





VORLESUNGEN  
ÜBER  
ELEMENTARE BIOLOGIE.

VON

T. JEFFERY PARKER,

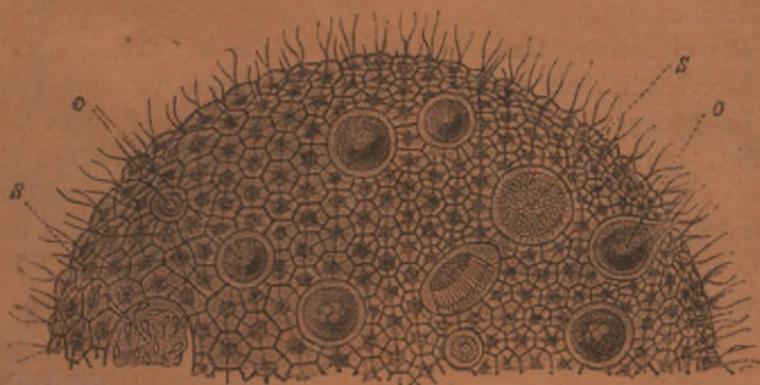
B. Sc., F. R. S.,

PROFESSOR DER BIOLOGIE AN DER UNIVERSITÄT ZU OTAGO, DUNEDIN, NEU-SEELAND.

AUTORISIERTE DEUTSCHE AUSGABE

VON

DR. REINOLD VON HANSTEIN.



MIT 88 IN DEN TEXT EINGEDRUCKTEN ABBILDUNGEN.

BRAUNSCHWEIG,

DRUCK UND VERLAG VON FRIEDRICH VIEWEG UND SOHN.

1895.

## ANKÜNDIGUNG.

---

Parker's »Lessons in elementary biology« bezwecken, den Anfänger in das Verständnis der Grundbegriffe und der wichtigsten Probleme der Biologie einzuführen, dürften sich aber auch dem Laien, welcher sich für dies Gebiet interessiert, zur allgemeinen Orientierung brauchbar erweisen. Ausgehend von dem Studium des Baues und der Lebenserscheinungen einiger sehr einfacher Organismen, führt der Verfasser den Leser an der Hand ausgewählter, typischer Beispiele in das Verständnis immer komplizierter gebauter Tier- und Pflanzenkörper ein. An geeigneter Stelle sind Kapitel allgemeineren Inhalts über wichtigere biologische Fragen, bzw. summarische Übersichten über den Bau der nicht speziell besprochenen Gruppen des Tier- und Pflanzenreiches eingeschaltet.

Die eigenartige Darstellungsweise, welche mit thunlichster Kürze und Übersichtlichkeit große Klarheit und Anschaulichkeit verbindet und bei geringem Umfang des Buches ein recht reichhaltiges Material vorführt, dürfte die Herstellung einer deutschen Ausgabe des kleinen Werkes gerechtfertigt erscheinen lassen. Die Übersetzung, welcher die zweite Auflage der englischen Ausgabe zu Grunde gelegt wurde, schließt sich so eng an das Original an, wie dies mit der Rücksicht auf die Anforderungen der deutschen Sprache zu vereinigen war.

---

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000299538

VORLESUNGEN

ÜBER

ELEMENTARE BIOLOGIE.

---



VORLESUNGEN  
ÜBER  
ELEMENTARE BIOLOGIE.

VON  
T. JEFFERY PARKER,

B. Sc., F. R. S.,

PROFESSOR DER BIOLOGIE AN DER UNIVERSITÄT ZU OTAGO, DUNEDIN, NEU-SEELAND.

---

AUTORISIERTE DEUTSCHE AUSGABE

VON

DR. REINOLD VON HANSTEIN.

---

MIT 88 IN DEN TEXT EINGEDRUCKTEN ABBILDUNGEN.



BRAUNSCHWEIG,

DRUCK UND VERLAG VON FRIEDRICH VIEWEG UND SOHN.

1895.

Bücherverzeichnis Nr. 5085

VORLESUNGEN

ELEMENTARE BIOLOGIE



II 7579

T. JEFFERY PARKER,

Alle Rechte vorbehalten.

AUTORISIERTE DEUTSCHE AUSGABE

Dr. REINOLD VON HANSTEIN

BRUNNEN

VERLAG VON BRUNNEN, SCHLESISCHEN STRASSE 20, BREITENBURG

1893

Akc. Nr. 4553/51

## VORREDE DES ÜBERSETZERS.

Parkers »Lessons in elementary biology« unterscheiden sich von andern ähnlichen Büchern dadurch, daß die wichtigsten Thatfachen der zoologischen und botanischen Morphologie und Physiologie an einzelnen, typischen Vertretern beider organischen Reiche, unter Anwendung einer gleichmäßigen, terminologischen Bezeichnung entwickelt werden. Da ein deutsches Buch, welches bei gleich geringem Umfange dieselbe Aufgabe in gleicher Weise löst, bisher nicht existiert, so schien dem Unterzeichneten eine Übersetzung des trefflichen kleinen Werkes gerechtfertigt.

Der Übersetzung wurde die zweite, im Jahre 1893 erschienene Auflage des Originals zu Grunde gelegt. Die wenigen, vom Unterzeichneten beigefügten Zusätze erscheinen entweder in Form besonders gekennzeichnete Anmerkungen, oder sind — wo sie dem Texte eingefügt wurden — in eckige Klammern eingeschlossen. Aufser einigen, durch neuere einschlägige Publikationen bedingten Ergänzungen oder Einschränkungen bestehen dieselben meist aus Hinweisen auf die einschlägige deutsche Litteratur. Citate englischer Originalquellen wurden auch in die deutsche Ausgabe mit herübergenommen, nur die in der XXVII. Vorlesung citierten englischen Handbücher wurden durch deutsche ersetzt.

Die vom Verfasser vorgeschlagene, in einigen Punkten von der bisher üblichen abweichende Terminologie wurde auch da beibehalten, wo dem Unterzeichneten die Ausdrücke nicht glücklich gewählt schienen (wie z. B. die Worte Gonaduct, Spermiduct, oder das Wort Spermien statt der eingebürgerten Bezeichnung Spermatozoen). Nur wurde statt »Wachstum durch

Accretion« das allgemein gebräuchliche Wort Apposition gebraucht.

Einem Wunsche des Herrn Verlegers entsprechend wurde die am Schluffe des Originals gegebene »Synopsis« mit dem Inhaltsverzeichnis verschmolzen.

Möge das Buch auch im deutschen Gewande der Biologie neue Freunde und Mitarbeiter gewinnen!

Berlin, im November 1894.

R. v. Hanstein.

## VORREDE DES VERFASSERS

ZUR

### ERSTEN AUFLAGE.

In der Vorrede zu der neuesten Auflage seiner wohlbekanntenen »Praktischen Biologie« führt Professor Huxley die Gründe an, welche ihn bewogen, das Studium der organischen Natur mit den höheren Formen des tierischen Lebens beginnen zu lassen, und seine früher befolgte Methode des Aufsteigens von den einfacheren zu den komplizierteren Organismen aufzugeben. Er sagt, seine Erfahrung habe ihn davon überzeugt, daß es unzweckmäßiger sei, den Anfänger sogleich in das neue und fremde Gebiet des mikroskopischen Lebens einzuführen, daß es mehr Vorteil biete, ihn seine Studien mit einem Gegenstande beginnen zu lassen, von welchem er notwendigerweise schon einige Kenntnisse besitzen muß — mit der elementaren Anatomie und Physiologie eines Wirbeltieres.

Die meisten Leser werden wahrscheinlich die allgemeine Berechtigung dieser Meinung zugeben. Die ersten paar Wochen des Anfängers in der Naturwissenschaft werden so vollständig durch die Bemeisterung einer unbekanntenen und schwierigen Terminologie und durch die Aneignung einer gewissen Geschicklichkeit im Gebrauche der Augen und der Finger in Anspruch genommen, daß er eine Zeit lang einfach außer Stande ist, eins der Prinzipien der Wissenschaft in Angriff zu nehmen; und in folgedessen wird er um so bessere Fortschritte machen, je mehr seine neue Thätigkeit an eine, wenn auch nur vage Kenntnis des Gegenstandes anknüpfen kann, die er bereits besitzt.

Andererseits ist der Vorteil, welchen der Fortschritt vom Einfachen zum Komplizierten, das Aufsteigen von den Protisten zu den höheren Pflanzen und Tieren für eine logische Behandlung des Gegenstandes mit sich bringt, so groß, daß man ihn nicht ohne gute und hinlängliche Gründe preisgeben sollte.

Meine eigene Erfahrung hat mir gezeigt, daß die Schwierigkeit zum großen Teil durch ein Kompromiß gehoben werden kann, nämlich dadurch, daß man mit dem vergleichenden Studium einer der höheren Pflanzen (einer Blütenpflanze oder eines Farns) und eines der höheren Tiere (einer Ratte, eines Frosches oder eines Krebses) beginnt. Wenn dem nicht, wie dies zur Zeit der Fall ist, Hindernisse im Wege ständen, und wenn es möglich wäre, dem Schatten des künftigen Examens auszuweichen, so könnte diese vorbereitende Arbeit mit Vorteil weiter ausgedehnt werden, so daß sie ein ganz vollständiges, wenn auch elementares Studium der tierischen Physiologie mit möglichst wenig anatomischem Detail und ein etwas extensives Studium der Blütenpflanzen mit besonderer Berücksichtigung ihrer Physiologie und ihrer Beziehungen zur übrigen Natur umfaßte.

Jedenfalls hat ein Student von mittlerer Beanlagung nach Vollendung dieses einleitenden Studiums die ersten Schwierigkeiten überwunden und ist nunmehr im Stande, von dem zweiten, mehr systematischen Teile des Kurses Nutzen zu ziehen, in welchem die Organismen in der Reihenfolge ihrer zunehmenden Komplikation behandelt werden.

Ein solcher Kursus der allgemeinen, elementaren Biologie ist es, welchen ich in den folgenden Vorlesungen zu geben versucht habe, wobei es mein Bestreben war, ein Buch zu liefern, welches beim Studium den Platz einnehmen könnte, welchen Huxley und Martin's elementare Biologie im Laboratorium einnimmt, eine zusammenhängende Darstellung zu geben, wie sie in einem praktischen Handbuche nicht am Platze sein würde. Ich gebe mich auch der Hoffnung hin, daß das Buch sowohl für diejenigen Studierenden, welche das Studium der Zoologie und Botanik speciell betrieben haben, von Nutzen sein könne, als auch für die große Zahl von Arbeitern, deren der englischen Wissenschaft geleistete Dienste oft nur spärliche Anerkennung finden, ich meine die mikroskopierenden Dilettanten.

Was die allgemeine Behandlung des Gegenstandes anbelangt, so haben mich dabei drei Grundsätze geleitet. Erstens der, daß das Hauptziel des biologischen Unterrichtes, als Teils der wissenschaftlichen Bildung, das ist, den Studenten nicht sowohl mit den Thatfachen, als mit den Ideen der Wissenschaft bekannt zu machen. Zweitens, daß diese Ideen, wenigstens von Anfängern, am besten verstanden werden, wenn sie in Verbindung mit konkreten Typen des Tier- und Pflanzenreiches studiert werden. Und drittens, daß die ausgewählten Typen ohne unnötige Komplikation gerade die besondere Organisationsstufe veranschaulichen sollen, als deren typische Vertreter sie ausgewählt wurden, und daß in einem elementaren Kursus für Ausnahmefälle kein Platz ist.

Die Typen wurden demnach mit Rücksicht darauf ausgewählt, daß sie alle wichtigeren Modifikationen des Baues und der hauptsächlichsten physiologischen Prozesse bei Pflanzen und Tieren veranschaulichen, und durch gelegentliche Einfügung besonderer Vorlesungen über solche Gegenstände, wie Biogenese, Entwicklungslehre u. s. w. wurde es möglich, eine völlig zusammenhängende Darstellung der allgemeinen Prinzipien der Biologie zu geben. Gerade mit Rücksicht auf den letzten der oben angegebenen Grundsätze habe ich so viele Protozoen beschrieben, die Entwicklungsgeschichte von Hydra und die sogenannten Sexualprozesse bei Penicillium nur ganz kurz behandelt, Nitella statt Chara und Polygordius statt des Regenwurmes besprochen. Der letzterwähnte Tausch ist natürlich nur mit Rücksicht darauf möglich gewesen, daß das Buch für das Studium, nicht für das Laboratorium bestimmt ist, ich bin jedoch überzeugt, daß der Student, welcher den Bau des Polygordius versteht — und sei es auch nur nach Abbildungen und Beschreibungen — doch viel besser im Stande sein wird, von der praktischen Untersuchung eines der höheren Würmer Nutzen zu ziehen.

Die Vorlesungen XXVII und XXX sind summarischer Natur und können mit Nutzen nur von solchen gelesen werden, welche sich mit den hier beschriebenen Organismen, oder verwandten Formen, etwas näher beschäftigt haben. Solche Übersichten machte jedoch die Anlage des Buches notwendig, da sie zeigen, wie alle höheren Tiere und Pflanzen sich, sozusagen, in der Sprache des Polygordius oder der Farne beschreiben lassen.

Seit vielen Jahren bin ich von der dringenden Notwendigkeit einer Vereinfachung der biologischen Nomenklatur überzeugt, und habe nunmehr versucht, ein festes Schema aufzustellen, wie sich dies aus den Definitionen des beigefügten Glossariums ergeben wird. Manche von den Vorschlägen Harvey Gibsons habe ich dabei berücksichtigt, ausserdem aber drei neue Bezeichnungen eingeführt: Phyllula, Gamobium und Agamobium. Ich erwarte kritisiert zu werden — und bedarf dessen vielleicht — oder, was schlimmer ist, allein zu bleiben bei dem etwas gewagten Versuch, das Wort »Ovarium« in seiner zoologischen Bedeutung durch das ganze Pflanzenreich hindurch anzuwenden, und das sogenannte Ovarium der Angiospermen als den »Bauch« des Pistills zu bezeichnen. Ich möchte nur meine Kritiker bitten, bevor sie ihr endgültiges Urteil abgeben, das Buch vom Standpunkte des Anfängers aus zu prüfen, als einen stufenweise fortschreitenden Lehrkursus, und zu erwägen, welchen Einfluss es haben muss, wenn ein Wort von fundamentaler Bedeutung in zweierlei völlig verschiedenem Sinne gebraucht wird.

Ein grosser Teil der Abbildungen wurde entweder nach ihren Originalquellen oder nach meinen eigenen Zeichnungen angefertigt — das letztere ist der Fall, wo kein Autor angeführt ist. Die Mehrzahl, auch von denjenigen, welche schon vorher in Lehrbüchern erschienen sind, wurde für dies Buch neu gefertigt, der Zeichner ist mein Bruder, M. P. Parker. Um den Vergleich zu erleichtern, wurden die ein und denselben Gegenstand behandelnden Illustrationen möglichst in eine Gruppe zusammengestellt, so dass die wirkliche Zahl der Abbildungen viel grösser ist, als die nominelle. Statt blosser Listen über die Bedeutung der Buchstaben wurden denselben volle Beschreibungen beigegeben; dieselben werden sich, wie ich hoffe, als kurze Beschreibungen der dargestellten Gegenstände nützlich erweisen.

Zu danken habe ich meinen Freunden, den Herren A. Dillon Bell und Professor J. H. Scott, M. D., für ihre beständige und wertvolle Unterstützung bei der Durchsicht des Manuskriptes, Herrn Dr. Paul Mayer von der zoologischen Station zu Neapel für die Überfendung von Exemplaren von Polygordius, und den Herren Professor Sale von hiesiger Universität, Professor Haswell in Sidney, Professor Thomas in Auckland und Pro-

fessor Howes und D. H. Scott in South-Kensington für wichtige Informationen und Urteile über einzelne Punkte. Mein Bruder, Professor W. Newton Parker, hat die Übernahme einer Schlussrevision vor dem Abdruck freundlichst zugesagt.

Dunedin, Neu-Seeland, im August 1890.

---

## VORREDE DES VERFASSERS

ZUR

ZWEITEN AUFLAGE.

---

Abgesehen von einer vollständigen Revision, wurden die Vorlesungen VI und XXIV grossenteils neu geschrieben. Die Figuren 9, 10, 52, 60, 64 und 66 sind neu, Fig. 9, 10, 11, 64, 66 und 67 der ersten Auflage sind fortgefallen.

Wertvolle Unterstützung habe ich von den Professoren W. N. Parker und G. D. Howes, Fräulein M. Greenwood und Herrn J. E. S. Moore erfahren. Ein grosser Teil der Korrektur wurde, wie früher, von meinem Bruder besorgt.

Dunedin, Neu-Seeland, im März 1893.

---



# ÜBERSICHT DES INHALTS.

## I. Die einfacheren einzelligen Organismen und die denselben gleichwertigen Elemente der höheren Organismen.

Seite

### I. Vorlesung.

*Amoeba.* Zellkörper, amoeboid oder encyftiert; Zellwand stickstoffhaltig (?);  
Ernährung holozoisch; Vermehrung durch Zweiteilung . . . . . 1

### II. Vorlesung.

*Haematococcus.* Zellkörper bewimpert oder encyftiert; Zellwand aus Cellulose  
bestehend; Ernährung holophytisch; Vermehrung durch Zweiteilung . . 17

### III. Vorlesung.

*Heteromita.* Zellkörper bewimpert; Ernährung saprophytisch; ungeschlechtliche  
Vermehrung durch Zweiteilung; geschlechtliche Vermehrung durch  
Konjugation gleich großer und gleich geformter Gameten, mit nachfolgender  
vielfacher Teilung des Protoplasmas der Zygote, welches Sporen bildet . . . . . 27

### IV. Vorlesung.

*Euglena.* Zellkörper bewimpert oder encyftiert; Zellwand aus Cellulose;  
Mund und Schlund vorhanden; Ernährung holophytisch und holozoisch;  
Vermehrung durch einfache und vielfache Teilung . . . . . 34

### V. Vorlesung.

*Protomyxa.* Zellkörper amoeboid, bewimpert oder encyftiert; durch Verschmelzen  
der Amoebulae entstehen Plasmodien; Zellwand stickstoffhaltig (?); Ernährung  
holozoisch; Vermehrung durch vielfache Teilung eines encyftierten Plasmodiums . . . . . 38

*Mycetozoen.* Wie Protomyxa, aber infolge des Besitzes von Kernen tritt das  
Verhältnis der Zellkörper-Individuen zum Plasmodium deutlicher hervor;  
Zellwand aus Cellulose . . . . . 40

## VI. Vorlesung.

<i>Vergleich der bisher besprochenen Organismen mit gewissen Bestandteilen der höheren Tiere und Pflanzen</i> . . . . .	43
Die höheren Pflanzen und Tiere enthalten Zellen, welche in ihrem Bau den einzelligen Organismen gleichen und gleich diesen im amoeboiden, bewimperten, encystierten oder plasmodialen Zustande vorkommen . . . . .	43
Feinerer Bau der Zellen: Zellprotoplasma, Zellhaut, Kernmembran, Achromatin, Chromatin . . . . .	46
Direkte und indirekte Kernteilung . . . . .	49
Die höheren Pflanzen und Tiere beginnen ihr Leben als einzelne Zelle, als Ei . . . . .	52

## VII. Vorlesung.

<i>Saccharomyces</i> . Zellkörper encystiert; Zellwand aus Cellulose; Ernährung saprophytisch; Vermehrung durch Knospung oder durch innere Teilung; wirkt als organisiertes Ferment . . . . .	54
---	----

## VIII. Vorlesung.

<i>Bakterien</i> . Zellkörper bewimpert oder encystiert; Zellwand aus Cellulose; Ernährung saprophytisch; Fortpflanzung durch Zweiteilung oder Sporenbildung; wirken als organisierte Fermente; die einfachsten und verbreitetsten Organismen . . . . .	62
---	----

## IX. Vorlesung.

<i>Biogenes</i> und <i>Abiogenes</i> . Definition der Begriffe Biogenes und Abiogenes; kurze Geschichte der durch dieselben bezeichneten Streitfrage . . . . .	71
Entscheidendes Experiment mit säulnisfähigen Infusionen; Sterilisieren; Keimfilter; Beweis des Nichtvorkommens der Abiogenes unter den bekannten Existenzbedingungen . . . . .	73
<i>Homogenes</i> und <i>Heterogenes</i> . Definition der Begriffe Homogenes und Heterogenes; unzweifelhafte Richtigkeit der durch den ersteren Ausdruck bezeichneten Annahme . . . . .	76

## II. Einzellige Organismen, welche eine beträchtliche Komplikation des Baues vereint mit physiologischer Arbeitsteilung zeigen.

## a. Die Komplikation beruht auf Differenzierungen im Zellkörper.

## X. Vorlesung.

<i>Paramecium</i> . Mark, Rinde und Cuticula; Trichocyten; komplizierte contractile Vakuolen; Kern und Nebenkern; Mund, Schlund und Afterstelle; vorübergehende Konjugation, keine Zygotenbildung, sondern Austausch von Kernsubstanz während vorübergehender Vereinigung . . . . .	79
<i>Stylonychia</i> . Weitgehende Differenzierung oder Heteromorphismus der Wimpern . . . . .	87
<i>Oxytricha</i> . Fragmentation des Kernes . . . . .	89

XI. Vorlesung.

*Opalina.* Vielkernigkeit; Parasitismus und seine Folgen; Notwendigkeit besonderer Verbreitungsmittel für innere Parasiten . . . . . 91

XII. Vorlesung.

*Vorticella.* Festfizzender Organismus; Beschränkung der Wimpern auf bestimmte Regionen; Muskelfaser im Stiel; Notwendigkeit von Verbreitungsmitteln für festfizzende Organismen; Konjugation eines freischwimmenden Mikro- mit einem festfizzenden Megagameten; eine von einem Zooid gewöhnlicher Art nicht zu unterscheidende Zygote . . . . . 95

*Zoothamnium.* Zusammengesetzter Organismus oder Kolonie mit dimorphen (Nähr- und Mehr-) Zooiden; beginnt das Leben als einfaches Zooid . . 101

XIII. Vorlesung.

*Die Arten und ihre Entstehung. — Die Prinzipien der Klassifikation.* Bedeutung des Begriffes der Art. Erläuterung deselben durch Betrachtung einiger Arten von *Zoothamnium* . . . . . 103

Definition der Begriffe Schöpfung und Entwicklung; hypothetische Geschichte der Gattung *Zoothamnium* im Lichte der beiden Theorien . . 106

Die Grundsätze der Klassifikation; natürliches und künstliches System 106

Zusammenhang zwischen Ontogenie und Phylogenie . . . . . 110

b. Die Komplikation beruht auf Differenzierungen der Zellwand oder auf dem Auftreten von Skelettbildungen im Protoplasma.

