. Alle diese Zellen sind polyedrisch, isodiametrisch, doch ungleich gross; die Membranen sind farblos, beträchtlich dick und schliessen ohne Intercellularräume an einander. Auch sind die Endospermzellen ganz erfüllt von eiweisshaltigen Körnern, Proteinsubstanzen und kleinern und grössern Oeltropfen. Stärkemehl fehlt im Inhalt. Letzterer ist farblos, in reifen Samen ziemlich compact. Bekanntlich ist der Endospermkörper nichts Anderes als ein Reservestoffbehälter für jene Substanzen, welche bei der Weiterentwicklung des Embryos zur Zeit der Keimung als Baumaterial Verwendung finden. Bei den Gräsern und vielen andern Monocotyledonen ist der Endospermkörper im reifen Samen sehr gross, der Embryo dagegen sehr klein; auf der andern Seite gibt es viele Dicotyledonen (z. B. die Schmetterlingsblüthler und Kreuzblüthler), bei denen der Endospermkörper während der Entwicklung des heranreifenden Samens vom rasch und mächtig wachsenden Embryo alsbald ganz aufgezehrt wird und darum im reifen Samen vollständig fehlt, indess die Reservestoffe im Embryo selbst zur Ablagerung gelangen. Datura Stramonium steht zwischen diesen beiden Extremen ungefähr in der Mitte, wie aus der Betrachtung des 3ten Haupttheiles, des Embryos selbst, hervorgeht.

Der Keimling, Embryo, ist wie unsere Hauptfigur (4) zeigt, wurmartig gekrümmt und durchzieht den Eiweisskörper **E E** fast seiner ganzen Länge nach. Sein Wurzel-Ende mit deutlich differenzirter Wurzelhaube **Wh** ist dem Micropylen-Ende **S** des reifen Samens zugekehrt, indess die Spitzen der dicht zusammenliegenden Cotyledonen **Cot** dem Chalazatheil, d. h. der Basis der ursprünglichen Samenknope entgegenstreben. Die zwischen Wurzelhaube und Cotyledonenspitzen liegenden Embryothteile folgen in eleganten Biegungen der Krümmung, welche die campylo trope Samenknope kennzeichnet. Der Wurzeltheil (**W & Rad** in Fig. 4) ist ein cylindrischer Körper, wie bei **Rad** im Querschnitt des Samens (Fig. 7) ersichtlich ist. Ein gut geführter medianer Längsschnitt zeigt über dem bedeckten Vegetationspunkt (**Veg** Fig. 4) die allseitig scharf abgegrenzte Wurzelhaube **Wh**, deren Scheitel nur einige wenige Zellschichten unterhalb des Embryosackscheitels **Es** liegt und mit diesem durch

einen wenigzelligen, unscheinbaren Embryoträger verbunden ist. (Wir haben diesen letzteren in unserer Figur nur angedeutet). Sehr schön zeigt sich am Vegetationspunkt (**Veg**) der Wurzel und in dessen unmittelbarer Nähe die charakteristische Anordnung der jungen Zellen, welche aus den Initialen des Vegetationspunktes ihren Ursprung genommen haben, um einerseits die Meristeme für den eigentlichen Wurzelkörper, anderseits die Elemente zur Wurzelhaube abzugeben. Alle drei Hauptgewebe des Wurzelkörpers: die Epidermis **ep**, das Rindenparenchym **Rp** und der axile Procambium-Cylinder der Radicula (Fig. 4) sind in geringer Entfernung vom Vegetationspunkt der Wurzel und von da an bis zum hypocotylen Stengelstück (**h. St**) und noch weiter, bis zur Insertion der Cotyledonen hinauf schon ziemlich stark differenzirt. Der Procambiumcylinder in der Axe der Radicula (**W — Rad — h St**) besteht aus langgestreckten, zartwandigen Zellen von geringem Querdurchmesser und entbehrt der luftführenden Intercellularräume; in diesem Cylinder entstehen später bekanntlich die Fibrovasalmassen der Hauptwurzel: Gefässe, Holz- und Bastzellen etc. Anders die Parenchymgewebe der primären Rinde **Rp**; hier sind die Zellen vorwiegend isodiametrisch oder in der Längsrichtung der Wurzel verkürzt; auch stehen die Zellen hier in Längsreihen, welche sich fast ganz bis zum Vegetationspunkte der Wurzel hinauf verfolgen lassen, woselbst sie — convergirend — in die Initialen des Periblems zusammenlaufen. Auch treffen wir im Rindenparenchym der Radicula schon im ruhenden Embryo luftführende Zwischenzellräume, während im Zellinnern nebst dem grossen Zellkern auch Oeltropfen und Proteinkörner abgelagert sind.