XIV. Vorlesung.

*Foraminiferen.* Kalkige Schalen (Zellwände) von verschiedener und komplizierter Gestalt . . . . . 112

*Radiolarien.* Häutige durchbohrte Schalen (Zellwand) und äußeres Kiefelskelett von oft großer Kompliziertheit; symbiotische Beziehungen zu *Zooxanthella* . . . . . 114

*Diatomeen.* Kieselige, zweiklappige Schalen mit zierlicher Skulptur . . . . 117

c. Die Komplikation beruht auf einfacher Verlängerung und Verzweigung der Zelle.

XV. Vorlesung.

*Mucor.* Verzweigter, fadenförmiger Pilz; Notwendigkeit besonderer Fortpflanzungsorgane für solche Organismen; diese können Sporangien fein, welche ungeschlechtliche Sporen hervorbringen, oder gleich große und gleich gestaltete Gameten, welche eine ruhende Zygote erzeugen . . . 119

XVI. Vorlesung.

*Vaucheria.* Verzweigte, fadenförmige Algen; deutlicher Unterschied zwischen den Gameten oder Konjugationskörpern und den geschlechtlichen Fortpflanzungsorganen oder Gonaden, in welchen dieselben erzeugt werden; die Gonaden sind in männliche (Spermarien) und weibliche

	Seite
(Ovarien), die Gameten in männliche (Spermen) und weibliche (Eier) differenziert; Zygote ein Oosperm . . . . .	127
<i>Caulerpa</i> . Zeigt das Maximum der einer einzelligen Pflanze erreichbaren Differenzierung; stamm-, blatt- und wurzelähnliche Teile . . . . .	131

## XVII. Vorlesung.

<i>Die unterscheidenden Merkmale der Tiere und Pflanzen</i> . Versuch, die Worte »Tier« und »Pflanze« zu definieren und die bisher besprochenen Organismen in eins der beiden Reiche einzuordnen . . . . .	132
Das »dritte Reich« der Protisten . . . . .	136

### III. Organismen, deren Komplikation auf der Mehrzelligkeit bei fehlender oder nur geringer Zelldifferenzierung beruht.

## XVIII. Vorlesung.

## a. Lineare Zellaggregate.

<i>Penicillium</i> . Vielzelliger, fadenförmiger, verzweigter Pilz; Mycel, unterirdische und atmosphärische Hyphen; Scheitelwachstum; reichliche Sporenproduktion durch Abschnürung von den atmosphärischen Hyphen	142
<i>Agaricus</i> . Die Komplikation beruht auf der Verflechtung der Hyphen zu einem Körper von bestimmter Form; Maximum der für ein lineares Zellaggregat erreichbaren Komplikation . . . . .	144

## XIX. Vorlesung.

<i>Spirogyra</i> . Vielzellige, fadenförmige, unverzweigte Alge; interstitielles Wachstum; Gonaden von gleicher Form und Gröfse; die Gameten zeigen jedoch die erste Andeutung geschlechtlicher Differenzierung . . . . .	146
---	-----

## XX. Vorlesung.

## b. Flächenhafte Zellaggregate.

<i>Monostroma</i> . Zellteilung nach zwei Dimensionen . . . . .	152
---	-----

## c. Körperliche Zellaggregate.

<i>Ulva</i> . Wie <i>Monostroma</i> , aber Zellteilung nach drei Dimensionen . . . . .	153
<i>Laminaria</i> . Zeigt das Maximum der einem körperlichen Aggregate mit verhältnismässig schwach differenzierten Zellen erreichbaren Gröfse und Komplikation . . . . .	153

### IV. Körperliche Zellaggregate, deren Komplikation sich durch ein beschränktes Mafs von Zelldifferenzierung erhöht.

## XXI. Vorlesung.

<i>Nitella</i> . Gegliederte Achse; Knoten und Internodien; Anhänge: Blätter und Rhizoide; Scheitelwachstum durch Zweiteilung der Scheitelzelle, mit unmittelbar folgender Teilung und Differenzierung der neu gebildeten Segmentzellen; komplizierte Gonaden (Ovarien und Spermatien); Ge-	
---	--

nerationswechsel, ein Gamobium oder eine geschlechtliche Generation wechselt mit einem Agamobium oder einer ungeschlechtlichen Generation (dem Pro-Embryo) . . . . . 155

XXII. Vorlesung.

*Hydra*. Beispiel eines einfachen, diploblastischen Tieres; Zellen in zwei Schichten angeordnet (Ekto- und Endoderm), sie schliessen einen Urdarm ein, welcher sich nach aufsen durch den Mund öffnet; Kombination von intra- und extracellulärer (oder Darm-) Verdauung . . . . 166

XXIII. Vorlesung.

*Hydroidpolypen. Bougainvillea*. Beispiel einer Kolonie mit diploblastischen Zooiden, welche entweder Nähr- (Hydranthen) oder Wehr- (Medusen) Zooide sind; Ausbildung eines rudimentären Mesoderms, wodurch ein unvollkommen triploblastischer Bau entsteht; zentrales und peripherisches Nervensystem; Generationswechsel; ein Gamobium (die Meduse) wechselt mit einem Agamobium (der Hydroidkolonie); Bedeutung der Entwicklungsstadien: Oosperm (einzellig), Polyplast (vielzellig, aber nicht differenziert), und Planula (diploblastisch) . . . . . 178

*Diphyes*. Freischwimmende Kolonien mit polymorphen (Nähr-, Mehr-, Wehr- und Schwimm-) Zooiden . . . . . 188

*Porpita*. Weitgehender Polymorphismus der Zooide verleiht der Kolonie das Aussehen eines einzigen physiologischen Individuums . . . . . 189

XXIV. Vorlesung.

*Spermatogenesıs und Oogenesıs*. Entwicklung der Spermien und Eier aus primitiven Geschlechtszellen; Unterschiede im Bau und in der Entwicklung der Sexual-Elemente . . . . . 191

*Reifung und Befruchtung des Eies*. Bildung der ersten und zweiten Polzelle und des weiblichen Vorkerns . . . . . 194

Eindringen des Spermias und Bildung des männlichen Vorkerns . . . 197

*Die Beziehungen zwischen einzelligen und zweischichtigen Tieren*. Bei den Pflanzen besteht ein allmählicher Übergang von einzelligen Formen zu körperlichen Zellaggregaten, bei Tieren jedoch ist der Zusammenhang der Gastrula mit einzelligen Formen nicht aufgeklärt . . . . . 197

Hypothese der Entstehung vielzelliger Formen aus einer Kolonie einzelliger Zooide . . . . . 199

V. Körperliche Zellaggregate, in welchen Zelldifferenzierung, begleitet von Zellfusionen, einen wesentlichen Anteil an der grossen Komplikation des ausgebildeten Organismus hat.

a. Tiere.

XXV. — XVI. Vorlesung.

*Polygordius*. Triploblastisches, coelomates Tier mit metamerer Gliederung; Proctom, Peritom, Metameren und Analfegment; aufser dem Ekto- und Endoderm ist ein wohlentwickeltes Mesoderm vorhanden, welches in ein

somatisches und ein — durch die Leibeshöhle von letzterem getrenntes — splanchnisches Blatt zerfällt; Differenzierung von Zellen zu Fasern und dergl.; durch Zellfusion entstandene Muskelplatten; Notwendigkeit einer Vorrichtung, um den außerhalb des Verdauungskanals gelegenen Kör- perteilen Nährstoffe zuzuführen und um die Zerfallprodukte zu ent- fernen; Zirkulations-, Respirations- und Exkretionsystem; hohe Ent- wicklung des Nervensystems: Gehirn und Bauchmark, centripetale und centrifugale Nerven; charakteristische Entwicklungsstadien: Oosperm, Polyplast, Gastrula (diploblastisch), Trochospaera (triploblastisch, aber acoelomat) . . . . .	203
---	-----

## XXVII. Vorlesung.

<i>Die allgemeinen Charaktere der höheren Tiere.</i> Übersicht über die Tier- stämme . . . . .	230
<i>Seefern.</i> Radial symmetrisch; unterbrochenes dermales Exoskelett; charak- teristische Bewegungsorgane (Saugfüßchen) im Zusammenhange mit dem ambulakralen Gefäßsystem . . . . .	232
<i>Krebs.</i> Metamer gegliedert; gegliederte seitliche Anhänge; Differenzierung der Metameren und der Gliedmaßen; zusammenhängendes cuticulares Exoskelett mit stellenweiser Verkalkung; Kiemen als paarige seitliche Aus- stülpungen der Körperwand; das Herz eine muskulöse Erweiterung des Rückengefäßes; Coelom stark reduziert und durch eine Anzahl von Blut- räumen vertreten; Nervensystem in das Mesoderm eingefenkt und aus Gehirn und Bauchmark bestehend . . . . .	235
<i>Muschel.</i> Nicht segmentiert; Mantel ein paariger, seitlicher Auswuchs der Dorsalregion; Fuß ein unpaariger medianer Auswuchs der Ventralregion; cuticulares Exoskelett in Gestalt einer kalkigen, zweiklappigen Schale; Kiemen als paarige seitliche Ausstülpungen der Körperwand; das Herz eine muskulöse Erweiterung des Rückengefäßes; Leibeshöhle auf ein Pericardium beschränkt; Nervensystem aus drei in das Mesoderm ein- gefenkten Ganglienpaaren bestehend . . . . .	240
<i>Hundshai.</i> Metamer gegliedert; Differenzierung in Kopf, Rumpf und Schwanz; nur der Rumpf besitzt beim erwachsenen Tier eine Leibeshöhle; An- hänge in Form medianer (Rücken-, Schwanz-, After-) und paariger (Brust- und Bauch-) Flossen; unterbrochenes dermales Exoskelett und umfangreiches Endoskelett aus teilweise verkalktem Knorpel, unterhalb des Nervensystems aus einer Anzahl Wirbelkörper bestehend, welche ein embryonales Notochord ersetzen; Kiemen in Form nach außen geöffne- ter Schlundtaschen; Herz in Form einer muskulösen Erweiterung des ventralen Gefäßes; hohles, dorfales, nicht vom Darmkanal durchbohrtes Nervensystem . . . . .	243

## b. Pflanzen.

## XXVIII. Vorlesung.

<i>Moose.</i> Zelldifferenzierung sehr gering, notwendiger Übergangstypus zu dem Typus der Farne; Sklerenchym und Axialbündel; ein Saftleitungs- system wird notwendig, da Kohlenäure von den Blättern, Wasser und Mineralfalze von den Rhizoiden aufgenommen werden; Generations- wechsel; die beblätterte Pflanze ist das Gamobium, das Agamobium wird durch das Sporen erzeugende Sporogonium repräsentiert; Entwickelungs- stadien: Oosperm und Polyplast, letzteres differenziert sich stark und bildet das Sporogonium . . . . .	249
---	-----

XXIX. Vorlesung.

*Farne.* Weitgehende Zelldifferenzierung, Bildung von Fasern (langgestreckte Zellen) und Gefäßen (Zellfusionen); allgemeine Differenzierung der Gewebe in Epidermis, Grundparenchym und Gefäßbündel; Vorhandensein echter Wurzeln; die beblätterte Pflanze ist das Agamobium und erzeugt Sporen, aus welchen sich das Gamobium in Gestalt eines kleinen Prothalliums entwickelt; Entwicklungsstadien: Oosperra, Polyplast und Phyllula (Blätter und Wurzeln tragendes Stadium) . . . . . 258

XXX. Vorlesung.

*Die allgemeinen Charaktere der höheren Pflanzen.* Übersicht über die Einteilung der höheren Pflanzen . . . . . 272

*Equisetum.* Sporangien an in Zapfen zusammenstehenden Sporophyllen; Sporen hermaphroditisch; Prothallien dimorph (männlich und weiblich) 274

*Salvinia.* Sporen dimorph; die Mikrosporen erzeugen rudimentäre männliche, die Megasporen stark reduzierte weibliche Prothallien . . . . . 276

*Selaginella.* Die Mikrosporen bringen einzellige Prothallien und vielzellige Spermarien hervor, beide endogen; das weibliche Prothallium wird in der Megaspore gebildet und ist fast endogen. Embryo mit Embryoträger versehen . . . . . 278

*Gymnospermen.* Zapfen dimorph (männlich und weiblich) mit rudimentärem Perianth; Spermien werden nicht gebildet, sondern die Mikrospore erzeugt einen Pollenschlauch, dessen Kerne die aktiven Befruchtungskörper sind; in jedem Megasporangium bleibt eine einzige Megaspore dauernd eingeschlossen; weibliches Prothallium rein endogen; der Embryo (Phyllula) bleibt im Megasporangium eingeschlossen, welches zum Samen wird 280

*Angiospermen.* Zapfen durch Differenzierung von Perianth und Sporophyllen zur Blüte umgewandelt; die weiblichen Sporophylle bilden einen geschlossenen Hohlraum, in welchem Megasporangien enthalten sind; die Megaspore erzeugt ein einziges Ovarium, welches durch ein Ei und zwei Synergiden repräsentiert wird; die Bildung des Prothalliums erfolgt erst nach der Befruchtung . . . . . 284

## VERZEICHNIS DER ABBILDUNGEN.

	Seite
1. Amoeba, mehrere Spezies . . . . .	2
2. Protamoeba primitiva . . . . .	7
3. Haematococcus pluvialis und H. lacustris . . . . .	18
4. Heteromita rostrata . . . . .	29
5. Euglena viridis . . . . .	35
6. Protomyxa aurantiaca . . . . .	39
7. Badhamia und Chondrioderma . . . . .	41
8. Typische Tier- und Pflanzenzellen . . . . .	44
9. Tierische und pflanzliche Zellen, feinerer Bau . . . . .	48
10. Stadien der Zellteilung . . . . .	50
11. Eier von Carmarina und Gymnadenia . . . . .	53
12. Saccharomyces cerevisiae . . . . .	55
13. Bacterium termo . . . . .	63
14. Bacterium termo mit Geißel . . . . .	63
15. Micrococcus . . . . .	65
16. Bacillus subtilis . . . . .	65
17. Vibrio ferpens, Spirillum tenue, S. volutans . . . . .	66
18. Bacillus anthracis . . . . .	67
19. Becherglas mit Kulturröhrchen . . . . .	76
20. Paramecium Aurelia . . . . .	81
21. Paramecium Aurelia, Konjugation . . . . .	86
22. Stylonychia mytilus . . . . .	88
23. Oxytricha flava . . . . .	90
24. Opalina ranarum . . . . .	92
25. Vorticella . . . . .	96
26. Zoothamnium arbuscula . . . . .	101
27. Zoothamnium, verschiedene Spezies . . . . .	104
28. Schema zur Veranschaulichung des Ursprungs der Arten von Zootham- nium nach der Schöpfungstheorie . . . . .	107
29. Schema zur Veranschaulichung des Ursprungs der Arten von Zootham- nium nach der Entwicklungstheorie . . . . .	108
30. Rotalia . . . . .	113
31. Schematische Darstellungen von Foraminiferen . . . . .	114
32. Alveolina Quoi . . . . .	114
33. Lithocircus annularis . . . . .	115
34. Actinomma Afteracanthion . . . . .	115
35. Schematische Zeichnung einer Diatomee und Schalen von Navicula und Aulacodiscus . . . . .	117
36. Mucor mucedo und M. stolonifer . . . . .	120
37. Feuchte Kammer . . . . .	123
38. Vaucheria . . . . .	128
39. Caulerpa scalpelliformis . . . . .	131
40. Penicillium glaucum . . . . .	140
41. Agaricus campestris . . . . .	144
42. Spirogyra . . . . .	147

	Seite
43. <i>Monostroma bullosum</i> und <i>M. laceratum</i> . . . . .	153
44. <i>Laminaria Clauftoni</i> und <i>L. fuscescens</i> . . . . .	154
45. <i>Nitella</i> , allgemeiner Bau . . . . .	156
46. <i>Nitella</i> , Gipfelknospe . . . . .	159
47. <i>Nitella</i> , Spermarium . . . . .	162
48. <i>Nitella</i> , Ovarium . . . . .	163
49. <i>Chara</i> , Pro-Embryo . . . . .	165
50. <i>Hydra viridis</i> und <i>H. fusca</i> , äußere Gestalt . . . . .	167
51. <i>Hydra</i> , feinerer Bau . . . . .	170
52. <i>Hydra</i> , Nematocyste und Nervenzelle . . . . .	172
53. <i>Hydra viridis</i> , Ei . . . . .	177
54. <i>Bougainvillea ramosa</i> . . . . .	179
55. Schematische Zeichnungen zur Veranschaulichung der Ableitung einer Meduse von einem Hydranthen . . . . .	182
56. <i>Eucopella campanularia</i> , Muskelfasern und Nervenzellen . . . . .	184
57. <i>Laomedea flexuosa</i> und <i>Eudendrium ramosum</i> , Entwicklung . . . . .	187
58. <i>Diphyes campanulata</i> . . . . .	188
59. <i>Porpita pacifica</i> und <i>P. mediterranea</i> . . . . .	190
60. Spermatogenese bei der Maulwurfsgrille . . . . .	192
61. Ei von <i>Toxopneustes lividus</i> . . . . .	194
62. Reifung und Befruchtung des tierischen Eies . . . . .	195
63. <i>Gastrula</i> . . . . .	198
64. <i>Pandorina morum</i> . . . . .	199
65. <i>Volvox globator</i> . . . . .	200
66. <i>Volvox globator</i> . . . . .	201
67. <i>Polygordius neapolitanus</i> ; äußere Form . . . . .	204
68. <i>Polygordius neapolitanus</i> , Anatomie . . . . .	205
69. <i>Polygordius neapolitanus</i> , Nephridium . . . . .	213
70. <i>Polygordius</i> , schematische Darstellung des Nervensystems . . . . .	215
71. <i>Polygordius neapolitanus</i> , Fortpflanzungsorgane . . . . .	220
72. <i>Polygordius neapolitanus</i> , Larve im Trochosphärenstadium . . . . .	222
73. Schematische Zeichnung zur Veranschaulichung der Entstehung der Trochosphäre aus der <i>Gastrula</i> . . . . .	223
74. <i>Polygordius neapolitanus</i> , weiter vorgeschrittene Trochosphäre . . . . .	224
75. <i>Polygordius neapolitanus</i> , Larve im Zwischenstadium zwischen Trochosphäre und ausgebildetem Wurm . . . . .	227
76. Seefern, schematische Durchschnitte . . . . .	233
77. Krebs, schematische Durchschnitte . . . . .	237
78. Muschel, schematische Durchschnitte . . . . .	241
79. Hundshai, schematische Durchschnitte . . . . .	245
80. Moose, verschiedene Gattungen, Anatomie und Histologie . . . . .	250
81. <i>Funaria</i> , Fortpflanzung und Entwicklung . . . . .	254
82. <i>Pteris</i> und <i>Aspidium</i> , Anatomie und Histologie . . . . .	259
83. Farne, verschiedene Gattungen, Fortpflanzung und Entwicklung . . . . .	267
84. <i>Equisetum</i> , Fortpflanzung und Entwicklung . . . . .	275
85. <i>Salvinia</i> , Fortpflanzung und Entwicklung . . . . .	277
86. <i>Selaginella</i> , Fortpflanzung und Entwicklung . . . . .	279
87. Gymnospermen, Fortpflanzung und Entwicklung . . . . .	281
88. Angiospermen, Fortpflanzung und Entwicklung . . . . .	285



## Erste Vorlesung.

# Amoeba.

---

Es ist kaum möglich, das systematische Studium der Biologie besser zu beginnen, als mit der eingehenden Untersuchung eines mikroskopischen Tierchens, welches sich oft an Pflanzen und anderen untergetauchten Gegenständen im stehenden Wasser findet und den Naturforschern unter dem Namen »Amoeba« bekannt ist.

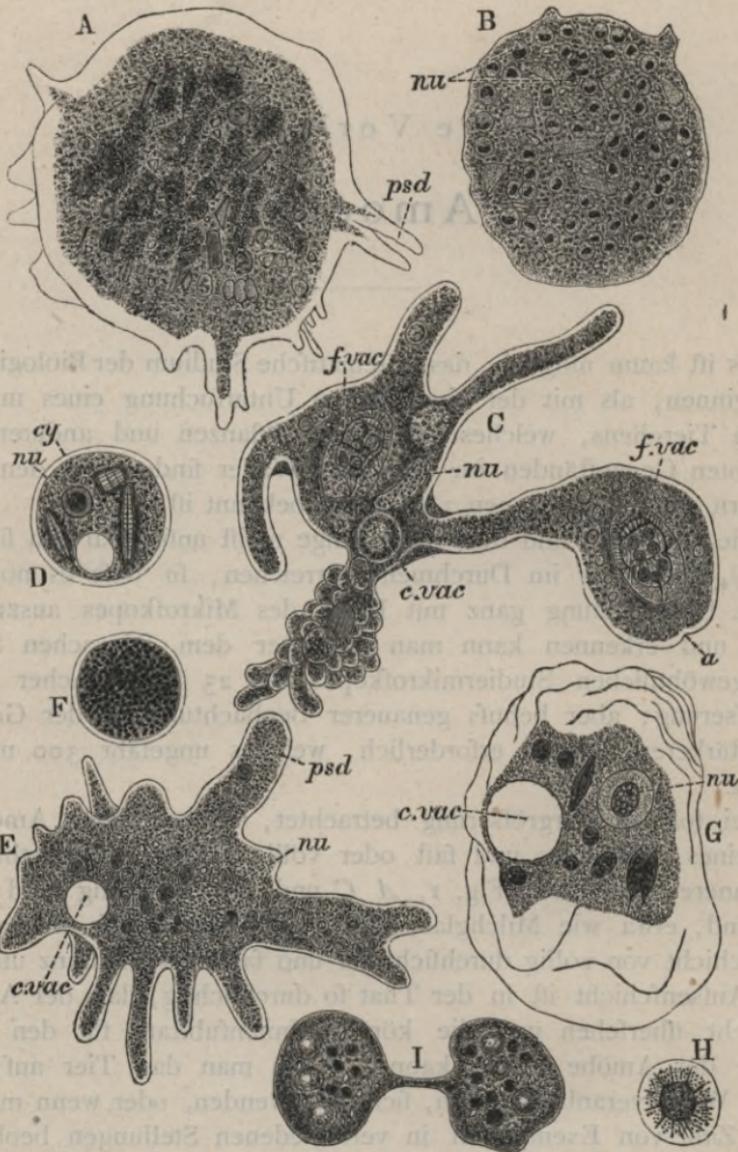
Die Amöben sind dem freien Auge meist unsichtbar, da sie selten über  $\frac{1}{4}$  Millimeter im Durchmesser erreichen, so daß es notwendig ist, die Untersuchung ganz mit Hülfe des Mikroskopes auszuführen. Sehen und erkennen kann man sie unter dem schwachen Systeme eines gewöhnlichen Studiermikroskopes bei 25 bis 50facher Linearvergrößerung; aber behufs genauerer Beobachtung ist der Gebrauch eines stärkeren Systems erforderlich, welches ungefähr 300 mal vergrößert.

Bei solcher Vergrößerung betrachtet, erscheint eine Amöbe als ein kleines, formloses und fast oder völlig farbloses Gallertbläschen. Das Innere desselben (Fig. 1, *A C* und *E*) ist körnig und durchscheinend, etwa wie Milchglas, und diese innere Masse ist von einer Grenzschicht von völlig durchsichtiger und farbloser Substanz umgeben. Diese Außenschicht ist in der That so durchsichtig, daß der Anfänger sie leicht übersehen und die körnige Innensubstanz für den ganzen Körper der Amöbe halten kann. Wenn man das Tier auf irgend welche Weise veranlassen kann, sich umzuwenden, oder wenn man eine große Zahl von Exemplaren in verschiedenen Stellungen beobachtet, so findet man überall diese beiden Substanzen in gleicher Lagebeziehung zu einander. Wir schließen daraus, daß eine Amöbe aus einer körnigen Substanz, dem Endosark, besteht, welche vollständig von einer hellen, durchsichtigen Schicht, dem Ektosark, umgeben ist.

Eine sehr bemerkenswerte Eigentümlichkeit der Amöbe ist es, daß sie niemals längere Zeit hindurch eine ganz gleiche Gestalt besitzt. Oft geht die Änderung der Form so langsam vor sich, daß sie

fast unmerklich ist, gleich den Bewegungen des Stundenzeigers einer Uhr, aber wenn man sie in bestimmten aufeinander folgenden Intervallen

Fig. 1.



A *Amoeba quarta*, ein lebendes Individuum, zeigt das körnige Endofark, umgeben vom hellen Ektofark, und mehrere Pseudopodien (*psd*), einige nur vom Ektofark gebildet, andere eine Achse von Endofark enthaltend. Die größeren Körper im Ektofark sind meist Nahrungsteilchen (Vergr. 300).

B dieselbe Species, getötet und mit Karmin gefärbt, um die zahlreichen Kerne (*nu*) zu zeigen (Vergr. 300).

C *Amoeba proteus*, ein lebendes Individuum, zeigt breite, unregelmäßige Pseudopodien, Kern (*nu*), kontraktile Vakuole (*c. vac.*) und zwei

Nahrungsvakuolen (*f. vac.*), deren jede ein kleines Infusor (vergl. Vorlesung X) enthält, welches als Nahrung aufgenommen wurde. Der Buchstabe *a* rechts bezeichnet die Stelle, wo zwei Pseudopodien sich zur Bildung einer Nahrungsvakuole vereinigt haben. Die kontraktile Vakuole erscheint in dieser Figur durch eine Schicht körnigen Protoplasmas gefehen, während sie in den folgenden Figuren (*D*, *E* und *G*) im optischen Durchschnitt, und daher hell erscheint.

*D* eine encyftierte Amöbe, zeigt die Zellwand oder Cyste (*cy*), Kern (*nu*), helle, kontraktile Vakuole (*c. vac.*) und drei als Futter aufgenommene Diatomeen (vergl. Vorlesung XIV).

*E* *Amoeba proteus*, lebendes Individuum, zeigt mehrere breite Pseudopodien (*psd*), den einzelnen Kern (*nu*), die kontraktile Vakuole (*c. vac.*) und zahlreiche, in das körnige Endofark eingebettete Nahrungsteilchen (Vergr. 330).

*F* Kern derselben nach der Färbung, zeigt eine Grundsubstanz oder Achromatin mit stark gefärbten Körnern von Chromatin, und umgeben von einer befondern Membran (Vergr. 1010).

*G* *Amoeba verrucosa*, lebendes Individuum, zeigt runzelige Oberfläche, Kern (*nu*), große kontraktile Vakuole (*c. vac.*) und mehrere aufgenommene Organismen (Vergr. 330).

*H* Kern derselben gefärbt, zeigt das im Centrum in Form eines Nucleolus angehäuften Chromatin (Vergr. 1010).

*I* *Amoeba proteus* im Akt der Vermehrung durch Zweiteilung (Vergr. 500).

(*A*, *B*, *E*, *F*, *G* und *H* nach Gruber, *C* und *I* nach Leidy, *D* nach Howes.)

beobachtet, so wird die Veränderung deutlich erkennbar, und nach Verlauf einer halben Stunde hat das Tier seine Form so verändert, daß es kaum mehr daselbe zu sein scheint.

Bei einem in Bewegung begriffenen Individuum kann man die Art und Weise, in welcher die Formveränderungen hervorgebracht werden, leicht beobachten. An einer umschriebenen Stelle wird das Ektofark in Form einer kleinen bläschenartigen Erhebung vorgetrieben (Fig. 1 *A*, links); dieselbe vergrößert sich, indem sie zunächst noch ganz aus Ektofark besteht, bis zuletzt Körnchen aus dem Endofark hineinströmen und die Auftreibung oder das Scheinfüßchen (Pseudopodium, Fig. 1 *A*, *C*, *E*, *psd*) nunmehr dieselbe Struktur besitzt, wie der übrige Körper der Amöbe. Es darf dabei nicht vergessen werden, daß das Tier während dieses Vorganges sein Volumen nicht wahrnehmbar ändert, so daß jedes an einer Stelle des Körpers ausgestreckte Pseudopodium das Nachströmen eines gleich großen Volumens von einer andern Stelle bedingt.

Diese eigentümliche Art der Fortbewegung kann man sich veranschaulichen, indem man einen unregelmäßigen Klumpen Thon oder Lehm nimmt und ihn zwischen den Fingern knetet. Wenn derselbe in einer Richtung zusammengedrückt wird, wird er sich in einer andern Richtung ausdehnen, und wenn der Druck so geregelt wird, daß er das Vortreiben vergleichsweise kleiner Teile des festen Klumpens bewirkt, so wird die Ähnlichkeit mit den im vorigen Abschnitt beschriebenen Bewegungen eine ziemlich genaue sein. Nur muß man sich dabei gegenwärtig halten, daß bei der Amöbe kein äußerer Druck wirkt,

dafs das »Kneten« vielmehr von feiten des Tierchens felbst gefchieht <sup>1)</sup>).

Das Vorkommen diefer Bewegungen ift allein hinreichend, um zu beweifen, dafs die Amöbe ein Organismus oder ein lebendes Wefen ift, und nicht nur eine Maffe toter Materie.

Die gallertähnliche Subftanz, aus welcher die Amöbe befteht, wird Protoplasma genannt. Es ift durch chemifche Analyfe erwiefen, dafs diefelbe vornehmlich gewiffe Stoffe enthält, die man Eiweifskörper (Proteide) nennt, Körper von auferordentlich komplizierter chemifcher Zufammenfetzung, deren bekanntefte Beifpiel das Eiweif oder Albumin ift. Es find dies Verbindungen von Kohlenftoff, Wafferftoff, Sauerftoff, Stickftoff und Schwefel, und zwar find diefe fünf Elemente in folgenden Verhältniffen miteinander verbunden:

Kohlenftoff . . .	51,5 bis 54,5	Proz.
Wafferftoff . . .	6,9 » 7,3	»
Sauerftoff . . .	20,9 » 23,5	»
Stickftoff . . .	15,2 » 17,0	»
Schwefel . . .	0,3 » 2,0	»

Aufser den Eiweifstoffen enthält das Protoplasma geringe Mengen von Mineralfubftanzen, namentlich Phosphate und Sulfate des Kaliums, Calciums und Magnesiums. Ebenfo enthält es eine beträchtliche Menge Waffer, welches, da es ebenfo wie die Proteide und Mineralfalze ein wefentlicher Bestandteil defelben ift, Organifationswaffer genannt wird <sup>2)</sup>).

Protoplasma wird durch längere Behandlung mit fchwachen Säuren oder Alkalien zerfetzt. Starker Alkohol macht es gerinnen, d. h. er veranlafst es, unter Wafferentziehung zu fchrumpfen und vergleichsweise hart und undurchfichtig zu werden. Gerinnung wird ebenfo durch Erhöhung der Temperatur bis über 40° C. hervorgerufen; der Lefer wird fich erinnern, wie das bekannte Eiweif der Eier durch Hitze zum Gerinnen gebracht und hart und undurchfichtig gemacht wird.

Eine andere wichtige Eigenschaft des Protoplasmas erkennen wir mittels eines fogenannten Dialyfators. Diefer Apparat befteht im

<sup>1)</sup> Es ift allerdings in neuerer Zeit mehrfach verfucht worden, die amöboiden Bewegungen, welche fich in ähnlicher Weife auch künstlich an Flüssigkeitstropfen hervorrufen laffen, rein mechanifch aus den Gefetzen der Oberflächenfpannung zu erklären, fo dafs diefer Anfchauung zufolge die Bewegung nicht mehr als eine willkürliche angefehen werden könnte. Doch laffen fich gegen diefe Deutung noch mancherlei Einwendungen erheben. Anm. des Überfetzers.

<sup>2)</sup> Genaue Analyfen des Protoplasmas der Amöben find nicht gemacht worden, aber die verfchiedenen mikroskopifchen Reagentien, welche man auf dasfelbe einwirken laffen kann, laffen keinen Zweifel darüber, dafs es in allen wefentlichen Beziehungen mit dem Protoplasma anderer Organismen, defsen Zufammenfetzung bekannt ift, übereinfimmt.

wesentlichen aus einem flachen Gefäß, dessen Boden aus Blase, vegetabilischem Pergament oder irgend einer andern organischen (tierischen oder pflanzlichen) Membran verfertigt ist. Bringt man eine Zucker- oder Salzlösung in einen Dialysator und läßt diesen in einem größeren Gefäß mit destilliertem Wasser schwimmen, so findet man nach einiger Zeit, daß etwas Zucker oder Salz aus dem Dialysator durch die Membran in das äußere Gefäß gelangt ist. Bringt man hingegen eine Eiweißlösung in den Dialysator, so findet kein solcher Übergang in das äußere Gefäß statt.

Der Dialysator setzt uns demnach in den Stand, zwei Klassen von Substanzen zu unterscheiden: Krysalloide — so genannt, weil die meisten derselben, gleich dem Salz und dem Zucker, in Form von Krysalten vorkommen können —, welche im gelösten Zustande durch eine organische Membran diffundieren; und Kolloide oder leimartige Substanzen, welche nicht diffundieren. Das Protoplasma ist, wie die Eiweißstoffe, aus denen es größtenteils zusammengesetzt ist, ein Kolloid, d. h. es ist nicht diffusionsfähig.

Ein anderer Charakter der Eiweißstoffe ist ihre Unbeständigkeit. Ein Stück Salz oder Zucker, Holz oder Kalk läßt sich beliebig lange unverändert aufheben, aber ein sich selbst überlassener Eiweißkörper beginnt sehr bald, sich zu zersetzen; er nimmt einen widrigen Geruch an und zerfällt in einfachere und einfachere Verbindungen, deren wichtigste Wasser ( $H_2O$ ), Karbondioxyd oder Kohlenäure ( $CO_2$ ), Ammoniak ( $NH_3$ ) und Schwefelwasserstoff ( $H_2S$ ) sind<sup>1)</sup>. In diesem Charakter der Unbeständigkeit stimmt das Protoplasma bekanntlich mit den daselbe zusammensetzenden Proteiden überein, tote Organismen unterliegen, falls nicht besondere Maßregeln getroffen werden, um sie zu erhalten, früher oder später der Zerfetzung.

Manche dieser Eigenschaften des Protoplasmas können bei der Amöbe schwer nachgewiesen werden in Anbetracht ihrer geringen Größe und der Schwierigkeit, sie von andern Organismen (Wasserpflanzen u. s. w.), mit denen sie allenthalben zusammen vorkommt, zu trennen; einige Reaktionen jedoch können leicht während der mikroskopischen Beobachtung verfolgt werden.

Eine der auffälligsten dieser mikroskopischen Reaktionen beruht auf der Begierde, mit welcher das Protoplasma gewisse Farbstoffe aufnimmt. Wenn man dem Wasser, in welchem sich die Amöbe befindet, einen Tropfen einer neutralen oder einer schwach alkalischen Karmin- oder Hämatoxylinlösung oder irgend einer Anilinfarbe oder einer schwachen Jodlösung zusetzt, so wird das Tierchen getötet und zu gleicher Zeit

---

<sup>1)</sup> Betreffs einer eingehenderen Erörterung der Fäulniserscheinungen vergl. Vorlesung VIII, in welcher wir sehen werden, daß die obige Angabe bezüglich der Unbeständigkeit der (toten) Eiweißkörper einer Einschränkung bedarf; in der That zersetzen dieselben sich nur bei Anwesenheit lebender Bakterien.

stark gefärbt. Dies erklärt sich dadurch, daß das Protoplasma schwach saure Reaktion besitzt und infolgedessen eine Fällung der Farbstoffe aus neutraler oder alkalischer Lösung bewirkt.

Die Färbung ist jedoch nicht gleichmäßig. Das Endosark erscheint wegen der in ihm enthaltenen Körnchen dunkler als das Ektosark, und gewöhnlich sieht man im Endosark einen runden Fleck, welcher stärker gefärbt ist, als die übrigen Teile. Dieses Gebilde, welches zuweilen bei lebenden Amöben sichtbar ist (Fig. 1, *C*, *E* und *G*, *nu*), während seine Gegenwart häufig nur durch die Färbung nachgewiesen werden kann (vergl. *A* und *B*), heißt der Kern (Nucleus).

Wenn wir den Kern jedoch bei hinlänglich starker Vergrößerung betrachten, so sehen wir, daß er selbst ungleichmäßig gefärbt ist. Es wurde neuerdings nachgewiesen, daß derselbe bei manchen Amöben ein kugeliges, in einer sehr zarten Membran eingeschlossenes und aus zwei Substanzen zusammengesetztes Körper ist, deren eine durch Farbstoffe stark gefärbt wird und daher Chromatin heißt, während die andere, die Kernmatrix oder das Achromatin, eine hellere Färbung annimmt (Fig. 1, *F*). Die gegenseitigen Lagenbeziehungen des Chromatins und der Matrix sind bei verschiedenen Amöben verschieden: bald liegen Körnchen von Chromatin in einer achromatischen Grundsubstanz (*F*), bald ist das Chromatin in der Gegend der Oberfläche oder der Peripherie des Kernes angehäuft, bald wiederum ist es im Centrum angehäuft (*G*, *H*). Im letzteren Falle besitzt der Kern einen stark gefärbten Centralteil, welcher dann als Nucleolus bezeichnet wird.

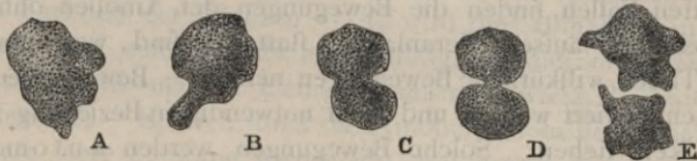
Wenn wir gesagt haben, daß Amöben bald einen Kern von dieser, bald von jener Art besitzen, so darf man daraus nicht schließen, daß ein und dasselbe Tier sich in dieser Beziehung verschieden verhält. Es ist vielmehr so zu verstehen, daß in stehenden Gewässern mehrere Arten oder Species von Amöben vorkommen, welche sich, neben andern Merkmalen, durch den Charakter ihrer Kerne voneinander unterscheiden, gerade wie die verschiedenen Species der Gattung *Felis* — Katze, Löwe, Tiger, Luchs u. f. w. — sich neben andern Merkmalen durch die Färbung und Zeichnung ihres Felles voneinander unterscheiden. Nach der Methode der von Linné in die Biologie eingeführten binomialen Nomenklatur führen alle solche nahe verwandten Species denselben Gattungsnamen, während jede noch besonders durch einen zweiten oder Speciesnamen, der ihr allein zukommt, bezeichnet wird. So gehören zu der Gattung *Amoeba* die Arten *Amoeba proteus* (Fig. 1, *C*, *E* und *F*) mit langen, lappigen Pseudopodien und einem Kern mit gleichmäßig verteilten Chromatinkörnchen; *A. quarta* (*A* und *B*) mit kurzen Pseudopodien und zahlreichen Kernen; *A. verrucosa* (*G* und *H*) mit runzeliger oder gefalteter Oberfläche, undeutlichen Pseudopodien und einem Kern mit centraler Chromatinansammlung oder Nucleolus, und viele andere.

Außer dem Kern sieht man häufig noch ein anderes Gebilde in

der lebenden Amöbe. Es ist dies ein heller, abgerundeter Fleck im Ektofark (*C, E* und *G, c. vac.*), welcher periodisch mit einer plötzlichen Kontraktion verschwindet und dann langsam wieder erscheint, so daß feine Bewegungen an das Pulsieren eines kleinen, farblosen Herzens erinnern. Derselbe wird als kontraktile Vakuole bezeichnet und stellt einen Hohlraum im Ektofark dar, welcher eine wässerige Flüssigkeit enthält.

Gelegentlich trifft man Amöben — oder genauer amöbenähnliche Organismen — an, welche weder Kern<sup>1)</sup> noch kontraktile Vakuole besitzen und deshalb in eine eigene Gattung, *Protamoeba*, gestellt werden (Fig. 2). Diese kann man als die einfachsten Lebewesen betrachten.

Fig. 2.

*Protamoeba primitiva.*

*A, B* daselbe Individuum, in kurzen Zeitabständen gezeichnet, zeigt Formveränderung.

*C* bis *E* drei Stadien des Teilungsprozesses. — Nach Haeckel.

Das bisher Erörterte läßt sich folgendermaßen zusammenfassen: Eine Amöbe ist eine Protoplasmamasse, welche zeitweilig Fortsätze oder Pseudopodien ausstreckt, aus Ektofark und Endofark besteht, und einen Kern sowie eine kontraktile Vakuole enthält; der Kern besteht aus zwei Substanzen, dem Chromatin und dem Achromatin, welche von einer besondern Membran umgeben sind; die kontraktile Vakuole ist nur ein Hohlraum im Protoplasma, welcher Flüssigkeit enthält. Alle diese Thatfachen gehören in das Gebiet der Morphologie, desjenigen Teils der Biologie, welcher von der Form und dem Bau der Lebewesen handelt; wir müssen nun die Physiologie unseres Tierchens studieren, d. h. die Verrichtungen oder Funktionen betrachten, welche es auszuführen im Stande ist. —

Zunächst, wie wir bereits gesehen haben, bewegt es sich, die Bewegung besteht in dem langsamen Ausstrecken und Einziehen der Pseudopodien. Es mag dies allgemein so ausgedrückt werden: die Amöbe ist kontraktil oder sie besitzt Kontraktilität. Aber wir müssen uns hier gegenwärtig halten, daß Kontraktion in der Biologie nicht daselbe be-

<sup>1)</sup> Nach der Analogie mit den Infusorien zu schließen, ist es sehr wahrscheinlich, daß solche anscheinend kernlose Formen, wie *Protamoeba*, Chromatin enthalten, welches in Form kleinster Körnchen durch ihre Substanz zerstreut ist (vergl. den Schluß von Vorlesung X.), oder daß sie Formen sind, welche ihre Kerne verloren haben.

deutet, wie in der Physik. Wenn man sagt, daß ein rotglühendes Stück Eisen sich beim Abkühlen zusammenzieht, so meint man damit, daß hier eine wirkliche Volumverminderung stattfindet, indem das Stück in allen Dimensionen kleiner wird. Wenn man jedoch sagt, daß eine Amöbe sich kontrahiert, so meint man damit, daß sie in einer Dimension sich verkürzt, während sie in einer andern wächst, ohne daß eine wahrnehmbare Volumveränderung stattfindet; jedesmal, wenn ein Pseudopodium ausgestreckt wird, wird eine entsprechende Protoplasmamenge irgend eines andern Körperteils eingezogen.

Wir können demnach sagen, daß Kontraktilität eine Funktion des Protoplasmas der Amöbe ist, d. h. daß es eine der Lebensthätigkeiten ist, welche das Protoplasma auszuführen vermag.

Eine Kontraktion kann auf zweierlei Weise zu Stande kommen. In den meisten Fällen finden die Bewegungen der Amöben ohne irgend eine erkennbare äußere Veranlassung statt; sie sind, was man bei den höheren Tieren willkürliche Bewegungen nennt, — Bewegungen, welche vom Willen diktiert werden und nicht notwendig in Beziehung zu einem äußeren Reiz stehen. Solche Bewegungen werden automatische genannt. Andererseits können Bewegungen der Amöben durch äußere Reize veranlaßt werden, durch einen plötzlichen Stofs oder dadurch, daß sie mit einem zur Nahrung geeigneten Gegenstande in Berührung kommen; solche Bewegungen sind die Folge der Reizbarkeit des Protoplasmas, welches also sowohl automatisch als reizbar ist, d. h. dessen Kontraktilität sowohl durch innere als durch äußere Reize in Thätigkeit gesetzt werden kann.

Unter gewissen Umständen verliert eine Amöbe zeitweilig ihr Bewegungsvermögen, zieht ihre Pseudopodien ein und wird zu einer kugelförmigen Masse, an deren Oberfläche eine dicke, schalenähnliche Hülle, eine sogenannte Cyste oder Zellwand (Fig. 1, *D, cy*), sich bildet. Die Zusammensetzung derselben ist nicht bekannt; sie ist sicher nicht protoplasmatisch und sehr wahrscheinlich besteht sie aus einer stickstoffhaltigen, ihrer Zusammensetzung nach dem Horn und dem — den äußeren Panzer der Crustaceen, Insekten u. s. w. bildenden — Chitin ähnlichen Substanz. Nachdem sie einige Zeit in diesem encystirten Zustande zugebracht hat, schlüpft die Amöbe unter Zerreißung ihrer Zellwand wieder aus und nimmt ihr aktives Leben wieder auf.