Ueber dem Wurzeltheil, gegen die Cotyledonen hin, folgt das kurze hypocotyle Stengelglied (**h St — Ss**), das immer noch — der alten Auffassung gemäss — mit dem eigentlichen Wurzeltheil zusammen unter dem Ausdruck „Radicula“ — „Würcelchen“ mitverstanden wird, obschon dieses Stengelglied ein Wesentlich-Anderes ist, als ein Wurzeltheil. Hier findet nämlich allmählig eine Spaltung des axilen Procambium-Cylinders statt, der die ganze Hauptwurzel durchzieht, und zwar derart, dass von den beiden auseinandertretenden Procambium-Partien **Ca Ca** die eine nach Rechts in den einen Cotyledon, die andere nach Links in den andern der beiden Cotyledonen übertritt. Hier gehen auch Epidermis- und Rindenparenchymgewebe des Wurzeltheiles ganz allmählig in die entsprechenden Gewebe des kurzen Stengelstückes über, während im Centrum des letztern, zwischen den beiden Procambiumsträngen auf eine sehr kurze Strecke etwas Markparenchym des hypocotylen Stengelchens wahrzunehmen ist (**Ma** in Fig. 4). Ueber diesem Markparenchym, dem Wurzelkörper abgewendet, liegt zwischen der Basis der beiden Cotyledonen ein kleiner conischer Körper aus Urmeristem: es ist der Vegetationskegel des Stammes (**Ss**). Er ist im ruhenden Samen relativ sehr klein und lässt noch keine weiteren Blattanlagen erkennen, wie wir sie sonst häufig bei grossen und hoch differenzirten Embryonen (Bohne) antreffen. Seine Zellen sind zartwandig, klein, dicht zusammenschliessend ohne Intercellularräume, ganz ähnlich wie die Zellen am Vegetationspunkt der Wurzel.

Der Stengeltheil des Embryos trägt die zwei

langen, dicht zusammenliegenden, S-förmig gebogenen Cotyledonen, deren Berührungsfläche wir in unserer Hauptfigur (Fig. 4) durch eine dicke schwarze Trennungslinie angedeutet haben. Im Querschnitt erscheinen die Cotyledonen vom Umriss einer plan-convexen Linse (**Co** in Fig. 7). Die Berührungsfläche, d. h. die Innen- oder Oberseite der Cotyledonen, ist flach, eben, während die Aussen- oder Unterseite gewölbt erscheint. Der Querschnitt (Fig. 7) belehrt uns auch, dass jeder Cotyledon von einem medianen grösseren und von zwei kleineren seitlichen Procambium-Strängen durchzogen wird. Im medianen Längsschnitt, wie wir ihn in Fig. 4 vor uns sehen, können wir selbstverständlich nur den medianen Procambiumstrang **C, C** wahrnehmen, der vom hypocotylen Stengelglied an (**Ca**) bis hinauf in die Nähe der Cotyledonen-Spitzen verfolgt werden kann. Seine Zellen sind im Wesentlichen ähnlich wie diejenigen im Procambiumstrang der Wurzel: langgestreckt, zartwandig, schmal, ohne Intercellularräume. Zwischen dem medianen Procambiumstrang **C** einerseits und der unteren oder äusseren Epidermis des Cotyledons anderseits liegt das parenchymatische Grundgewebe, aus dem später das schwammige Mesophyll hervorgeht. Seine Zellen sind in diesem Stadium ähnlich entwickelt wie das Rindenparenchym der Radicula: isodiametrisch, in Längsreihen geordnet, mit luftführenden Intercellularen. Andererseits liegt unter der inneren oder oberen Epidermis eines jeden Cotyledons eine compacte Schichte von Palissadenzellen (**P P**), die senkrecht zur Cotyledonen-Oberfläche beträchtlich verlängert sind. Eine einzige Schichte isodiametrischer Parenchymzellen trennt das Palissadengewebe **P** vom medianen Procambiumstrang **C**.

Es ist wohl kaum nöthig, besonders hervorzuheben, dass trotz der weit geschrittenen Gewebedifferenzirung im Embryo des ruhenden *Datura*-Samens alle Gefässe noch fehlen, ebenso, dass noch keine Spaltöffnungen zu finden sind; die Mutterzellen dieser Organe sind allerdings vorhanden, aber die Organe selbst entwickeln sich erst später beim Keimen des Samens. Alle Zellen, welche am Aufbau des Embryos theilnehmen, sind mit Reservestoffen: Proteinkörnern, Plasma und Oeltropfen ausgestattet. Diese Zellinhaltsbestandtheile wurden vom wachsenden Embryo dem während des Ausreifens mehr und mehr schwindenden Endospermkörper entnommen. Die Epidermiszellen der Radicula und der Aussenseite der Cotyledonen haben die Fähigkeit, benachbarte Endospermzellen aufzulösen, und deren Inhalt sowohl als die Auflösungsprodukte ihrer Membranen dem Embryo zuzuführen. Auf diesem Process beruht die Entstehung jener Höhle im Endospermkörper, welche vom wachsenden Embryo total erfüllt ist. Die innern Grenzflächen des Endospermkörpers sind daher gegen den sie berührenden Embryo hin auch nicht scharf conturirt, sondern von Endospermzellen in allen möglichen Stadien der Auflösung begrenzt.