Sehr oft kommt eine Amöbe im Verlauf ihrer Wanderungen in Berührung mit einem noch kleineren Organismus, wie z. B. einer Diatomee (vergl. Vorlesung XIV, Fig. 35) oder einem kleinen Infusor (vergl. Vorlesung X bis XII). Wenn dies geschieht, so kann man sehen, wie die Amöbe Pseudopodien ausstreckt, welche allmählich rings um die Beute herum kriechen und sich endlich jenseits derselben wieder vereinigen, wie Fig. 1, *C, a* zeigt. Die Diatomee oder der betreffende andere Organismus wird auf diese Weise völlig in einen Hohlraum oder eine Nahrungsvakuole (*f. vac.*) eingeschlossen, welche auch eine kleine,

notwendigerweise mit der Beute eingenommene Menge Wasser enthält. Die erstere wird von der Amöbe als Nahrung aufgenommen; so ist also eine weitere von dem Tierchen ausgeführte Thätigkeit die Nahrungsaufnahme, der Beginn des Ernährungsprozesses. Es ist zu beachten, daß die Aufnahme der Nahrung durch Ingestion erfolgt, d. h. sie wird roh und unzerkleinert in das lebende Protoplasma aufgenommen. Es ist beobachtet worden, daß eine Amöbe gewöhnlich an ihrem hinteren Körperende Nahrung einnimmt, d. h. an dem bei der Bewegung gerade nach rückwärts gerichteten Ende.

Nachdem sie so ihre Beute aufgenommen hat, setzt die Amöbe ihren Marsch fort, während man bei sorgfältiger Beobachtung den verschluckten Organismus gewisse Veränderungen durchmachen sieht. Sein Protoplasma wird langsam zersetzt; wenn derselbe Chlorophyll enthält — den grünen Farbstoff der Pflanzen —, so wird dies allmählich in Braun umgewandelt, und zuletzt bleibt nichts übrig, als die Schale oder die Zellwand, in welche manche kleine Organismen, wie z. B. Diatomeen, eingeschlossen sind. Endlich stößt die Amöbe, indem sie langsam fort kriecht, diese leere Zellwand wieder aus und entledigt sich so dessen, wovon sie keinen weiteren Nutzen ziehen kann. Sie ist also im Stande, lebende Organismen als Futter aufzunehmen (Ingestion), das Protoplasma derselben zu zersetzen oder zu verdauen (Digestion) und die etwa in demselben enthaltenen unlöslichen Substanzen wieder auszuflößen (Egestion). Bemerkenswert ist, daß alles dies geschieht, ohne daß eine Ingestionsöffnung (Mund), eine Digestionshöhle (Magen) oder eine Egestionsöffnung (After) vorhanden wäre; die Nahrung wird einfach aufgenommen, indem sie von den Pseudopodien rings umflossen wird, verdaut, während sie im Protoplasma eingeschlossen liegt, und ausgeflossen, indem die Amöbe von derselben fortgleitet.

Es wurde ferner bemerkt, daß das Protoplasma des Nahrungsobjektes zersetzt oder verdaut wird, wir müssen nun genauer betrachten, was das bedeutet.

Der Magen der höheren Tiere — unser eigener beispielsweise — erzeugt in seinem Innern eine Flüssigkeit, welche Magensaft genannt wird. Wenn diese Flüssigkeit mit Eiweiß oder einem andern Proteid in Berührung gebracht wird, so findet eine bemerkenswerte Veränderung statt. Der Eiweißkörper wird zersetzt und gleichzeitig diffusionsfähig, so daß er im Stande ist, gleich einer Salz- oder Zuckerlösung durch eine organische Membran zu passieren (vergl. S. 5). Die diffusionsfähigen Proteide, welche auf diese Weise durch die Einwirkung des Magensaftes auf gewöhnliche Proteide gebildet werden, heißen Peptone; die Umwandlung wird durch den Einfluß eines Bestandteils des Magensaftes bewirkt, welcher Pepsin genannt wird.

Es kann kaum zweifelhaft sein, daß das Protoplasma der Amöbe im Stande ist, dasjenige ihres Nahrungsobjektes in eine lösliche und diffusionsfähige Form überzuführen, möglicherweise unter dem Einfluß einer

dem Pepsin analogen Substanz, und daß die gelösten Stoffe durch den Körper der Amöbe diffundieren, bis dieser letztere sozusagen durch und durch mit denselben getränkt ist. Es kann somit die Amöbe mit einem Schwamme verglichen werden, welcher Wasser aufsaugt, wobei der Schwamm selbst das lebende Protoplasma vorstellt und das Wasser die Eiweißlösung, welche dasselbe durchdringt. Durch Versuche ist erwiesen, daß Eiweißkörper die einzige Art von Nahrung sind, von welcher die Amöbe Gebrauch machen kann; sie ist nicht im Stande, Stärke oder Fett zu verdauen, zwei sehr wichtige Bestandteile der Nahrung der höheren Tiere. Mineralstoffe müssen jedoch in Form schwacher wässriger Lösungen mit der Nahrung aufgenommen werden, da das Wasser, in welchem das Tierchen lebt, niemals absolut rein ist.

Wenn nun die Amöbe sozusagen von einer Nährlösung durchdrungen ist, findet ein sehr wichtiger Vorgang statt. Die Bestandteile der Lösung, bisher in Form von Peptonen, Mineralsalzen und Wasser vorhanden, werden anders gruppiert, so daß sie nunmehr neue Partikel lebenden Protoplasmas bilden, welche zwischen den bereits vorhandenen Partikeln eingelagert werden. Mit einem Worte, die Nahrung wird assimiliert oder in wirkliche lebendige Substanz der Amöbe verwandelt.

Eine Folge dieser Bildung von neuem Protoplasma ist einleuchtend: wenn nichts dem entgegenwirkt, so muß die Amöbe wachsen, indem die Größenzunahme ungefähr auf dieselbe Weise zu Stande kommt, wie die eines Steinhauens, wenn beständig neue Steine in denselben hineingehoben werden. Diese Art des Wachstums — durch Einschlebung neuer Partikel zwischen die alten — wird Wachstum durch Intussusception genannt und ist sehr charakteristisch für das Wachsen des Protoplasmas. Diese unterscheidende Bezeichnung ist notwendig, da es eine andere Art des Wachstums giebt, welche für Mineralien charakteristisch ist und auch bei einigen organisierten Körpern vorkommt. Ein Alaunkrystall z. B., welcher in einer gesättigten Lösung derselben Substanz aufgehängt ist, wächst, aber das Wachstum geschieht durch Ablagerung neuer Schichten auf der Oberfläche des ursprünglichen Krystalls, in fast derselben Weise, wie eine Kerze durch wiederholtes Eintauchen derselben in geschmolzenes Wachs vergrößert werden kann. Man kann dies nachweisen, indem man den Krystall mit Hämatoxilin oder einem andern Farbstoff färbt, bevor man ihn in die Lösung bringt. Es lagert sich dann eine allmählich wachsende farblose Schicht rings um den gefärbten Krystall ab. Wenn das Wachstum durch Intussusception erfolgte, würden wir ein allmähliches Verbläuen der Farbe bemerken, während der Krystall an Größe zunimmt. Diese Art des Wachstums — durch Ablagerung successiver Schichten — wird Wachstum durch Anlagerung oder Apposition genannt.

Es ist wahrscheinlich, daß die oben (S. 8) erwähnte Cyste der Amöbe durch Anlagerung wächst. Nach Analogie anderer Organismen

will es scheinen, daß die Oberfläche des Protoplasmas, nachdem daselbe sich kugelförmig abgerundet hat, einer chemischen Veränderung unterliegt, welche zur Bildung einer dünnen, oberflächlichen Schicht nicht protoplasmatischer Substanz führt. Dieser Prozeß wiederholt sich, indem beständig immer neue Schichten auf die alten aufgelagert werden, bis die Zellwand ihre volle Dicke erreicht hat. Die Cyste ist demnach eine Substanz, welche von dem Protoplasma ausgeschieden oder fecerniert wird; es ist dies das erste Mal, daß wir es mit einem Sekretionsprodukt zu thun haben.

Aus der Thatfache, daß eine Amöbe selten einen größeren Durchmesser als  $\frac{1}{4}$  mm erreicht, ergiebt sich, daß irgend ein Umstand der beständigen Wachstumstendenz, welche eine Folge der Assimilation ist, entgegenwirken muß. Wir alle wissen, was bei uns selbst geschieht: wenn wir eine bestimmte Arbeitsleistung ausführen — zehn englische Meilen gehen oder eine Anzahl schwerer Gewichte heben —, so erleiden wir einen Substanzverlust, welcher sich durch Gewichtsverminderung und Hungergefühl bemerklich macht. Unser Körper hat einen gewissen Betrag von Arbeit geleistet, und hat einen entsprechenden Verlust erlitten, gerade wie ein Feuer jedesmal, wenn es aufflackert, eine gewisse Gewichtsmenge von Kohlen verzehrt.

Genau daselbe geschieht im kleineren Maßstabe mit der Amöbe. Jedesmal wenn sie ihre Pseudopodien ausstreckt und einzieht, jedesmal wenn sie ihre Vakuole kontrahiert, leistet sie ein bestimmtes Maß von Arbeit, bewegt sie eine bestimmte Gewichtsmenge von Protoplasma durch einen gegebenen Raum. Und jede Bewegung, wie unbedeutend sie auch sei, ist von einem entsprechenden Substanzverlust begleitet, indem ein bestimmter Bruchteil des Protoplasmas oxydiert wird, oder, mit andern Worten, einen Verbrennungsprozeß bei niedriger Temperatur durchmacht.

Wenn wir sagen, daß irgend ein brennbarer Körper verbrannt ist, so meinen wir damit, daß er sich mit Sauerstoff verbunden hat unter Bildung gewisser Verbrennungsprodukte, welche durch die chemische Vereinigung des Sauerstoffs mit der verbrannten Substanz entstehen. Wenn z. B. Kohlenstoff verbrennt, so ist das Verbrennungsprodukt Kohlendioxyd oder Kohlenäure ( $C + O_2 = CO_2$ ), wenn Wasserstoff verbrennt, Wasser ( $H_2 + O = H_2O$ ). Die Produkte der langsamen Verbrennung, welcher unser Körper beständig unterliegt, sind dieselben beiden Körper: Kohlenäure, welche hauptsächlich in der ausgeatmeten Luft abgegeben wird, und Wasser, welches namentlich in Form von Schweiß und — zusammen mit zwei stickstoffhaltigen Verbindungen, dem Harnstoff ( $CH_4N_2O$ ) und der Harnsäure ( $C_5H_4N_4O_3$ ), die beide vorzugsweise im Urin vorkommen — im Urin ausgeschieden wird. Bei manchen Tieren werden Harnstoff und Harnsäure durch andere Verbindungen, wie z. B. das Guanin ( $C_5H_5N_5O$ ), vertreten, doch können wir es als erwiesen betrachten, daß bei allen Lebewesen Kohlenäure,

Wasser und eine stickstoffhaltige Substanz, von einfacherer Zusammensetzung als die Eiweißkörper, welche einem der zwei oben erwähnten Körper verwandt ist, die Produkte der Verbrennung sind.

Mit diesem Zerfall der Eiweißkörper ist die Lebensthätigkeit aller Organismen unabänderlich verknüpft. Gerade wie nutzbringende mechanische Arbeit durch den Fall eines Gewichtes von einer gegebenen Höhe bis zum Niveau des Erdbodens geleistet werden kann, so ist die von dem Organismus verrichtete Arbeit ein Resultat des Herabsinkens, sozusagen, seiner komplizierten Eiweißverbindungen auf das Niveau einfacherer Substanzen. In beiden Fällen wird potentielle Energie in kinetische oder aktuelle Energie umgewandelt.

In dem befondern hier von uns betrachteten Falle haben wir uns auf Analogieschlüsse und nicht auf direkte Experimente zu beziehen. Wir können jedoch völlig sicher sein, daß die Verbrennungsprodukte oder Ausscheidungsstoffe der Amöbe Kohlenäure, Wasser und gewisse verhältnismäßig (d. h. im Vergleich zu den Eiweißkörpern) einfache Stickstoffverbindungen enthalten.

Diese Ausscheidungsstoffe oder Exkretionsprodukte werden teils von der allgemeinen Körperoberfläche abgegeben, teils jedoch, so scheint es, durch die Thätigkeit der kontraktilen Vakuole. Es scheint, daß das mit der Nahrung aufgenommene Wasser, aller Wahrscheinlichkeit nach zusammen mit einem Teile des durch die Oxydation des Protoplasmas gebildeten, seinen Weg zur Vakuole nimmt und durch die Kontraktion derselben ausgestoßen wird. Wir haben also hier eine weitere von der Amöbe ausgeführte Thätigkeit, die der Exkretion oder der Abgabe der Ausscheidungsstoffe.

Im Anschlusse hieran müssen wir den Leser vor einem möglichen Mißverständnis warnen, welches daraus entspringen kann, daß das Wort »Exkretion« oft in zweierlei Bedeutung gebraucht wird. Wir hören z. B. oft von festen und flüssigen »Exkreten« reden. Bei der Amöbe bestehen die festen Exkrete, oder richtiger die Fäces, aus solchen Dingen, wie die unverdaulichen Zellwände, Stärkekörner u. f. w. der Organismen, von denen sie sich ernährt; aber das Ausstoßen derselben ist nicht in höherem Maße ein Exkretionsprozeß, als das Auswerfen eines Kirschkernes, da sie einfach Teile der Nahrung sind, welche niemals assimiliert waren, niemals einen Teil des Organismus bildeten. Wahre Exkrete dagegen sind stets Produkte des Stoffwechsels, der Zersetzung des Protoplasmas.

Der vorher ausgesprochene Satz, daß das Protoplasma der Amöbe beständig der Oxydation unterliegt, setzt eine fortwährende Zufuhr von Sauerstoff voraus. Das Wasser, in welchem das Tierchen lebt, enthält dies Gas beständig in Lösung; andererseits, wie wir gesehen haben, bildet das Protoplasma unausgesetzt Kohlensäure. Wenn nun zwei Gase durch eine poröse Wand voneinander getrennt werden, so findet ein Austausch zwischen denselben statt, indem jedes in den von dem andern

eingenommenen Raum hineindiffundiert. Derselbe Prozeß der Gassediffusion geht beständig vor sich zwischen der Kohlenäure im Innern der Amöbe und dem Sauerstoff in dem umgebenden Wasser, während das Protoplasma als poröse Wand wirkt. Auf diesem Wege wird die Kohlenäure ausgeschieden und zu gleicher Zeit wird eine Sauerstoffzufuhr für weitere Verbrennungen bewirkt.

Die Aufnahme des Sauerstoffs muß als eine Art von Ernährungsvorgang betrachtet werden, bei welchem die Nahrung nicht fest oder flüchtig, sondern gasförmig ist, gerade wie wir von der »Ernährung« eines Feuers durch Kohlen und durch Luft sprechen können. Überdies ist, wie wir gesehen haben, die Abgabe der Kohlenäure ein Exkretionsvorgang. Es ist jedoch üblich und gebräuchlich, diesen Prozeß des Gasaustausches als *Respiration* oder Atmung zu bezeichnen. Diese ist demnach eine weitere von dem Protoplasma der Amöbe ausgeführte Leistung.

Die Oxydation des Protoplasmas im Körper eines Organismus ist, gleich der Verbrennung von Holz oder Kohle im Feuer, von einer Wärmeentwicklung begleitet. Dafs eine solche bei der Amöbe stattfindet, kann nicht bezweifelt werden, wenngleich es niemals nachgewiesen worden ist. Die auf diese Weise erzeugte Wärme geht jedoch beständig an das umgebende Wasser verloren, so dafs die Temperatur einer Amöbe, wenn wir sie messen könnten, sich wahrscheinlich, wie die eines Frosches, sehr wenig oder gar nicht von der des Mediums, in welchem sie lebt, verschieden erweisen würde.

Wir sehen demnach, dafs eine sehr ausgedehnte Reihe chemischer Prozesse beständig im Innern der Amöbe verlaufen. Diese Prozesse lassen sich in zwei Gruppen teilen: diejenigen, welche mit der Verdauung der Nahrung beginnen und mit der Herstellung lebenden Protoplasmas endigen, und diejenigen, welche es mit der Zerstörung des Protoplasmas zu thun haben und mit der Exkretion aufhören.

Die Gesamtheit dieser Prozesse bezeichnet man zusammenfassend als *Metabolismus*. Zunächst wird die Nahrung verdaut, diffundiert durch das Protoplasma und wird schliesslich in neues lebendes Protoplasma umgewandelt: dies sind Prozesse des konstruktiven *Metabolismus* oder *Anabolismus*. Darauf zerfällt das Protoplasma schrittweise und unterliegt einer Umwandlung in Exkretionsprodukte: dies ist der Prozeß des destruktiven *Metabolismus* oder *Katabolismus*. Es kann nicht zweifelhaft sein, dafs beides Vorgänge von außerordentlicher Komplikation sind; es ist wahrscheinlich, dafs, nachdem die Nahrung einmal gelöst ist, nunmehr die successive Bildung zahlreicher Körper von allmählich zunehmender Komplikation erfolgt (anabolische *Mesostaten* oder *Anastaten*), welche im Protoplasma gipfeln; und dafs das Protoplasma, wenn es einmal gebildet ist, in eine Reihe von Substanzen von schrittweise abnehmender Komplikation (katabolische *Mesostaten* oder *Katastaten*) zerlegt, und dafs der Abschluß dieser Reihe durch die vergleichsweise einfachen Exkretionsprodukte gebildet

wird. Die Körnchen im Endosark sind wahrscheinlich als verschiedene, dem eigentlichen Protoplasma eingelagerte Mefostaten zu betrachten.

Lebendes Protoplasma ist demnach die unbeständigste Substanz; es ist nicht daselbe in zwei aufeinander folgenden Sekunden; es zersetzt sich nur, um ersetzt zu werden, es wird ersetzt, um sich zu zersetzen; sein Dasein hängt, gleich dem eines Wasserfalles oder eines Springbrunnens, von dem beständigen Zufluss und Abfluss der Materie ab.

Es folgt aus dem Vorhergehenden, dafs, wenn die Einnahme einer Amöbe, d. h. das Gesamtgewicht der aufgenommenen Substanzen (Nahrung plus Sauerstoff plus Wasser) gröfser ist, als die Ausgabe oder das Gesamtgewicht der ausgeschiedenen Substanzen (Fäces plus eigentliche Exkrete plus Kohlenäure), das Tier wachsen, wenn sie geringer ist, abnehmen wird; wenn beide gleich sind, wird auch sein Gewicht gleich bleiben, es wird in einem Zustande physiologifchen Gleichgewichts verharren.

Wir sehen also, dafs die Grundbedingung für das Leben der einzelnen Amöbe die ist, dafs sie die Fähigkeit besitzt, aus der ihr zugeführten Nahrung neues Protoplasma zu bilden. Aber es bedarf noch einer andern Fähigkeit. Die Amöben sind Zufälligkeiten aller Art ausgesetzt; sie können von andern Organismen gefressen werden, oder das Gewässer, in welchem sie leben, kann austrocknen; auf die eine oder andere Weise kommen sie stets ums Leben. Es folgt daraus, dafs, wenn das Geschlecht der Amöben erhalten bleiben soll, irgend eine Vorkehrung bestehen mufs, durch welche die dieselbe bildenden Individuen in den Stand gesetzt werden, neue Individuen hervorzubringen. Mit andern Worten, die Amöbe mufs neben ihren andern Thätigkeiten auch die der Reproduktion ausführen.

Eine Amöbe pflanzt sich auf sehr einfache Weise fort. Der Kern teilt sich in zwei, dann verlängert sich der ganze Körper, indem gleichmäfsig die beiden Kerne auseinander rücken; darauf bildet sich in der Mitte des ausgestreckten Körpers zwischen den Kernen eine Furche (Fig. 1, *I*; Fig. 2, *C*, *D*); die Furche vertieft sich, bis zuletzt das Tierchen in zwei getrennte Amöben zerfällt (Fig. 2, *E*), welche von jetzt an eine unabhängige Existenz führen.

Diese einfachste bekannte Art der Vermehrung wird einfache Teilung oder Zweiteilung genannt. Man beachte, wie völlig verschieden dieselbe von der Art der Vermehrung ist, welche wir bei den höheren Tieren kennen. Ein Vogel z. B. vermehrt sich, indem er in bestimmten Zeitabschnitten Eier legt, in deren jedem sich unter günstigen Umständen und nach Verlauf einer bestimmten Zeit ein Junges entwickelt, und der elterliche Vogel stirbt, nachdem er während einer längeren oder kürzeren Zeit wiederholt Eier hervorgebracht hat. Eine Amöbe hingegen teilt sich einfach in zwei Amöben, deren jede ihr selbst genau gleicht, und indem sie dies thut, hört sie auf, als besonderes Individuum zu existieren. Statt der successiven Erzeugung von Nachkommen seitens eines schliess-

lich absterbenden Eltertieres, haben wir hier gleichzeitige Erzeugung von Nachkommen durch Teilung des Eltertieres, welches nicht stirbt, sondern nur in feiner Nachkommenschaft aufgeht. Es kann kein besseres Zeugnis für die Thatfache geben, daß Vermehrung ein diskontinuierliches Wachstum ist.

Es hat demnach den Anschein, daß eine Amöbe, falls sie nicht einen gewaltfamen Tod erleidet, wirklich unsterblich ist, indem sie sich in zwei vollständig organisierte Individuen teilt, deren jedes sein Leben mit der Hälfte des elterlichen Körpers beginnt, so daß also von diesem nichts Sterbliches übrig bleibt. Es ist indessen nach Analogie der Infusorien (vergl. Vorlesung X) wahrscheinlich, daß solche Organismen wie die Amöben sich nicht unbegrenzt durch einfache Teilung vermehren können und daß gelegentlich zwei Individuen miteinander in Berührung kommen und völlig miteinander verschmelzen. Eine Konjugation dieser Art ist bei Amöben beobachtet worden, wurde jedoch bei andern Formen (vergl. Vorlesung III und X) eingehender studiert. Mag dieselbe nun eine notwendige Bedingung für die fortgesetzte Existenz unseres Tierchens sein oder nicht, es erscheint sicher, daß bei diesen Organismen »der Tod als eine natürlich wiederkehrende Erscheinung keinen Raum hat«.

Wenn es einer Amöbe begegnet, daß sie getötet, aber nicht gefressen wird, so unterliegt sie allmählicher Zerfetzung, indem sie in verschiedene einfache Substanzen umgewandelt wird, von denen Kohlensäure, Wasser und Ammoniak die wichtigsten sind (vergl. S. 22).