Der Keimungsprocess, welcher nach längerer oder kürzerer Zeit der Samenruhe unter günstigen Wärme- und Feuchtigkeitsverhältnissen seinen Anfang nimmt, ist zuerst im Wesentlichen nur eine Fortsetzung der Embryo-Entwicklung auf Kosten des schwindenden Eiweisskörpers. Erst schwillt der Same in Folge Wasseraufnahme an. Dann beginnt der Embryo zu wachsen und alsbald tritt die Wurzelspitze aus der sich

öffnenden Chalaza hervor, ohne dass die harte, verholzte Samenschale weiter laidirt wird. Dann treten die bekannten Erscheinungen auf, wie wir sie bei so vielen keimenden Dicotyledonen-Samen beobachten. Im ersten Stadium wächst fast ausschliesslich die Radicula und von dieser hinwieder vorwiegend das wirkliche, eigentliche Wurzelstück, das alsbald in die feuchte Unterlage eindringt und zur Haupt- oder Pfahlwurzel der jungen Pflanze wird — (Fig. 8, 9 & 10), indem sie sich erst mit Wurzelhaaren bekleidet und hernach, zu beträchtlicher Grösse herangewachsen, auch Nebenwurzeln bildet. In dieser Zeit fungiren die Cotyledonen und das zum grossen Theil noch im Samen eingeschlossene hypocotyle Stengelglied als Resorptions-Organ, welche nach und nach den ganzen Rest des Endospermkörpers innerhalb der Samenschalen auflösen und dem wachsenden Embryo einverleiben.

Schon auf dem durch Fig. 8 illustrierten Keimungsstadium erscheint der in der Samenschale eingeschlossene Endospermkörper bedeutend reducirt. Das in Fig. 9 & 10 dargestellte Keimungsstadium — mehrere Tage später — zeigt bereits eine relativ mächtige Pfahlwurzel **Hw**, an deren ältestem Theil bereits eine Nebenwurzel **nw** hervorbricht, indess das hypocotyle Stengelglied, hier schleifenartig gekrümmt, bereits aus der Samenschale hervorgerückt ist, während die Cotyledonen **Co** noch von letzterer eingehüllt sind, obschon sie den letzten Rest des Endosperms aufgezehrt haben. Nun erst beginnen auch die Cotyledonen sich zu strecken und mit ihren unteren Theilen mehr und mehr aus der Samenschale hervorzutreten, bis letztere, nur noch lose an den Spitzen der ergrünenden Keimblätter hängend, von Regentropfen oder durch andere Anstösse als unnützer Samenrest abgeworfen wird. Dann treten die Cotyledonen aus einander und fungiren längere Zeit als assimilirende Organe: die Keimpflanze ist dann selbständig geworden und bildet alsbald Laubblätter und weitere Stengelstücke.

Die Procambiumstränge der Cotyledonen werden zu Gefässsträngen, die beim Uebergang in den hypocotylen Stengel sich je in einen Strang vereinigen. Die Stränge beider Cotyledonen lassen sich abwärts bis in die Hauptwurzel verfolgen, wo sie im Querschnitt als zwei diametral einander gegenüberstehende, centripetal angeordnete Primordialstränge erscheinen. [Ueber die ähnlichen Verhältnisse bei Dicotyledonen-Keimpflanzen vergl. die Dissertationen von D o d e l, der Uebergang des Dicotyledonenstengels in die Pfahlwurzel (in Pringsheim's Jahrbüchern f. wiss. Bot. Bd. VIII) und von Sophie Goldsmith, Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Fibrovasalmassen im Stengel und in der Wurzel von Dicotyledonen (Zürich, Cäsar Schmidt. 1876), ferner Weiss, Allgemeine Botanik. I. Bd. pag. 494 ff. Wien 1878.]

Fig. 1. Blühender Spross von *Datura Stramonium*. **K** — Blütenknospe; **Bl** — offene Blüthe; **Fr** — junge Frucht; **ks** — Kelchrest. (Mit Zuhilfenahme von Berg und Schmidt in natürlicher Grösse nach dem Leben gezeichnet).