Zum Schlusse mögen noch einige Angaben über die Lebensbedingungen der Amöben folgen — die Umstände, unter denen sie leben oder sterben, gedeihen oder nicht gedeihen.

Zunächst leben sie nur innerhalb gewisser Temperaturgrenzen. Bei mäßig warmem Wetter kann die Temperatur, der sie ausgesetzt sind, auf ungefähr  $15^{\circ}\text{C}$ . geschätzt werden. Bei langsamer Erwärmung über diesen Punkt hinaus zeigen die Bewegungen zunächst eine größere Lebhaftigkeit, werden dann mehr und mehr träge und hören bei etwa  $30^{\circ}$  bis  $35^{\circ}$  gänzlich auf, um jedoch bei wieder erniedrigter Temperatur von neuem zu beginnen. Wird die Erwärmung bis ungefähr  $40^{\circ}\text{C}$ . gesteigert, so stirbt das Tier unter Gerinnung des Protoplasmas (vergl. S. 4); man sagt dann, es verfällt der Wärmestarre, oder einer durch die Hitze veranlaßten tödlichen Erstarrung. In ähnlicher Weise werden die Bewegungen bei Abkühlung unter die gewöhnliche Temperatur langsamer und langsamer und hören beim Gefrierpunkt ( $0^{\circ}\text{C}$ .) gänzlich auf. Aber der Frost, abweichend von der Überhitzung, tötet das Protoplasma nicht, sondern hebt nur zeitweilig seine Thätigkeit auf; beim Auftauen beginnen die Bewegungen wieder. Wir können demnach ein Optimum der Temperatur unterscheiden, bei welchem die Lebensthätigkeiten mit der größten Lebhaftigkeit ausgeführt werden, Maximal- und

Minimaltemperaturen, oberhalb und unterhalb welcher dieselben aufhören, und eine Ultra-Maximaltemperatur, bei welcher der Tod erfolgt. Eine bestimmte Ultra-Minimaltemperatur ist für die Amöben nicht bekannt.

Die im Protoplasma — als Organisationswasser (vergl. S. 4) — vorhandene Wassermenge ist ein weiterer beachtenswerter Punkt. Das Wasser, in welchem die Amöbe lebt, enthält, wenn es auch küs ist, immer einen gewissen Prozentsatz von Salzen in Lösung und das Protoplasma wird durch jede Änderung in der Dichtigkeit des umgebenden Mediums beeinflusst, z. B. wenn man daselbe durch destilliertes Wasser ersetzt und so seine Dichtigkeit vermindert, oder wenn man diese durch Zusatz von Salz vermehrt. Der Zusatz von gewöhnlichem Kochsalz (Chlornatrium) bis zu 2 Proz. veranlaßt die Amöbe, ihre Pseudopodien einzuziehen und bis zu einer gewissen Grenze zusammenzuzschrumpfen; man sagt dann, sie geht in den Zustand der Trockenstarre über. Unter diesen Umständen kann sie durch Zusatz einer Wassermenge, welche hinreicht, um die Flüssigkeit wieder auf ihre ursprüngliche Dichtigkeit zu bringen, in ihren Normalzustand zurückgeführt werden.

Hierbei ist jedoch zu beachten, daß die schädlichen Wirkungen eines Übermaßes von Salz nur dann auftreten, wenn das Salz plötzlich zugefügt wird. Bei sehr allmählichem Zusatz von Chlornatrium hat man Amöben dazu gebracht, in einer vierprozentigen Lösung zu leben, d. h. in einer Lösung, welche doppelt so stark ist als diejenige, welche bei plötzlichem Zusatz die Trockenstarre hervorruft.

Aus dem, was oben (S. 13) über die Atmung gesagt wurde, folgt, daß freier Sauerstoff für das Dasein der Amöben notwendig ist. Licht hingegen scheint nicht erforderlich zu sein, da man lebhaft amöboide Bewegungen in der Dunkelheit hat vor sich gehen sehen.

## Zweite Vorlesung.

# Haematococcus.

---

Das in Pfützen, Dachrinnen und andern Orten angefallene Regenwasser zeigt häufig eine grüne Färbung. Es verdankt dieselbe der Gegenwart verschiedener Organismen — Pflanzen oder Tiere — von denen einer der gewöhnlichsten *Haematococcus* (auch wohl *Protococcus* oder *Sphaerella*) *pluvialis* genannt wird.

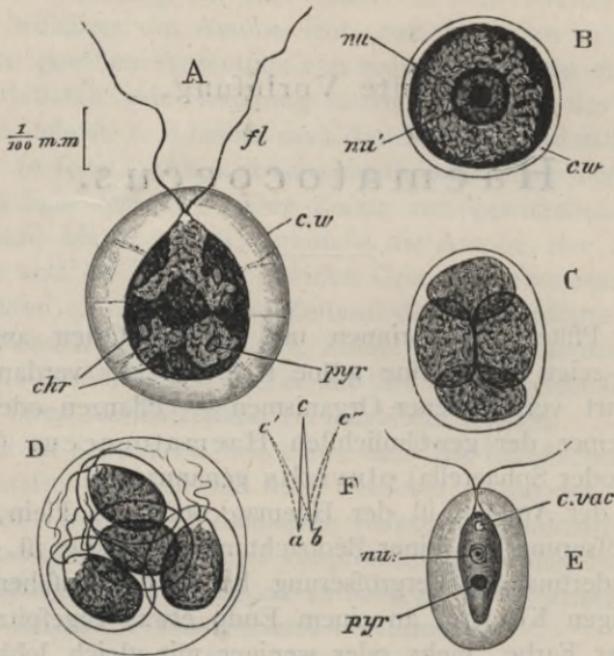
Gleich der Amöbe, ist der *Haematococcus* so klein, daß eine starke Vergrößerung zu feiner Beobachtung notwendig ist. Bei zwei- oder vierhundertmaliger Vergrößerung hat er das Ansehen (Fig. 3 a) eines eiförmigen Körpers, an einem Ende etwas zugespitzt und von lebhaft grüner Farbe, mehr oder weniger mit gleich lebhaftem Rot untermischt.

Wie die Amöbe, ist auch er beständig in Bewegung, aber der Charakter der Bewegung ist in beiden Fällen sehr verschieden. Einen in Bewegung begriffenen *Haematococcus* sieht man mit beträchtlicher scheinbarer Geschwindigkeit nach allen Richtungen hin durch das Gesichtsfeld des Mikroskopes schwimmen. Wir sagen scheinbarer Geschwindigkeit, weil das Maß der Fortbewegung ebenso stark vergrößert wird, wie der Organismus selbst, und was unter dem Mikroskop als eiliges Laufen erscheint, ist in Wirklichkeit, wenn man es durch 300 dividiert, ein recht langsames Schleichen. Man hat beobachtet, daß Organismen wie *Haematococcus* eine Entfernung von einem Fuß in Zeit von einer Viertelstunde bis zu einer Stunde durchmessen, oder, um den Thatbestand in anderer, besserer Weise auszudrücken, daß sie eine Entfernung gleich dem  $2\frac{1}{2}$  fachen ihres eigenen Durchmessers in einer Sekunde zurücklegen. Beim Schwimmen ist das zugespitzte Ende immer vorwärts gerichtet und gleichzeitig mit der Vorwärtsbewegung findet eine beständige Drehung des Körpers um seine Längsachse statt.

Sorgfältige Beobachtung zeigt, daß der Umriss eines schwimmenden *Haematococcus* sich nicht verändert, so daß hier offenbar kein Vorstrecken von Pseudopodien erfolgt, und die Ursache der Bewegung bleibt

zunächst verborgen. Früher oder später jedoch wird das kleine Wesen ficher zur Ruhe kommen, und man kann alsdann zwei von dem zugespitzten Ende ausgehende außerordentlich zarte, farblose Fäden erkennen, jeder etwa noch halbmal so lang wie das Tierchen selbst (Fig. 3. *A, fl*);

Fig. 3.



*A* *Haematococcus pluvialis*, beweglicher Zustand. Lebendes Individuum, zeigt Protoplasma mit Chromatophoren (*chr*) und Pyrenoiden (*pyr*), die mit dem Körper durch Protoplasmafäden verbundene Zellwand (*c.w*) und die Geißel (*fl*). Der Maßstab links gehört zu Figur *A* bis *D*.

*B* Ruhezustand, zeigt den Kern (*nu*) mit Kernkörperchen (*nu'*) und die dicke Zellwand in unmittelbarer Berührung mit dem Protoplasma.

*C* Teilung des ruhenden Zellkörpers in vier Tochterzellen.

*D* Entwicklung der Geißel und der abgehobenen Zellwand bei den Tochterzellen vor ihrer Befreiung aus der umhüllenden Mutterzellwand.

*E* *Haematococcus lacustris*, zeigt den Kern (*nu*), ein einzelnes großes Pyrenoid (*pyr*) und die kontraktile Vakuole (*c. vac*).

*F* Schema für die Bewegung der Geißel; *ab* Basis derselben, *c, c', c''* verschiedene Stellungen ihrer Spitze.

*E* nach Bütschli.

diese werden Geißeln (Flagella) oder Wimpern (Cilia) genannt<sup>1)</sup>. Bei einem zur Ruhe gekommenen *Haematococcus* kann man diese oft

<sup>1)</sup> Das Wort Wimper wird bisweilen als allgemeine Bezeichnung für einen zarten, beweglichen Protoplasmaforsatz gebraucht; oft jedoch braucht man es im begrenzten Sinne für rhythmisch schwingende Härchen, von denen eine einzelne Zelle eine beträchtliche Zahl trägt (vergl. Fig. 8, *E* und Fig. 21); eine Geißel

langsam hin und her schwingen sehen; wenn diese langsame Bewegung in eine heftige übergeht, so wird der ganze Körper durch das Wasser fortgerissen, indem die Geißeln wie ein Paar außerordentlich feine und biegsame Flossen oder Ruder wirken. Die Bewegungen des Haematococcus sind also nicht amöboid, d. h. sie werden nicht durch Ausstrecken und Einziehen von Pseudopodien hervorgebracht, sondern sie sind ciliar, d. h. sie sind eine Folge der schnellen Schwingung von Wimpern oder Geißeln.

Die Geißeln werden noch besser sichtbar, wenn man dem Wasser einen Tropfen Jodlösung zusetzt; diese tötet und färbt den Organismus augenblicklich und die Geißeln nehmen eine deutlich gelbe Färbung an. Aus diesen und andern Reaktionen geht hervor, daß Haematococcus gleich einer Amöbe aus Protoplasma besteht, und daß die Geißeln einfache fadenförmige Fortsätze des Protoplasmas sind.

Es wurde oben erwähnt, daß während des Schwimmens das zugespitzte Ende mit der Geißel voranschwimmt; daselbe kann demnach als Vorderende und das entgegengesetzte als Hinterende bezeichnet werden. So zeigt Haematococcus, mit der Amöbe verglichen, eine Differenzierung der Körperregionen: es kann ein vorderes und ein hinteres Ende unterschieden werden, und ein Teil des Protoplasmas ist zu Geißeln umgebildet oder differenziert.

Die grüne Färbung verdankt der Körper der Gegenwart eines besondern Farbstoffes, des sogenannten Chlorophylls (Blattgrüns), der Substanz, von welcher auch die Färbung der Laubblätter herrührt. Daß derselbe etwas vom Protoplasma durchaus Verschiedenes ist, davon kann man sich durch Behandlung mit Alkohol überzeugen, welcher das Protoplasma einfach tötet und gerinnen macht, das Chlorophyll jedoch vollständig zersetzt und in Form einer grünen Lösung auszieht. Diese Lösung, bei durchfallendem Lichte grün, erscheint in stark reflektiertem Lichte rot, ist also fluorescierend; untersucht man sie mit dem Spektroskop, so zeigt sich, daß sie das ganze blaue und violette Ende des Spektrums und einen Teil des roten absorbiert. Die rote Färbung, welche bei manchen Individuen auftritt, und welche zuweilen ganz an Stelle der grünen tritt, rührt von einem dem Chlorophyll in feinen Eigenschaften nahe verwandten Farbstoff her, dem Hämatochrom.

Auf den ersten Blick scheint das Chlorophyll über den ganzen Körper gleichmäßig verteilt zu sein, genauere Prüfung mittels starker Vergrößerung zeigt jedoch, daß daselbe an eine unbestimmte Zahl unregelmäßiger Körperchen gebunden ist, die man Chromatophoren nennt (Fig. 3, *A, chr*), und welche zusammen eine unmittelbar unter

---

ist eine Wimper, welche peitschenförmige Bewegungen ausführt, und eine einzelne Zelle trägt solche nur in begrenzter Zahl — eine oder zwei oder auch wohl vier. [Bei einzelnen geißeltragenden Tierchen (*Hexamitus*, *Trepomonas*) wurden neuerdings acht Geißeln beobachtet. Anm. des Übersetzers.]

der Oberfläche liegende Schicht bilden. Jedes Chromatophor besteht aus einer protoplasmatischen, mit Chlorophyll durchtränkten Substanz.

Nach Auflösung des Chlorophylls durch Alkohol kann man sich vom Vorhandensein eines Kernes überzeugen (*B, nu*); gleich dem Kern der Amöbe kann derselbe mit Jod, Magenta u. dergl. gefärbt werden. Noch andere Körper, welche leicht für Kerne gehalten werden können, sind im lebenden Organismus zu sehen. Es sind dies kleine, eiförmige Gebilde mit scharf umschriebenem Umriss (*A, pyr*), die in wechselnder Zahl in den Chromatophoren vorkommen. Bei Behandlung mit Jod nehmen sie eine tiefe, anscheinend schwarze, in Wirklichkeit jedoch dunkelblaue Färbung an. Diese Blaufärbung durch Jod ist die charakteristische Reaktion der wohlbekannten Stärke, wie man dies sehen kann, wenn man auf die gewöhnliche, beim Waschen gebrauchte Stärke einige Tropfen Jod fallen läßt. Es ist nachgewiesen, daß die in Rede stehenden Körper aus einer Eiweißsubstanz bestehen, welche von einer Schicht Stärke bedeckt ist; man nennt sie Pyrenoide. Die Stärke selbst ist eine chemische Verbindung aus der Gruppe der Kohlehydrate, d. h. Körper, welche die Elemente Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff enthalten, ihre Formel ist  $C_6H_{10}O_5$ .

Bei *Haematococcus pluvialis* finden wir keine kontraktile Vakuole, wohl aber existiert eine solche bei einer andern Species, *H. lacustris*, als kleineres Bläschen in der Nähe des vorderen oder spitzen Endes (Fig. 3, *E, c. vac*).

Noch ein anderes charakteristisches Gebilde ist bisher von uns noch nicht beachtet worden. Dasselbe erscheint auf den ersten Blick wie ein zarter Schleier um den grünen Körper, bei sorgfältiger Einstellung jedoch sieht man, daß es in Wirklichkeit eine außerordentlich dünne, kugelige Hülle ist (*A, c. w*), welche aus einer farblosen, durchsichtigen Substanz besteht und durch einen mit Wasser gefüllten Raum von dem Körper getrennt wird, mit dem sie durch sehr zarte, strahlenförmige Protoplasmafränge verbunden ist. Dieselbe ist von zwei außerordentlich feinen Öffnungen zum Durchtritt der Geißeln durchbohrt. Offenbar können wir diese Hülle als eine Cyste oder Zellwand ansehen, welche sich von der encystirten Amöbe (Fig. 1, *D*) dadurch unterscheidet, daß sie das Protoplasma nicht unmittelbar berührt.

Ein wichtigerer Unterschied jedoch liegt in ihrer chemischen Zusammensetzung. Die Kapselfoder Zellwand der Amöben ist, wie in der vorigen Vorlesung (S. 8) angegeben wurde, sehr wahrscheinlich stickstoffhaltig; die des *Haematococcus* hingegen besteht aus einem Kohlehydrat, der Cellulose, welche in ihrer Zusammensetzung der Stärke, dem Zucker und dem Gummi verwandt ist, von der Formel  $C_6H_{10}O_5$ . Viele vegetabilische Substanzen, so z. B. die Baumwolle, bestehen aus Cellulose, und Holz ist eine Modifikation derselben Verbindung. Cellulose wird durch Jod gelb gefärbt, aber Jod und Schwefelsäure zusammen färben sie blau und eine ähnliche Färbung wird hervor-

gebracht durch eine Lösung von Jod und Jodkalium in Zinkchlorid, welche als Schulze'sche Lösung bekannt ist. Diese Reaktionen kann man leicht bei Haematococcus anwenden; das Protoplasma färbt sich tief gelbbraun, und um daselbe herum sieht man eine Art blauer Wolke, welche von der gefärbten und zum Teil zeretzten Zellwand herrührt.

Es ist beobachtet worden, das Haematococcus in stehendem Wasser, in welchem er längere Zeit kultiviert wurde, zuweilen amöboide Gestalt annimmt. Jedenfalls kommt er, nachdem er längere oder kürzere Zeit hindurch ein aktives Leben geführt hat, zur Ruhe, verliert seine Geißeln und umgibt sich mit einer dicken Zellwand von Cellulose (Fig. 3, B), kapselt sich also ein. So besteht also hier, wie bei der Amöbe, ein Wechsel zwischen einem aktiven oder beweglichen und einem stationären oder ruhenden Zustande.

Was die Ernährung angeht, so ist der Unterschied zwischen dem Haematococcus und der Amöbe sehr ausgesprochen und wirklich fundamental. Wie wir gesehen haben, besitzt Haematococcus keine Pseudopodien und kann infolgedessen nicht nach Art der Amöbe feste Nahrung aufnehmen. Überdies ist er, wie wir gesehen haben, gerade in seinem beweglichen Zustande in der Regel von einer ununterbrochenen Zellwand umgeben, welche natürlich die Möglichkeit der Nahrungsaufnahme ganz ausschließt. Auch sieht man denselben, so lange man ihn auch beobachtet, niemals im gewöhnlichen Sinne des Wortes fressen. Nichtsdestoweniger muß er auf einem oder dem andern Wege Nahrung zu sich nehmen, sonst würde die Zeretzung seines Protoplasmas seinem Leben bald ein Ziel setzen.

Der Haematococcus lebt im Regenwasser. Dies ist niemals reines Wasser, sondern es enthält stets gewisse Mineralsalze in Lösung, insbesondere Nitrate, Ammoniaksalze und oft Chlornatrium oder gewöhnliches Kochsalz. Diese Salze können, da sie Kristalloide sind, in das Organisationswasser des Tierchens hineindiffundieren und thun dies auch, so das wir das Protoplasma desselben als beständig von einer sehr schwachen Salzlösung durchtränkt betrachten können, deren wichtigste Elemente Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Kalium, Natrium, Calcium, Schwefel und Phosphor sind.

Wenn Wasser, welches eine große Anzahl von Haematococccen enthält, dem Sonnenlichte ausgesetzt ist, so sieht man in demselben kleine Bläschen auftreten, und wenn man diese Bläschen auffammelt und sorgfältig untersucht, so zeigt sich, das sie größtenteils aus Sauerstoff bestehen. Genaue chemische Analyse hat gezeigt, das ihr Sauerstoff durch Zeretzung der Kohlenäure gebildet wird, welche im Regenwasser und überhaupt in jedem der Luft ausgesetzten Wasser in Lösung enthalten ist, eines Gases, welches überall in geringen Mengen in der Atmosphäre vorkommt und in Wasser sehr löslich ist.

Wenn die Kohlenfäure auf diese Weise zersetzt und ihr Sauerstoff in Freiheit gefetzt wird, so ist klar, das der Kohlenstoff zurückbleiben mus. In der That wird derselbe von dem Organismus zurückbehalten, aber nicht in Form von Kohlenstoff; aller Wahrscheinlichkeit nach findet zwischen der absorbierten Kohlenfäure und dem Organisationswasser eine wechselseitige Zerfetzung statt, deren Resultat das Freiwerden des Sauerstoffs in Gasform und die gleichzeitige Bildung eines sehr einfachen Kohlehydrats, d. h. einer Verbindung von Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff mit einer vergleichsweise kleinen Zahl von Atomen in einer Molekel ist.

Der nächste Schritt scheint der zu sein, das das so gebildete Kohlehydrat sich mit den von dem umgebenden Wasser absorbierten Ammoniumsalzen oder Nitraten verbindet, so das das Resultat die Bildung einer vergleichsweise einfachen Stickstoffverbindung ist, welche wahrscheinlich in die Klasse der Amide gehört, deren eins der bestbekanntesten, das Asparagin, die Formel  $C_4H_8N_2O_3$  besitzt. Dann finden weitere Kombinationen statt, Substanzen von immer größerer Kompliziertheit werden gebildet, Schwefel tritt aus den absorbierten Sulfaten in die Verbindung ein und es entstehen Eiweißkörper. Aus diesen endlich geht neues lebendes Protoplasma hervor.

Aus der eben gegebenen Darstellung, welche nur eine sehr flüchtige Skizze eines bis jetzt nur unvollkommen verstandenen Vorganges zu geben beabsichtigt, wird hervorgehen, das das Endergebnis des Ernährungsvorganges wie bei der Amöbe die Bildung von Protoplasma ist, und das dies Ziel erreicht wird durch Bildung verschiedener Substanzen von wachsender Komplikation oder von Anastaten (vgl. S. 13). Aber es ist zu beachten, das die Stufen dieses konstruktiv metabolischen Prozesses in beiden Fällen sehr verschieden sind. Bei der Amöbe bildet den Ausgangspunkt lebendes Protoplasma — das des Nahrungsobjektes —, welches getötet und in lösliche Eiweißsubstanzen zerlegt wird, welche dann später sich wieder neu kombinieren, um neue Molekeln des lebenden Protoplasmas der Amöbe zu bilden. So ist die Nahrung der Amöbe von Anfang an so kompliziert zusammengesetzt, wie diese selbst, und wird erst durch die Verdauung in einfachere Verbindungen zerlegt, welche dann später wieder zu komplizierteren zusammenzutreten. Beim Haematococcus hingegen gehen wir von sehr einfachen Verbindungen aus, wie Kohlenfäure, Wasser, Nitrate, Sulfate u. f. w. Nichts findet hier statt, was im eigentlichen Sinne Verdauung genannt werden könnte, d. h. eine Zerfetzung und Auflösung der Nahrung, sondern die verschiedenen Bestandteile derselben verbinden sich zu Substanzen von schrittweise zunehmender Kompliziertheit, während Protoplasma, wie im ersten Falle, das Endprodukt ist.