Fig. 2. Reife Kapsel, geöffnet. **sa** — Samen. **ks** — Kelchrest. Vergrösserung 2.

Fig. 3. Reifer Same von der Breitseite gesehen. **Ch** — die Chalaza. Vergrösserung 25.

Fig. 4. (Hauptfigur.) Medianer Längsschnitt des Samens parallel zur Breitseite geführt. **Ep, Ep** — die harte, stark verholzte Epidermis, **in in** — die dünnwandigen inneren Zellschichten der Samenschale. **Ch** — Chalaza; **G** — Gefässstrang, welcher in der Chalaza blind endigt. **Int** — die den morphologischen Scheitel des campylotropen Samens einnehmenden, dünnwandigen Gewebe des Integumentes. **S** — Micropylen-Ende des Samens. **Es'** — der morphologische Scheitel des Embryosackes **Es**. **E, E, E** — der farblose Endosperm-Körper. **Wh** — Wurzelhaube des Embryos. **Veg** — Vegetationspunkt der Wurzel; **ep, ep** — Epidermis, **Rp** — Rindenparenchym, **W bis Rad** — Procambiumcylinder der Radicula. **h St bis Ss** — hypocotylen Stengelglied; **Ca, Ca** — Procambiumstränge des hypocotylen Stengels, die sich als **C C** hinauf in die Cotyledonen verlängern. **Ma** — Markparenchym des hypocotylen Stengels; **Ss** — Stammscheitel des Embryos; **P P** — Palissadengewebe der Cotyledonen; **M, M** — Parenchym des schwammigen Mesophylls, **ep** — Epidermis der Cotyledonen; **Cot** — Cotyledonenspitzen. Vergr. 182.

Fig. 5. Einige der stark verholzten Epidermiszellen der Samenschale im senkrechten Schnitt. Vergrösserung 540.

Fig. 6. Eine einzelne dieser stark verholzten Epidermiszellen im macerirten Zustand. **ba** — Basis, **ll** — Zelllumen, **la** — peripherische Lappen, **tr** — trichterförmige Vertiefung auf der Aussenseite der Epidermiszelle. Vergr. 402.

Fig. 7. Kürzester Querschnitt durch den reifen Samen. **Sch** — Samenschale; **E** — Endospermkörper; **Rad** — Radicula des Embryos im Querschnitt; **Co** — Cotyledonen im Querschnitt. Vergr. 42.

Fig. 8. Keimender Same; **s** — Scheitel der Hauptwurzel; **Wha** — Wurzelhaare. Vergr. 18.

Fig. 9. Oberer Theil einer etwas älteren Keimpflanze, deren Cotyledonen noch von der Samenschale eingehüllt sind. **h St** — hypocotylen Stengelglied. Vergr. 9.

Fig. 10. Dieselbe Keimpflanze nach Entfernung der Samenschale. **Co** — Cotyledonen; **h St** — hypocotylen Stengelglied; **Hw** — Hauptwurzel; **nw** — Nebenwurzel. **s** — Scheitel der Hauptwurzel. Letztere ist von der Region der Nebenwurzel **nw** an bis zum Kranz der Wurzelhaare **Wha** bedeckt von den bräunlichen Resten abgestorbener Wurzelhaare. Vergröss. 18.

Alle Figuren wurden von den Herausgebern nach der Natur gezeichnet.

Literatur: **Berg und Schmidt**, Darstellung und Beschreibung sämtl. in der Pharmacopoea Borussica aufgeführten officinellen Gewächse. II. Band. Leipzig 1859.

Le Maout & Decaisne, Traité général de Botanique descriptive et analytique. Pag. 183. Paris 1868.

Sachs, Julius. Lehrbuch der Botanik. 4. Auflage. 1874.

Eichler, Blüthendiagramme, I. Theil pag. 200 ff. Leipzig 1875.

Göbel, Grundzüge der Systematik und speciellen Pflanzen-Morphologie. Leipzig 1882.

Dodel, Arnold. Der Uebergang des Dicotyledonenstengels in die Pfahlwurzel. In Pringsheim's Jahrb. f. w. Bot. Bd. VIII. 1870.

Goldsmith, Sophie. Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Fibrovasalmassen im Stengel und in der Wurzel der Dicotyledonen. Dissert. Zürich 1876.

Weiss, Allgemeine Botanik, I. Bd. pag. 494 ff. Wien 1878.

↪ Schluss des ganzen Textbandes ↩

BOUND IN LIBRARY

SEP 30 1918

UNIVERSITY OF MICHIGAN



3 9015 08299 6045

✓
L

[