Um daselbe mit andern Worten auszudrücken: Die Amöbe kann Protoplasma nur aus bereits von andern Organismen hergestellten Eiweißkörpern bilden, der Haematococcus kann daselbe aus

einfachen flüssigen oder gasförmigen anorganischen Substanzen bereiten.

Allgemein können wir sagen, daß diese beiden Methoden der Ernährung charakteristisch sind für die beiden großen Hauptabteilungen der Lebewesen. Die Tiere bedürfen fester <sup>1)</sup> Nahrung, welche bereits fertig gebildete Eiweißkörper enthält, und können ihr Protoplasma nicht aus einfacheren Verbindungen aufbauen. Die grünen Pflanzen, d. h. alle gewöhnlichen Bäume, Sträucher, Kräuter u. s. w., nehmen nur flüssige und gasförmige Nahrung auf und bereiten ihr Protoplasma aus Kohlenäure, Wasser und Mineralsalzen. Die erste dieser Ernährungsmethoden wird in der Regel als die holozoische oder echt tierische, die zweite als die holophytische oder echt pflanzliche bezeichnet.

Es ist bemerkenswert, daß nur diejenigen Pflanzen oder Pflanzenteile, in denen sich Chlorophyll befindet, der holophytischen Ernährung fähig sind. Welches auch immer im einzelnen der Weg sein mag, auf welchem dieser Prozeß sich vollzieht, soviel steht fest, daß die Zersetzung der Kohlenäure, welche diese Art der Ernährung charakterisiert, eine Thätigkeit des Chlorophylls oder, genauer gesprochen, der Chromatophoren ist, denn wir haben Grund, anzunehmen, daß das Protoplasma derselben und nicht der grüne Farbstoff das wirkfame Agens bei diesem Vorgange ist.

Außerdem dürfen wir nicht vergessen, daß die Zersetzung der Kohlenäure nur bei Tageslicht vor sich geht, so daß die Organismen, welche sich holophytisch ernähren, in Bezug auf ihre Existenz von der Sonne abhängig sind. Während die Amöben ihre Energie aus der Zersetzung der Eiweißsubstanzen ihrer Nahrung herleiten (vgl. S. 9), ist die Nahrung des Haematococcus zu einfach, um als Kraftquelle zu dienen, und nur mit Hülfe des Sonnenlichtes kann die Arbeit des konstruktiven Metabolismus verrichtet werden. Man kann dies auch in den Worten ausdrücken, daß der Haematococcus und die andern chlorophyllhaltigen Organismen direkt von der Sonne mit kinetischer Energie (in Form von Licht oder strahlender Energie) versehen werden.

Wie bei der Amöbe, geht destruktiver Metabolismus mit dem konstruktiven Hand in Hand. Das Protoplasma oxydiert sich, Wasser, Kohlenäure und stickstoffhaltige Zerfallsprodukte werden gebildet und schließlich in Freiheit gesetzt. Offenbar muß also Absorption von Sauerstoff stattfinden, oder mit andern Worten, Atmung muß bei Haematococcus ebenso wie bei der Amöbe eine Funktion des Protoplasmas sein. Bei vielen grünen, d. h. chlorophyllhaltigen Pflanzen hat man sich überzeugt, daß dies der Fall ist. Atmung, d. h. Aufnahme von Sauerstoff und Ausscheidung von Kohlenäure findet beständig statt, wird jedoch während des Tageslichtes durch den entgegen-

---

<sup>1)</sup> Über die Einschränkung, welche dieser Satz bei den Schmarotzern erfährt, vgl. weiter unten, Vorlesung XI. Anm. d. Übersetzers.

gesetzten Vorgang — die Aufnahme von Kohlenfäure zum Zwecke der Ernährung und die Abgabe des durch die Zerfetzung derselben frei gewordenen Sauerstoffes — verdeckt. Im Dunkeln, wenn dieser letztere Prozess unterbrochen ist, kann man sich leichter von dem Vorhandensein der Atmung überzeugen.

Infolge der fortwährenden Zerlegung von Kohlenfäure im Sonnenlichte wird eine grössere Menge von Sauerstoff entwickelt als von Kohlenfäure, und wenn man eine Analyse aller in den Organismus eingeführten Stoffe (Kohlenfäure plus Mineralstoffe plus eingeatmeter Sauerstoff) ausführen würde, so würde sich ergeben, dass dieselben weniger Sauerstoff enthalten, als die Ausscheidungsprodukte<sup>1)</sup> (aus der Zerfetzung der Kohlenfäure herrührender Sauerstoff plus Wasser, ausgeschiedene Kohlenfäure und stickstoffhaltige Zerfallsprodukte), so dass der Ernährungsprozess bei Haematococcus, Alles in Allem, ein Reduktionsprozess ist. Bei der Amöbe hingegen enthalten die eingeführten Substanzen (Nahrung plus eingeatmeter Sauerstoff) mehr Sauerstoff als die ausgeschiedenen (Fäces plus Kohlenfäure, wasser- und stickstoffhaltige Exkrete), der Ernährungsprozess ist also Alles in Allem ein Oxydationsprozess. Dieser Gegensatz ist, allgemein gesprochen, charakteristisch für die Gesamtheit der Tiere und Pflanzen. Die Tiere nehmen in der Regel mehr freien Sauerstoff auf als sie abgeben, während die grünen Pflanzen beständig mehr ausscheiden als sie aufnehmen.

Destruktiver Metabolismus zeigt sich jedoch nicht nur in der Bildung von Ausscheidungsprodukten, sondern auch von solchen Substanzen, welche einfacher gebaut sind als das Protoplasma und integrierende Bestandteile des Organismus bleiben, nämlich Stärke und Cellulose. Die Zellwand bildet sich wahrscheinlich durch die Umwandlung einer dünnen, oberflächlichen Protoplasmaschicht in Cellulose, und die Cyste erhält durch häufige Wiederholung dieses Vorganges ihre endgültige Dicke (vergl. S. 10). Die Stärke der Pyrenoide entsteht offenbar durch einen ähnlichen Prozess der Zerfetzung oder des destruktiven Metabolismus des Protoplasmas, wobei in beiden Fällen das Wachstum durch Apposition und nicht durch Intusussception erfolgt.

Wir sehen also, dass der destruktive Metabolismus zur Bildung von a) Ausscheidungsprodukten und b) plastischen Produkten führt, deren erstere, als weiter nicht verwertbar, ausgeschieden werden, während die letzteren als integrierende Bestandteile des Organismus zurückbleiben.

Kehren wir nun noch einmal zu den Bewegungen des Haematococcus zurück, und betrachten wir mehr im Einzelnen die Art ihres Zustandekommens.

<sup>1)</sup> Diese Berechnung ist nur für den freien Sauerstoff richtig. Anmerk. des Übersetzers.

Jede Geißel (Fig. 3, *A*, *f*) ist ein Protoplasmafaden von gleichbleibendem Durchmesser, abgesehen von dem distalen oder freien Ende, an welchem er sich zu einer Spitze verschmälert. Die peitschenartigen Bewegungen werden hervorgebracht, indem die Geißel sich abwechselnd nach verschiedenen Richtungen biegt; z. B. wenn Fig. 3, *F*, *abc* dieselbe im Ruhezustande darstellt, so zeigt *abc'* die Form, welche sie bei einer Biegung nach links und *abc''* diejenige, welche sie bei einer Biegung nach rechts annimmt. In der Stellung *abc* sind die beiden Seiten *ab* und *ac* offenbar gleich lang, während es ebenso klar ist, daß in den gebogenen Stellungen die konkaven Seiten *ac'*, *bc''* kürzer sind als die konvexen Seiten *bc'*, *ac''*, mit andern Worten, bei einer Biegung der Geißel nach links wird *ac*, bei einer Biegung nach rechts *bc* verkürzt.

Dies kann auch mit andern Worten so ausgedrückt werden, daß bei einer Biegung nach links die Seite *ac*, bei einer Biegung nach rechts die Seite *bc* sich zusammenzieht, oder daß die Bewegung durch abwechselnde Kontraktion entgegengesetzter Seiten der Geißel zu Stande kommt.

So ist die Geißelbewegung des Haematococcus gleich der amöboiden Bewegung der Amöbe eine Erscheinung der Kontraktilität. Man stelle sich vor, daß eine Amöbe alle ihre Pseudopodien bis auf zwei einzieht, und diese beiden so weit verlängert, daß sie zu wahren Fäden werden; man stelle sich des Weiteren vor, daß diese Fäden sich regelmäßig und schnell kontrahieren, statt unregelmäßig und langsam, so würde das Resultat der Ersatz der Pseudopodien durch Geißeln sein, d. h. der Ersatz der unbeständigen, langsam beweglichen durch dauernde, schnell bewegliche Protoplasmafortsätze.

Um die Sache anders auszudrücken: Bei der Amöbe besitzt der ganze Körper Kontraktilität, bei Haematococcus ist dieselbe nur einem kleineren Teile eigen, nämlich den Geißeln, während das übrige Protoplasma der Bewegung nicht fähig ist. Wir haben demnach bei Haematococcus eine Differenzierung des Baues, begleitet von einer Differenzierung der Funktion oder einer Teilung der physiologischen Arbeit.

Die Bezeichnung »Teilung der physiologischen Arbeit« wurde von dem großen französischen Physiologen Henri Milne-Edwards eingeführt, um die Thatfache auszudrücken, daß eine gewisse Analogie besteht zwischen niedriger und höher organisierten Tieren und Pflanzen einerseits und niedriger und höher organisierten menschlichen Genossenschaften andererseits. In primitiven Gemeinwesen besteht nur wenig oder gar keine Arbeitsteilung; jedermann ist sein eigener Schlichter, Bäcker, Soldat, Arzt u. f. w., es giebt keinen Unterschied zwischen »Klassen« und »Massen«, und jedes Individuum ist in hohem Maße unabhängig von allen übrigen. In zusammengesetzten civilisierten Gemeinwesen hingegen teilt sich die Gesellschaft in Staatsmänner, Soldaten, Beamte, Mechaniker, Arbeiter u. f. w., wobei jede Klasse in hohem Maße ab-

hängig von jeder andern ist. Dieser Vergleich einer hochentwickelten Gefellschaft mit einem höheren Organismus geht mindestens bis auf Aesop zurück, welcher demselben in der wohlbekanntenen Fabel von dem Magen und den Gliedern Ausdruck giebt.

Wir sehen den ersten Schritt in der Richtung zur Arbeitsteilung bei dem kleinen jetzt von uns betrachteten Organismus. Wenn wir ein Pseudopodium der Amöbe abschneiden könnten, so würde das Geschöpf dadurch wenig oder gar nicht benachteiligt werden, da jeder Teil im Stande wäre, ähnliche Fortsätze auszustrecken und die Bewegung also in keiner Weise behindert sein würde. Wenn wir hingegen die Geißeln des Haematococcus amputieren könnten, so würden seine Bewegungen sofort aufhören.

Der Haematococcus vermehrt sich nur im Ruhezustande (S. 21 und Fig. 3, *D*); wie bei der Amöbe, unterliegt sein Protoplasma der einfachen Teilung oder Zweiteilung, jedoch mit der Eigentümlichkeit, daß der Vorgang sich sofort wiederholt, so daß vier Tochterzellen innerhalb der einen Mutterzellwand (Fig. 3, *C*) gebildet werden. Durch Zerreißen dieser letzteren werden die Tochterzellen in der gewöhnlichen, beweglichen Form frei; zuweilen bekommen sie ihre Geißeln und ihre abgehobene Zellwand, bevor sie ausschlüpfen (*D*).

Unter gewissen Umständen teilt sich die ruhende Zelle in acht statt in vier Tochterzellen und dieselben erscheinen bei ihrem Ausschlüpfen kleiner als die gewöhnlichen beweglichen Formen, und besitzen keine Zellwand. Der Haematococcus ist also dimorph, d. h. er kommt im beweglichen Zustande in zwei verschiedenen Formen vor: die größere, gewöhnliche Form mit abgehobener Zellwand wird ein Megazoid, die kleinere Form ohne Zellwand ein Mikrozooid genannt.

### Dritte Vorlesung.

## Heteromita.

Wenn man tierische oder pflanzliche Substanzen in Wasser bringt und eine Zeit lang bei gewöhnlicher Temperatur stehen läßt, so beginnt früher oder später der wohlbekannte Zeretzungsprozess, während dessen das Wasser trübe wird und einen üblen Geruch annimmt. Untersucht man einen Tropfen des Wassers unter dem Mikroskope, so zeigt sich, daß derselbe voll ist von mikroskopischen Organismen. Auf einen derselben, die »springende Monade«, oder in der Sprache der Zoologie *Heteromita rostrata* genannt, müssen wir nunmehr unsere Aufmerksamkeit richten; man findet dieselbe in Aufgüssen von Stockfischen, welche man zwei oder drei Monate hat stehen lassen.

*Heteromita* (Fig. 4, A) ist beträchtlich kleiner als die Amöbe oder der *Haematococcus*, sie ist durchschnittlich nur  $\frac{1}{120}$  mm lang. Sie hat in ihrer allgemeinen Form eine gewisse Ähnlichkeit mit *Haematococcus*, insofern sie annähernd eiförmig und an einem Ende zugespitzt ist. Ebenso hat sie gleich dem *Haematococcus* zwei Geißeln, doch nur eine derselben ( $f^1$ ) geht von ihrem schnabelähnlichen Vorderende aus und ist beim Schwimmen des Tieres nach vorn gerichtet; die andere ( $f^2$ ) entspringt in kurzer Entfernung vom Schnabel und wird in der gewöhnlich beim Schwimmen eingenommenen Stellung hinter dem Körper nachgeschleppt, wie in  $A^2$  und  $F^4$ . Wir können also bei *Heteromita* außer dem Vorder- und Hinterende auch eine bei gewöhnlicher Stellung abwärts gerichtete Bauchfläche (Ventralfläche), welche die zweite oder Schleppgeißel trägt, und eine dieser entgegengesetzte, nach oben gewandte Rückenfläche (Dorsalfläche) unterscheiden.

Oft findet man diese *Heteromita* nicht frei im Wasser schwimmend, sondern mit ihrer ventralen Geißel an einem Stück der in Zeretzungs begriffenen Substanz sozusagen verankert, wie in  $A^1$ . In diesem Falle befindet sie sich in beständiger Bewegung, indem sie infolge abwech-

felnder Krümmung und Streckung der ventralen, angehefteten Geißel vorwärts und rückwärts springt. Der allgemeine Charakter der Bewegung kann leicht aus der beigegebenen Figur erkannt werden, welche die Monade bei  $A^1$  mit gekrümmter Geißel und bei  $A^2$  nach einem bis zur vollen Streckung der Geißel führenden Sprunge nach vorn darstellt. Von dieser seltsamen Gewohnheit leitet sich der Name »Springmonade« her.

In der Nähe des hinteren Körperendes liegt ein Kern (*nu*) und am vorderen Ende eine kontraktile Vakuole (*c. vac*). Keine Spur von einer umhüllenden Haut oder Zellwand ist zu bemerken, und das Protoplasma ist farblos. Ebenso fehlt, wie immer bei chlorophyllfreien Organismen, die Stärke.

Bei Betrachtung der Ernährung der Heteromita müssen wir vor allem die besondere Natur ihrer Umgebung in Rechnung ziehen. Sie lebt, wie bereits angegeben, in in Zerfetzung begriffenen Infusionen tierischer Substanzen. Solche Infusionen enthalten Eiweißstoffe in Lösung, welche zum Teil durch den Zerfetzungsprozess in einfachere Verbindungen zerlegt wurden, deren einige diffusionsfähig sind; der Prozess wird, wie wir später (Vorlesung VIII) sehen werden, durch die Thätigkeit kleiner Organismen bedingt, welche als »Bakterien« bekannt und in verwesenden Substanzen allenthalben in großer Zahl vorhanden sind.

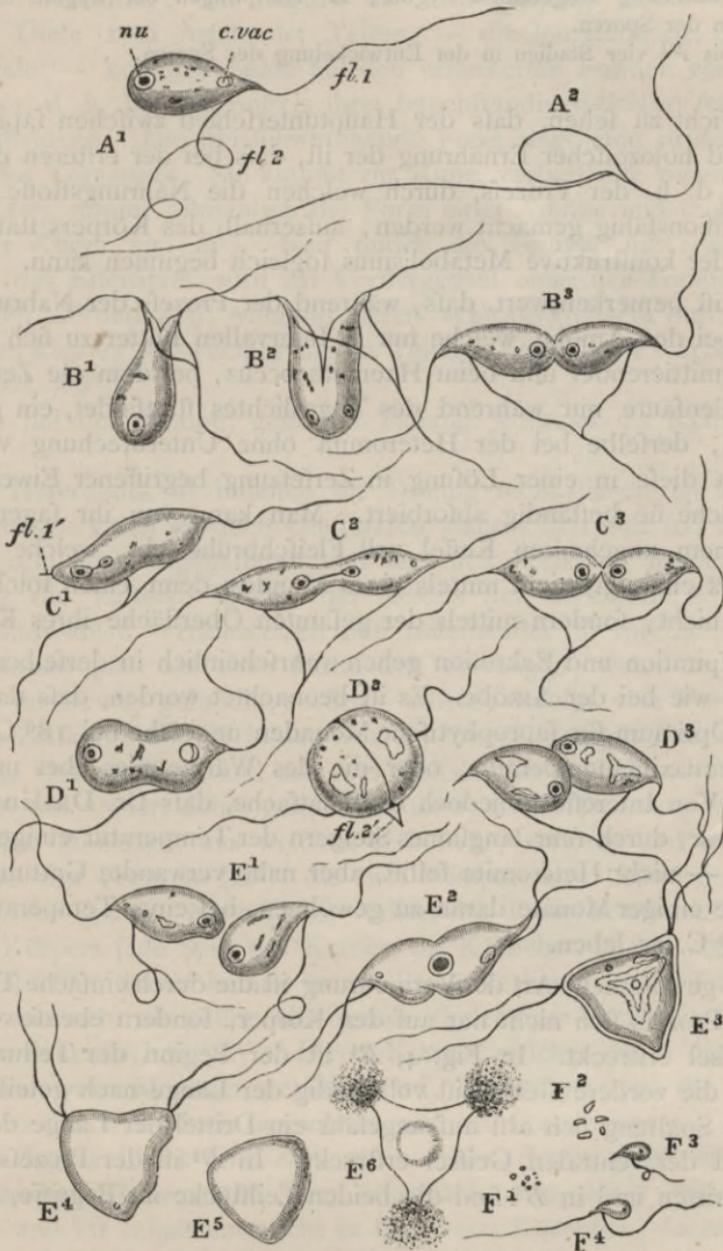
Da Heteromita kein Chlorophyll enthält, so ist ihre Ernährung nicht holophytisch. Die Beobachtung scheint jedoch ziemlich bündig zu zeigen, dass sie auch nicht holozoisch ist; abgesehen davon, dass Heteromita weder einen Mund noch Pseudopodien besitzt, sind einzelne Individuen Stunden lang hintereinander von geübten Mikroskopikern beobachtet worden, ohne dass man jemals die Aufnahme von Bakterien oder andern lebenden oder toten Tierchen, wie sie in der Flüssigkeit sich befanden, wahrgenommen hätte. So bleibt nur ein Weg übrig, auf welchem die Ernährung erfolgen kann, nämlich durch Absorption von Eiweißstoffen oder andern Nahrungsubstanzen in gelöstem Zustande, d. h. so, dass diese Substanzen in das Organisationswasser der Monade hinein diffundieren.

Ob nun die Eiweißstoffe allein durch den Zerfetzungsprozess, d. h. durch die Thätigkeit der Bakterien, diffusionsfähig werden (vgl. S. 68), oder ob eine Art von Oberflächenverdauung stattfindet, indem das Protoplasma der Heteromita die Eiweißstoffe bei unmittelbarer Berührung mit denselben in Pepton oder verwandte Produkte umwandelt, ist noch ungewiss.

Heteromita ernährt sich demnach weder durch Aufnahme fester, eiweißhaltiger Nahrung in ihr Inneres (holozoische Ernährung), noch durch Zerlegung von Kohlensäure und Vereinigung des Kohlenstoffes mit Wasser und Mineralgalzen (holophytische Ernährung), sondern durch

Aborption in Zerfetzung begriffener Eiweißstoffe und anderer Nährsubstanzen in flüssiger Form; es ist dies die saprophytische Ernährungsweise.

Fig. 4.



Heteromita rostrata (nach Dallinger).

$A^1$  lebendes Individuum; zeigt den Kern (*nu*), die kontraktile Vakuole (*c. vac*), die vordere Geißel ( $\beta^1$ ) und die gekrümmte hintere Geißel ( $\beta^2$ ), mittels deren das Tier sich vor Anker legt;  $A^2$  zeigt die Stellung bei der vorderen Grenze der Sprungbewegung, die ventrale Geißel ist völlig gestreckt.

$B^1$  bis  $B^3$  drei Stadien der Längsteilung des verankerten Tieres.

$C^1$  bis  $C^3$  drei Stadien der Querteilung desselben:  $f1'$  Rudiment der neu gebildeten vorderen Geißel.

$E^1$  frei schwimmende und verankerte Form, im Begriffe zu konjugieren;  $E^2$  Beginn der Konjugation;  $E^3, E^4$  zwei Stadien in der Entwicklung der Zygote;  $E^5$  die vollständig ausgebildete Zygote;  $E^6$  Aufspringen der Zygote und Ausschwärmen der Sporen.

$F^1$  bis  $F^4$  vier Stadien in der Entwicklung der Sporen.

Es ist leicht zu sehen, daß der Hauptunterschied zwischen saprophytischer und holozoischer Ernährung der ist, daß bei der ersteren die Verdauung, d. h. der Prozeß, durch welchen die Nahrungsstoffe löslich und diffusionsfähig gemacht werden, außerhalb des Körpers stattfindet, so daß der konstruktive Metabolismus fogleich beginnen kann.

Es ist bemerkenswert, daß, während der Prozeß der Nahrungsaufnahme bei der Amöbe, welche nur in Intervallen Futter zu sich nimmt, ein intermittierender und beim Haematococcus, bei dem die Zerlegung der Kohlenäure nur während des Tageslichtes stattfindet, ein periodischer ist, derselbe bei der Heteromita ohne Unterbrechung vor sich geht, da diese in einer Lösung in Zerfetzung begriffener Eiweißstoffe lebt, welche sie beständig absorbiert. Man kann von ihr sagen, daß sie in einem ungeheuren Kessel voll Fleischbrühe lebt, welche sie unangefastet einfängt, nicht mittels eines Mundes, denn einen solchen besitzt sie nicht, sondern mittels der gesamten Oberfläche ihres Körpers.

Respiration und Exkretion gehen wahrscheinlich in derselben Weise vor sich, wie bei der Amöbe. Es ist beobachtet worden, daß das Temperatur-Optimum für saprophytische Monaden ungefähr bei  $18^{\circ}$  C. liegt, die Ultramaximaltemperatur, oder die des Wärmetodes, bei ungefähr  $60^{\circ}$  C. Von Interesse ist jedoch die Thatfache, daß Dr. Dallinger im Stande war, durch sehr langsames Steigern der Temperatur einige dieser Formen — nicht Heteromita selbst, aber nahe verwandte Gattungen — im Laufe einiger Monate daran zu gewöhnen, bei einer Temperatur von über  $68^{\circ}$  C. zu leben.

Die gewöhnliche Art der Vermehrung ist die durch einfache Teilung, welcher Prozeß sich nicht nur auf den Körper, sondern ebensowohl auf die Geißel erstreckt. In Fig. 4,  $B^1$  ist der Beginn der Teilung dargestellt; die vordere Geißel ist vollständig der Länge nach geteilt, während die Spaltung sich erst auf ungefähr ein Drittel der Länge des Körpers und der ventralen Geißel erstreckt. In  $B^2$  ist der Prozeß weiter vorgeschritten und in  $B^3$  sind die beiden Teilstücke im Begriffe, sich zu trennen.

Häufiger jedoch verläuft die Teilung nicht longitudinal, d. h. in der Richtung der Längsachse der Monade, sondern transversal, d. h. rechtwinkelig zur Längsachse. Dieser Vorgang ist in den Figuren  $C^1$  bis  $C^3$  dargestellt und unterscheidet sich, wie man sieht, von dem im vorhergehenden beschriebenen durch den Umstand, daß die vordere Geißel

des elterlichen Organismus unbeteiligt bleibt, und ohne Veränderung zur vorderen Geißel des einen Tochterindividuums — des rechten in der Figur — wird. Die Vordergeißel des andern Teilungsproduktes — des linken — ist eine durch Sproffung aus dem Körper hervorgehende Neubildung; den Beginn der Entwicklung derselben zeigt  $C^1 \beta 1'$ . Diese zwei Arten der Teilung — die longitudinale und die transversale — kommen beide bei den verankerten Formen von Heteromita vor, d. h. bei den mittels ihrer bauchfländigen Geißel festgehefteten Individuen. Die frei schwimmende Form zeigt eine dritte Abänderung des Vorganges. Sie kommt zur Ruhe, verliert ihre regelmäßige Gestalt ( $D^1$ ), nimmt allmählich die Form einer Amöbe und schließlich die einer Kugel an ( $D^2$ ). Nun findet die Teilung statt; jede der Geißeln des Elterntieres wird zur Vordergeißel einer der Tochterzellen (vergl.  $D^1$ ,  $D^2$  und  $D^3$ ), während deren ventrale Geißeln durch Spaltung eines kleinen Auswuchses des in Teilung begriffenen Körpers entstehen ( $D^2$ ,  $\beta 2^1$ ).

Wie bei der Amöbe, geht der Teilung jedesmal die Kernteilung voran.

Bei Heteromita ist indessen die Teilung nicht die einzige Art der Vermehrung. Unter gewissen Umständen nähert sich eine frei schwimmende Form einer angehefteten und legt sich derselben in der Weise an, daß die hinteren Enden der beiden sich berühren ( $E^1$ ). Die beiden Individuen verschmelzen nun miteinander so vollständig, wie zwei Gummitropfen auf einer Platte sich vereinigen, wenn sie miteinander in Berührung gebracht werden. Ebenso erfolgt eine Verschmelzung der Zellkerne und so bildet sich ein unregelmäßiger Körper ( $E^2$ ) mit einem einzigen Kern und mit zwei Geißeln an jedem Ende. Dieser schwimmt frei umher, dabei geht die letzte Spur der Trennung zwischen den beiden Monaden, aus welchen er besteht, verloren und er nimmt eine dreieckige Form an ( $E^3$ ), die zwei Wimperpaare befinden sich an zweien seiner Ecken. Noch später verliert das Protoplasma dieses dreieckigen Körpers jede Spur des Kernes, die Körnchen u. f. w. und wird völlig hell ( $E^4$ ); darauf kommt es zur Ruhe, verliert seine Geißeln und erscheint nunmehr als heller, homogener, dreieckiger Sack mit schwach konvexen Seitenflächen ( $E^5$ ). Dieser Körper, welcher durch die Konjugation zweier Monaden gebildet wird, heißt Zygote, die beiden konjugierenden Individuen bezeichnet man als Gameten.

Die Zygote bleibt eine Zeitlang in Ruhe, darauf platzt sie, unter wellenförmigen Bewegungen ihrer Oberfläche, an ihren drei Ecken auf ( $E^6$ ) und ihr Inhalt entweicht in Form von Körnchen, sogenannten Sporen, so klein, daß sie unter den stärksten Systemen der besten neueren Mikroskope eben sichtbar sind. Sie entstehen aus dem Protoplasma der Zygote, welches sich in eine ungeheure Zahl einzelner Körnchen teilt, ein Vorgang, welcher als vielfache Teilung bezeichnet wird.

Bei sorgfältiger Beobachtung sieht man diese fast ultramikroskopischen Teilchen ( $F^1$ ) zu deutlicher Sichtbarkeit heranwachsen und eine ausgesprochen eiförmige Gestalt annehmen ( $F^2$ ). Indem sie noch gröfser werden, entwickeln sie eine ventrale Geifsel ( $F^3$ ), welche zuerst in völliger Ruhe bleibt; zuletzt streckt das spitze Ende einen Fortsatz aus, welcher zur Vordergeifsel wird ( $F^4$ ). Aus der Spore ist nun eine Heteromita geworden, welche ihrem Elterorganismus in allem ähnlich ist, bis auf die Gröfse.

Es leuchtet ein, dafs diese bemerkenswerte Art der Vermehrung durch Konjugation von der Vermehrung durch Teilung dadurch abweicht, dafs sie das Zusammenwirken zweier Individuen erfordert, welche vollständig mit einander verschmelzen. Wie wir später (Vorlesung XV und XVI) noch deutlicher sehen werden, ist die Konjugation der einfachste Fall geschlechtlicher Fortpflanzung, welcher von der geschlechtlichen Fortpflanzung der höheren Organismen dadurch abweicht, dafs jeder der zwei konjugierenden Körper oder Gameten ein ganzes Individuum ist, und ferner dadurch, dafs die Gameten einander in Gestalt und Gröfse gleichen, so dafs kein Geschlechtsunterschied besteht <sup>1)</sup>, sondern jeder völlig gleichen Anteil an der Bildung der Zygote nimmt. Die Zweiteilung hingegen ist ein Beispiel ungeschlechtlicher Fortpflanzung.

Man beachte auch noch eine andere wichtige Thatsache. Die Sporen sind, wenn sie aus der zerplatzten Zygote herausgeschleudert werden, einfach Protoplasmakörnchen, welche der mathematischen Definition eines Punktes »ohne Teile und ohne Ausdehnung« so nahe kommen, wie nur irgend ein Gegenstand in der Natur. Und während ihres Wachstums nimmt die Spore nicht nur an Gröfse zu, sondern auch an Kompliziertheit, mit andern Worten, sie macht eine fortschreitende (progressive) Differenzierung oder eine Entwicklung durch. Es ist dies ein Beispiel für den Satz, welcher als Baer'sches Gesetz bekannt ist, demzufolge »Entwicklung ein Fortschritt vom Einfachen zum Zusammengesetzten, vom Allgemeinen zum Besonderen, vom Homogenen zum Heterogenen« ist. In der Heteromita sehen wir also unser erstes Beispiel einer Entwicklung, während bei der einfachen Teilung keine Entwicklung vorkommt, da jedes Teilungsprodukt von Anfang an dem elterlichen Organismus in Allem gleicht, aufser in der Gröfse.

Endlich ist Heteromita für uns das erste Beispiel eines Organismus mit einer bestimmten Lebensgeschichte. Sie vermehrt sich ungeschlechtlich durch einfache Teilung und bringt frei schwimmende

<sup>1)</sup> Es dürfte vielleicht zulässig sein, die aktive frei schwimmende Monade, welche die verankerte auffucht und sich ihr anheftet, als einen männlichen, und die passive, sessitzende Form als einen weiblichen Gameten zu betrachten (vergl. Vorlesung XII).

und feststehende Formen hervor; diese konjugieren paarweise und bilden eine Zygote, in welcher durch vielfache Teilung zahlreiche Sporen gebildet werden; die Sporen entwickeln sich zu reifen Formen, von Neuem erfolgt ungeschlechtliche Vermehrung und so vollendet sich der Kreislauf des Daseins.

Wir müssen uns dabei gegenwärtig halten, das weitere Forschungen das Vorkommen echter Sexualvorgänge bei der Amöbe und bei Haematococcus aufdecken können.

Victré Volezung  
Englens.

Man findet oft, das das in Chlamydomonas in Bacillarien sind an  
andern Orten sich sammelnde Beckenwässer eine lebende grüne Farbe  
hat; welche zum Teil von der Vegetation rührt, aus bloßen  
Abgelebter Wässerungen Volezung XVII; häufig erscheint jedoch  
das Wasser, wenn man es in einem Glasglas gegen das Licht hält,  
gleichmäßig grün, ohne das irgend welche in lebenden (lebende  
Substanzen mit abgewässerten Wasser zu erkennen sind, in solchen  
Fälle verdankt dasselbe keine grüne Farbe hängt der Gegenwart großer  
Mengen eines Organismus, welcher unter dem Namen *Chlamydomonas*  
bekannt ist.

Wenigstens mikroskopisch, so ist Englens doch beträchtlich größer  
als Haematococcus und Heteromita, eine Länge schwankt von  $\frac{1}{2}$  bis  
zu  $\frac{3}{4}$  Linie. Der Körper ist kugelförmig, wie in der Mitte und demnach  
an beiden Enden (Fig. 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100).  
und von diesem geht eine einzelne lange Geißel aus, die durch  
ihren Trichter der Organismus mit großer Geschwindigkeit lebendig,  
wobei die Geißel, wie bei Haematococcus, vorwärts gerichtet ist. Während  
den lebendigen Schwimmbewegungen hebt Englens auch langsame Be-  
wegungen der Kontraktion und Expansion aus, ähnlich denen eines  
Pflanzens, bei welchem der Körper zuerst an Vorderende flacher  
wird, dann in der Mitte und selbst am Hinterende, bis nach rechts  
und links hinunter u. s. w. Diese Bewegungen sind so charakteristisch  
in diese Gattung; das man sie als *Chlamydomonas* bezeichnet.

Der Körper besteht aus Protoplasma und ist bedeckt mit einer sehr  
zarten Haut oder Cuticula, welche oft sehr reichlich und als eine über-  
flüssige Bekleidung des Protoplasmas zu betrachten ist. Die grüne  
Farbe verdankt er der Gegenwart von Chlorophyll, welches den ganzen  
mittleren Teil des Körpers füllt, während die Enden farblos sind. Es  
ist schwer festzustellen, ob das Chlorophyll an einem oder an mehrere  
Chloroplasten gebunden ist.

## Vierte Vorlesung.

### Euglena.

---

Man findet oft, das das in Chauffeegräben, in Dachrinnen und an andern Orten sich sammelnde Regenwasser eine lebhaft grüne Farbe hat; dieselbe rührt zum Teil her von der Gegenwart zarter, mit bloßem Auge sichtbarer Wasserpflanzen (Vorlesung XVI), häufig erscheint jedoch das Wasser, wenn man es in einem Glasgefäß gegen das Licht hält, gleichmäßig grün, ohne das irgend welche in demselben schwebende Substanz mit unbewaffnetem Auge zu erkennen wäre. In solchem Falle verdankt daselbe feine grüne Farbe häufig der Gegenwart großer Mengen eines Organismus, welcher unter dem Namen *Euglena viridis* bekannt ist.

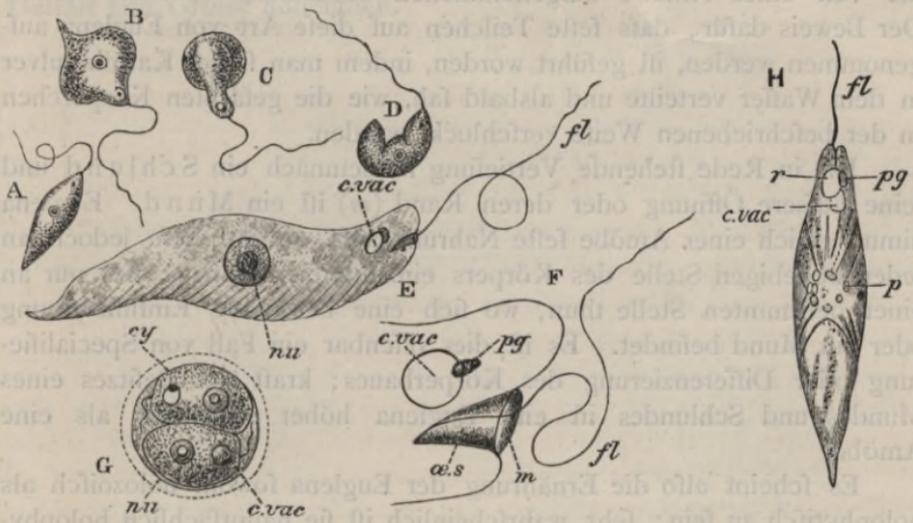
Wenngleich mikroskopisch, so ist *Euglena* doch beträchtlich größer als *Haematococcus* und *Heteromita*, ihre Länge schwankt von  $\frac{1}{24}$  bis zu  $\frac{1}{6}$  mm. Der Körper ist spindelförmig, weit in der Mitte und schmal an beiden Enden (Fig. 5, *A* bis *E*); ein Ende ist stumpfer als das andere und von diesem geht eine einzelne, lange Geißel aus (*f*), durch deren Thätigkeit der Organismus mit großer Geschwindigkeit schwimmt, wobei die Geißel, wie bei *Haematococcus*, vorwärts gerichtet ist. Außer den schnellen Schwimmbewegungen führt *Euglena* auch langsame Bewegungen der Kontraktion und Expansion aus, ähnlich denen eines Plattwurmes, bei welchem der Körper zuerst am Vorderende breiter wird, dann in der Mitte und zuletzt am Hinterende, sich nach rechts und links krümmt u. s. w. Diese Bewegungen sind so charakteristisch für diese Gattung, das man sie als *euglenoide* bezeichnet.

Der Körper besteht aus Protoplasma und ist bedeckt mit einer fehr zarten Haut oder Cuticula, welche oft fehn gestreift und als eine oberflächliche Erhärtung des Protoplasmas zu betrachten ist. Die grüne Farbe verdankt er der Gegenwart von Chlorophyll, welches den ganzen mittleren Teil des Körpers färbt, während die Enden farblos sind. Es ist schwer festzustellen, ob das Chlorophyll an einen oder an mehrere Chromatophoren gebunden ist.

Bei Haematococcus fahen wir, dafs das Chlorophyll mit Stärke vergesellschaftet war (S. 20). Bei Euglena befindet sich nahe der Mitte des Körpers eine Anzahl von Paramylumkörnern (*H, p*). Es ist dies ein Kohlehydrat von derselben Zusammensetzung wie die Stärke ( $C_6H_{10}O_5$ ), aber doch von dieser verschieden, da es durch Jod nicht gefärbt wird.

Wasser, welches Euglenen enthält, giebt im Sonnenlichte Sauerstoffblasen ab; wie bei Haematococcus wird die in Wasser gelöste Kohlensäure bei Gegenwart des Chlorophylls zerlegt und der Kohlenstoff der-

Fig. 5.



## Euglena viridis.

*A bis D* vier Ansichten des lebenden Organismus, welche die durch die charakteristischen euglenoiden Bewegungen hervorgerufenen Formveränderungen zeigen.

*E* stärker vergrößerte Ansicht, zeigt den Kern (*nu*), das Reservoir der kontraktiven Vakuole (*c. vac*) mit anliegendem Pigmentfleck, und den Schlund mit der von demselben entspringenden Geißel.

*F* noch stärker vergrößerte Ansicht des Vorderendes von *E*, zeigt Pigmentfleck (*pg*), Reservoir (*c. vac*), Mund (*m*), Schlund (*ae. s.*) und den Ursprung der Geißel (*fl*).

*G* Ruhezustand nach der Zweiteilung, zeigt die Cyste oder Zellwand (*cy*) und den Kern (*nu*) und das Reservoir (*c. vac*) der Tochterzellen.

*H* aktive Form, zeigt kontraktive Vakuole (*c. vac*), Reservoir (*r*) und Paramylumkörperchen (*p*).

(*A bis G* nach Saville Kent, *H* aus Bütfchli nach Klebs.)

selben verbindet sich mit den Elementen des Wassers und dient als Nährstoff. Lange Zeit glaubte man, dafs Euglena sich nur auf diesem Wege ernähre, aber es bestehen gewichtige Gründe für die Annahme, dafs dies nicht der Fall sei.

Wenn man das vordere Ende einer Euglena sehr stark vergrößert, so sieht man, dafs es eine Form besitzt, wie Fig. 5, *F* sie darstellt. Es

ist in einen stumpfen rüffelähnlichen Vorsprung verlängert, an dessen Grunde eine kegelförmige Vertiefung (*oe. s*) in das weiche Innenprotoplasma führt — gerade solche Vertiefung, wie man sie in einem Thonmodell einer Euglena hervorbringen kann, wenn man einen Finger oder die Spitze eines Bleistiftes in den Thon hineindrückt. Vom Boden dieses Trichters entspringt die Geißel und erregt durch ihre beständigen Bewegungen eine Art von Strudel in der Nachbarschaft. Durch die auf diese Weise hervorgerufene Strömung werden kleine Nahrungsteilchen in den Trichter hineingeschleudert und in das weiche Innenprotoplasma eingeprefst, wo sie ohne Zweifel in derselben Weise, wie die von einer Amöbe aufgenommenen Substanzen verdaut werden. Der Beweis dafür, daß feste Teilchen auf diese Art von Euglena aufgenommen werden, ist geführt worden, indem man feines Karminpulver in dem Wasser verteilte und alsbald sah, wie die gefärbten Körperchen in der beschriebenen Weise verschluckt wurden.

Die in Rede stehende Vertiefung ist demnach ein Schlund und seine äußere Öffnung oder deren Rand (*m*) ist ein Mund. Euglena nimmt gleich einer Amöbe feste Nahrung auf; anstatt diese jedoch an jeder beliebigen Stelle des Körpers einzuführen, kann sie dies nur an einer bestimmten Stelle thun, wo sich eine besondere Einfuhröffnung oder ein Mund befindet. Es ist dies offenbar ein Fall von Spezialisierung oder Differenzierung des Körperbaues; kraft des Besitzes eines Mundes und Schlundes ist eine Euglena höher organisiert als eine Amöbe.

Es scheint also die Ernährung der Euglena sowohl holozoisch als holophytisch zu sein; sehr wahrscheinlich ist sie hauptsächlich holophytisch bei Tageslicht und holozoisch während der Dunkelheit.

Nahe der Mitte des Körpers oder etwas näher dem hinteren Ende desselben befindet sich ein Kern (*E, nu*) mit einem gut kenntlichen Kernkörperchen, und am vorderen Ende liegt ein heller Fleck, welcher einer kontraktile Vakuole sehr gleicht. Es ist jedoch festgestellt, daß dieser Raum in Wahrheit eine nicht kontraktile Höhlung oder ein Reservoir (*H, r*) ist, in welches sich die wirkliche kontraktile Vakuole (*c. vac*) öffnet und welches selbst seinen Inhalt in den Schlund entleert.

In naher Verbindung mit dem Reservoir findet man einen kleinen lebhaft roten Fleck (*ps*), welcher Pigmentfleck oder Stigma genannt wird. Er besteht aus Hämatochrom (vergl. S. 19) und sieht äußerlich einem Auge merkwürdig ähnlich, so sehr, daß man ihn früher als Augenfleck bezeichnet hat. Es scheint indessen kein hinreichender Grund vorzuliegen, demselben eine Gesichtsfunktion beizulegen; vielmehr hat sich herausgestellt, daß die größte Empfindlichkeit für Licht dem ungefärbten Vorderende des Körpers zukommt.

Wie beim Haematococcus wechselt ein Ruhezustand mit einer Zeit des beweglichen Lebens, der Organismus verliert seine Geißel und um-

giebt sich mit einer Cyste aus Cellulose (Fig. 5, G, cy), aus welcher er nach einer Ruheperiode auschlüpft, um sein altes Leben wieder aufzunehmen.

Vermehrung findet statt durch einfache Teilung im Ruhezustande, wobei die Teilungsebene jedesmal longitudinal liegt (G). Zuweilen teilt sich jedes Teilungsprodukt oder jede Tochterzelle von Neuem; schließlich schlüpfen die zwei oder vier oder bisweilen sogar acht Tochterzellen als bewegliche Euglenen aus der Cyste aus. Auch ein vielfacher Teilungsprocess (S. 31) ist beschrieben worden, wobei zahlreiche kleine Sporen hervorgebracht werden, welche dann allmählich die gewöhnliche Gestalt und Gröfse annehmen.

Als Proteus hat sich vor uns als zweifelhafte Erscheinung in der Zoologie der Kanarischen Inseln entwickelt, welche er durch seine merkwürdigen Organismus, den er Proteus zu seiner Gattung nannte, darstellte. Er schlüpfte sich im Seewasser, einem Schalen, aus einem Spinnweb, aus dem er hervorkam, und war nur durch seine lebendige Gestalt, welche es ihm ermöglichte, nach dem Verstande, zu wandern. Auf dem Lande ist er bisher das Glück geblieben, das Tier zu finden.

Im fötalen Entwicklungsstadium ist Proteus nur wenige Millimeter lang, von dem vollkommenen Organismus, indem er ein volles Millimeter im Durchmesser erreicht und infolgedessen nur kleinen Tiere als kleiner orangefarbener Fleck zu sehen ist. Im allgemeinen besteht er (Fig. 6, P) in einer sehr großen Anzahl nicht unähnlich; der Hauptbestandteil liegt darin, dass die Pleuropodien (P) nicht klein, sondern in geringer Zahl (zwei bis drei), sondern sehr zahlreich, zum Teil in einem sehr dichten, welche sich oft miteinander verbinden, so dass sie keine bilden. Weder kann noch kontraktile Vakuolen werden beobachtet, doch ist es sehr wohl möglich, dass eine gewisse Umhüllung die Gegenwart eines dieser Organe, oder auch beider, nachweist.

Die Fig. 6 (V) zeigt hinlänglich, dass die Ernährung holozoisch ist. Das Tier hat mehrere kleine Organismen aufgenommen und ist damit befähigt, noch einen anderen zu ergreifen.

Das Interstadium im der Proteus ist jedoch eine sehr dankwürdige und wertvolle Lebensgeschichte. Nachdem die Larve oder kleine Form auf der Schale der Spinne herumkriechen ist, zieht sie ihre Pleuropodien ein, kommt zugleich und wagt sich auf einer Cyste (A, G). Die Kapselbildung der Cyste ist nicht bekannt, doch besteht sie offenbar aus Cellulose, da sie durch Jod und Schwefel keine nicht gelöst wird (S. 20).

Zunächst verhält man das Protozoon durch mechanische Faltung in eine Anzahl von Sporen (S. 21), als ob diese die Cyste und im Falle

## Fünfte Vorlesung.

### Protomyxa und die Mycetozoen.

Als Professor Haeckel vor mehr als zwanzig Jahren die Zoologie der Kanarischen Inseln erforschte, entdeckte er einen sehr merkwürdigen Organismus, den er *Protomyxa aurantiaca* nannte. Derselbe fand sich im Seewasser, einem Schaltier, mit Namen *Spirula*, angeheftet, und war nur durch seine lebhaft orangefarbene, welcher es seinen Speciesnamen verdankt, kenntlich. Anscheinend hat niemand feither das Glück gehabt, das Tier zu finden.

Im völlig entwickelten Zustande ist *Protomyxa* der größte aller bisher von uns besprochenen Organismen, indem er ein volles Millimeter im Durchmesser erreicht und infolgedessen mit bloßem Auge als kleiner, orangefarbener Fleck sichtbar ist. Im allgemeinen Aussehen (Fig. 6, *A*) ist er einer sehr großen Amöbe nicht unähnlich; der Hauptunterschied liegt darin, daß die Pseudopodien (*psd*) nicht kurze, stumpfe Fortsätze in geringer Zahl (vergl. Fig. 1, S. 2), sondern sehr zahlreiche, zarte, verästelte Fäden darstellen, welche sich oft miteinander vereinigen, so daß sie Netze bilden. Weder Kern noch kontraktile Vakuole wurden beobachtet<sup>1)</sup>, doch ist es sehr wohl möglich, daß eine erneute Untersuchung die Gegenwart eines dieser Organe, oder auch beider, nachweist.

Die Fig. 6 (*A*) zeigt hinlänglich, daß die Ernährung holozoisch ist. Das Tier hat mehrere kleine Organismen aufgenommen und ist damit beschäftigt, noch einen andern zu ergreifen.

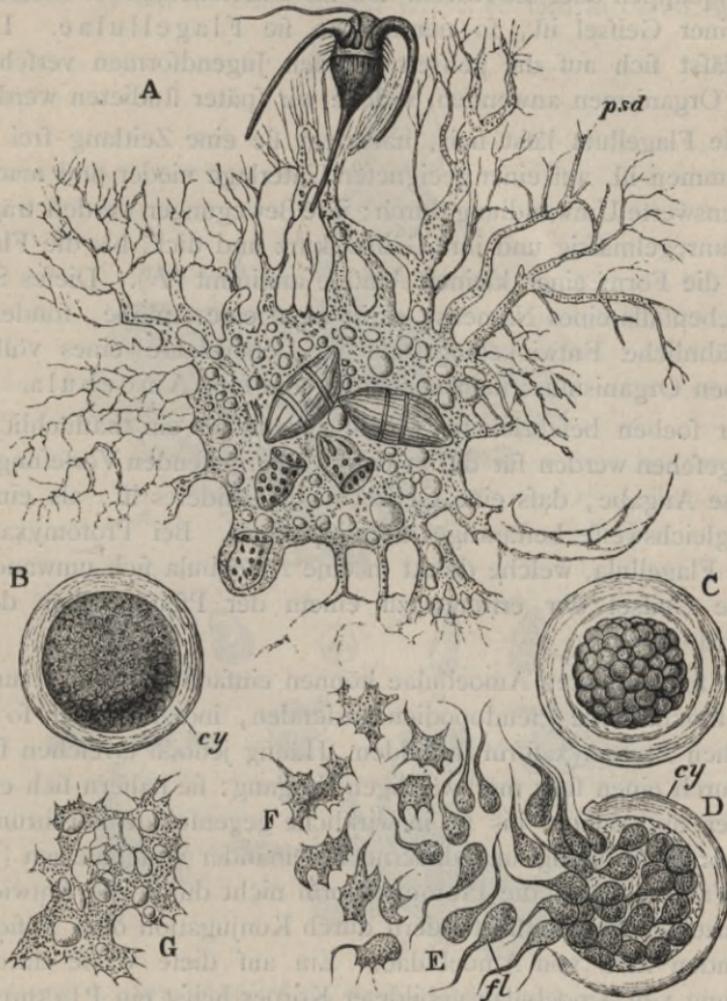
Das Interessanteste an der *Protomyxa* ist jedoch ihre sehr merkwürdige und verwickelte Lebensgeschichte. Nachdem sie längere oder kürzere Zeit auf der Schale der *Spirula* herumgekrochen ist, zieht sie ihre Pseudopodien ein, kommt zur Ruhe und umgibt sich mit einer Cyste (*B, cy*). Die Zusammensetzung der Cyste ist nicht bekannt, doch besteht sie offenbar nicht aus Cellulose, da sie durch Jod und Schwefelsäure nicht gefärbt wird (S. 20).

Zunächst zerfällt nun das Protoplasma durch mehrfache Teilung in eine Anzahl von Sporen (*C*); alsbald platzt die Cyste und ihr Inhalt

<sup>1)</sup> S. Anm. S. 7.

schwärmt aus in Form von Körpern (*D*), welche sich von der amöbenartigen Form, von der wir ausgingen, in ihrem äußeren Ansehen durch-

Fig. 6.



*Protomyxa aurantiaca* (nach Haeckel).

*A* lebendes Tier (Plasmodium), zeigt seine verästelte Pseudopodien (*psd*) und verschiedene aufgenommene Organismen.

*B* dasselbe encystiert, *cy* die Zellwand.

*C* das Protoplasma der encystierten Form in Sporen zerfallend.

*D* Aufspringen der Cyste und Auschwärmen der

*E* Flagellulae, welche sich später in

*F* Amoebulae umwandeln.

*G* Amoebulae, welche sich zur Bildung eines Plasmodiums vereinigen.

aus unterscheiden. Jede Spore ist zu einem kleinen eiförmigen Körper von orangegelber Farbe geworden, und mit einer kleinen Geißel (*E*, *fl*) versehen, durch deren Schwingungen sie im Wasser nach Art einer Monade umher schwimmt.

Es ist zweckmässig, einen Namen einzuführen, mit welchem man diese geißeltragenden Körperchen bezeichnen kann, gerade wie wir besondere Namen für die Jugendformen höherer Tiere besitzen, wie z. B. die Kaulquappen oder die Kitzen. Da ihr unterscheidendes Merkmal der Besitz einer Geißel ist, so nennt man sie Flagellulae. Derselbe Name läßt sich auf die geißeltragenden Jugendformen verschiedener anderer Organismen anwenden, welche wir später studieren werden.

Jede Flagellula läßt sich, nachdem sie eine Zeitlang frei umhergeschwommen ist, auf einer geeigneten Unterlage nieder und macht eine bemerkenswerte Umwandlung durch; ihre Bewegungen werden träge, ihre Gestalt unregelmässig und ihre Geißel kurz und dick, bis die Flagellula endlich die Form einer kleinen Amöbe annimmt (*F*). Dieses Stadium bedarf ebenfalls eines Namens; es ist nicht eine Amöbe, sondern eine amöbenähnliche Entwicklungsstufe im Lebenslaufe eines völlig verschiedenen Organismus; man nennt dieselbe eine Amoebula.

Der soeben beschriebene Vorgang kann als ein thatfächlicher Beweis angesehen werden für die in einer vorhergehenden Vorlesung (S. 25) gemachte Angabe, daß eine Geißel nichts Anderes ist, als ein zartes und vergleichsweise beständiges Pseudopodium. Bei Protomyxa haben wir eine Flagellula, welche direkt in eine Amoebula sich umwandelt, indem die Geißel der ersteren zu einem der Pseudopodien der letzteren wird.

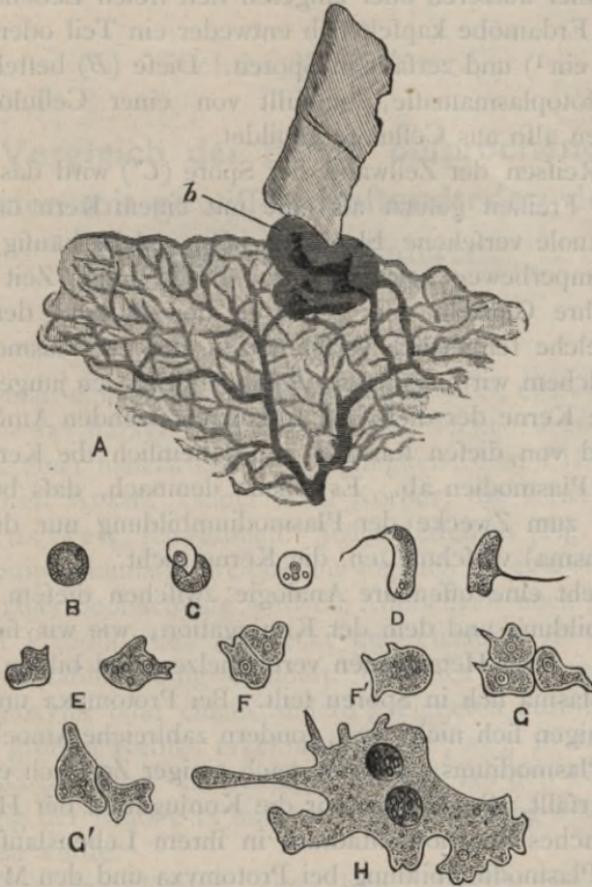
Die so gebildeten Amoebulae können einfach an GröÙe zunehmen und zahlreiche feine Pseudopodien ausenden, indem sie sich so zur gewöhnlichen Protomyxaform umbilden. Häufig jedoch erreichen sie diese Form durch einen sehr merkwürdigen Vorgang: sie nähern sich einander zu zweien und dreien, bis sie in wirkliche gegenseitige Berührung kommen, worauf sie völlig und dauernd miteinander verschmelzen (*G*). In diesem Falle entsteht die Protomyxaform nicht durch die Entwicklung einer einzelnen Amoebula, sondern durch Konjugation oder Fusion einer wechselnden Zahl von Amoebulae. Ein auf diese Weise durch Verschmelzung von Amoebulae gebildeter Körper heißt ein Plasmodium, so daß wir in der Lebensgeschichte einer Protomyxa ein eingekapseltes, ein wimper- oder geißeltragendes, ein amöboides und ein plasmodiales Stadium unterscheiden können.

Die Natur eines Plasmodiums wird klarer werden durch eine kurze Betrachtung der merkwürdigen Organismengruppe, welche unter dem Namen der Mycetozoen oder »Schleimpilze« bekannt ist. Dieselben kommen als gallertartige Massen auf der Rinde der Bäume, auf der Oberfläche der Lohe und zuweilen im Wasser vor. Es ist noch zu bemerken, daß der Name Mycetozoen nicht die Bezeichnung einer Gattung, sondern einer Klasse ist, zu welcher verschiedene Gattungen gehören, wie z. B. Badhamia, Chondrioderma u. s. w. (vergl.

Fig. 7); eine allgemeine Darstellung der Klasse ist alles, was wir für unsern gegenwärtigen Zweck brauchen.

Die Mycetozoen bestehen aus Platten oder Netzen von Protoplasma, welche bis zu 30 cm im Durchmesser erreichen und in deren Substanz

Fig. 7.



(A nach Lister, B bis H aus Sachs nach Cienkowski.)

A Teil eines Plasmodiums von *Badhamia* (Vergr.  $3\frac{1}{2}$ ); b ein kurzes Pseudopodium, ein Stück eines Pilzstengels ergreifend.

B Spore von *Chondrioderma*.

C Diefelbe, auffpringend.

D aus Sporen derselben hervorgegangene freie Flagellulae.

E Amoebulae, durch Umwandlung aus Flagellulen hervorgegangen.

F zwei Amoebulae im Begriff zu verschmelzen, F' dieselben nach vollständiger Vereinigung.

G G' zwei Stadien in der Bildung eines dreizelligen Plasmodiums.

H kleines Plasmodium.

zerstreut man zahlreiche Kerne findet. In diesem Zustande kriechen sie auf der Rinde oder irgend einer andern Substanz umher, und indem sie dies thun, nehmen sie feste Nahrung auf (Fig. 7, A). Es ist nachgewiesen, daß sie Protoplasma verdauen, und bei einer Gattung hat man

Pepsin — den Bestandteil unseres eigenen Magenfaftes, durch deffen Einfluss die Verdauung von Eiweißkörpern bewirkt wird (vergl. S. 9) — aufgefunden. Sie können auch Stärke verdauen, wenn sie durch mäfsige Hitze gequollen ist — wie in unferm Brot oder Reispudding —, sind jedoch nicht im Stande, rohe Stärke zu verarbeiten.

Nach einer kürzeren oder längeren Zeit freien Lebens gleich einer gigantischen Erdamöbe kaspelt sich entweder ein Teil oder das gefamte Protoplasma ein<sup>1)</sup> und zerfällt in Sporen. Diefel (*B*) bestehen aus einer kugeligen Protoplasmanaffe, umhüllt von einer Cellulosewand, die Cysten werden also aus Cellulose gebildet.

Durch Reifsen der Zellwand der Spore (*C'*) wird das Protoplasma derfelben in Freiheit gefetzt als eine mit einem Kern und einer kontraktilen Vakuole verfehene Flagellula (*D*), welche häufig fowohl amöboide als Wimperbewegungen ausführt. Nach einiger Zeit verlieren die Flagellulae ihre Geifseln und gehen in den Zustand der Amoebulae über (*E*), welche fchließlich verfchmelzen, um ein Plasmodium zu bilden, von welchem wir ausgingen (*F* bis *H*). In den jungen Plasmodien (*G'*) find die Kerne der diefelben zufammenfetzenden Amöben deutlich fichtbar, und von diefen flammen wahrfehentlich die Kerne der völlig entwickelten Plasmodien ab. Es fcheint demnach, dafs bei der Fufion der Amöben zum Zwecke der Plasmodiumbildung nur die Zellkörper (das Protoplasma) verfchmelzen, die Kerne nicht.

Es besteht eine offenbare Analogie zwifchen diefem Vorgang der Plasmodiumbildung und dem der Konjugation, wie wir fie bei Heteromita fanden. Zwei Heteromiten verfchmelzen und bilden eine Zygote, deren Protoplasma sich in Sporen teilt. Bei Protomyxa und den Mycetozoen vereinigen sich nicht zwei, fondern zahlreiche Amoebulae zur Bildung eines Plasmodiums, welches nach einiger Zeit sich encyftiert und in Sporen zerfällt. So können wir die Konjugation der Heteromita als ein fehr einfaches Plasmodialftadium in ihrem Lebenslaufe, oder umgekehrt die Plasmodiumbildung bei Protomyxa und den Mycetozoen als einen mehrfachen Konjugationsprozefs betrachten.

Es besteht jedoch ein wichtiger Unterfchied zwifchen den beiden Fällen, in Anbetracht deffen die Analogie eine fehr unvollkommene ift: Bei Heteromita find die Kerne der beiden Gameten nicht mehr fichtbar; fie verfchmelzen während der Konjugation und das Produkt ihrer Vereinigung teilt sich aller Wahrfcheinlichkeit nach fpäter, um die Kerne der Sporen zu bilden. Bei den Mycetozoen ift weder ein Verfchmelzen, noch ein anfcheinendes Verfchwinden der Kerne der Amoebulae beobachtet worden.

<sup>1)</sup> Der Prozefs der Cysten- oder Sporangienbildung ift ein komplizierter, und foll hier nicht befchrieben werden. Vergl. De Bary, Vergleichende Morphologie und Biologie der Pilze, Mycetozoen und Bakterien. Leipzig 1884.

## Sechste Vorlesung.

### Vergleich der bisher besprochenen Organismen mit gewissen Bestandteilen der höheren Tiere und Pflanzen.

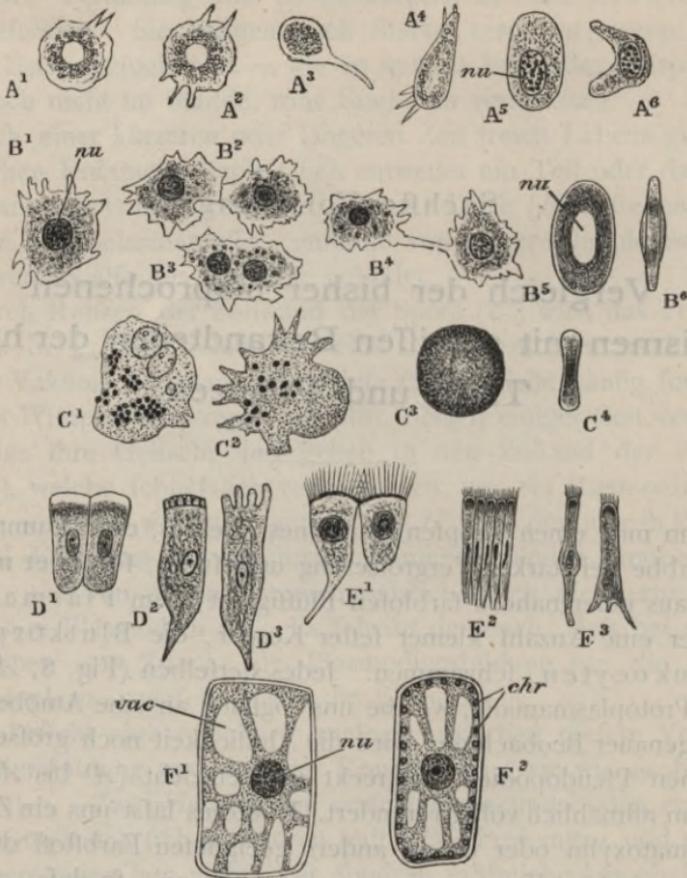
---

Wenn man einen Tropfen Blut eines Krebses, eines Hummers oder einer Krabbe bei starker Vergrößerung untersucht, so findet man, daß derselbe aus einer nahezu farblosen Flüssigkeit, dem Plasma, besteht, in welcher eine Anzahl kleiner fester Körper, die Blutkörperchen oder Leukocyten, schwimmen. Jedes derselben (Fig. 8, *A*) ist eine farblose Protoplasmamasse, welche uns sogleich an eine Amöbe erinnert, und bei genauer Beobachtung wird die Ähnlichkeit noch größer, da das Körperchen Pseudopodien ausstreckt und einzieht (*A<sup>1</sup>* bis *A<sup>4</sup>*) und so seine Form allmählich völlig verändert. Überdies läßt uns ein Zusatz von Jod, Hämatoxylin oder einem andern geeigneten Farbstoff die Gegenwart eines großen Kernes erkennen (*A<sup>5</sup>*, *A<sup>6</sup>*, *nu*), so daß, abgesehen von dem Mangel einer kontraktilen Vakuole bei den Leukocyten, die Beschreibung der Amöbe in unserer ersten Vorlesung fast ebenförmig auf diesen passen würde.

Das Blut eines Fisches, eines Frosches (*B<sup>1</sup>*), eines Reptils oder eines Vogels enthält ganz ähnliche Leukocyten, aber außerdem finden sich im Blute dieser rotblütigen Tiere noch Körper, welche man rote Blutkörperchen nennt. Es sind dies flache, eiförmige Protoplasmatische Scheiben (*B<sup>5</sup>*, *B<sup>6</sup>*), welche durch einen Farbstoff, das Hämoglobin, gefärbt sind. Jedes derselben ist mit einem großen Kern (*nu*) versehen, welcher, wenn man das Körperchen von der Kante ansieht, eine Vorwölbung des mittleren Teiles hervorruft. Diese Körper kann man mit Amöben vergleichen, die ihre Pseudopodien eingezogen und eine flache Form angenommen haben, während sie gleichzeitig durch Hämoglobin gefärbt sind.

Im Blute der Säugetiere, z. B. der Ratte, des Hundes oder des Menschen, kommen ähnliche Blutkörperchen vor, aber die roten Blutkörperchen (*C<sup>3</sup>*, *C<sup>4</sup>*) derselben haben die Gestalt bikonkaver Scheiben und besitzen keine Kerne.

Fig. 8.



### Typische tierische und pflanzliche Zellen.

(*B*, *D*<sup>1</sup> und *E*<sup>1</sup> nach Howes, *C*, *E*<sup>2</sup> und *E*<sup>3</sup> nach Klein und Noble Smith, *D*<sup>2</sup>, *D*<sup>3</sup> nach Wiedersheim, *F*<sup>1</sup> nach Sachs, *F*<sup>2</sup> nach Behrens.)

*A*<sup>1</sup> bis *A*<sup>4</sup> lebender Leukocyt (Blutkörperchen) eines Krebses, zeigt amöboide Bewegungen; *A*<sup>5</sup>, *A*<sup>6</sup> derselbe, getötet und gefärbt, mit sichtbarem Kern (*nu*).

*B*<sup>1</sup> Leukocyt eines Frosches, *nu* der Kern; *B*<sup>2</sup> zwei Leukocyten im Beginn der Konjugation; *B*<sup>3</sup> dieselben nach der Konjugation, ein zweikerniges Plasmodium bildend; *B*<sup>4</sup> ein in Zweiteilung begriffener Leukocyt; *B*<sup>5</sup> Flächenansicht und *B*<sup>6</sup> Seitenansicht eines roten Blutkörperchens von demselben Tiere; *nu* Kern.

*C*<sup>1</sup>, *C*<sup>2</sup> Leukocyten der Eidechse; die schwarzen Punkte in *C*<sup>1</sup> bedeuten aufgenommene Karminkörnchen.

*C*<sup>3</sup> Flächenansicht und *C*<sup>4</sup> Seitenansicht der roten Blutkörperchen des Menschen.

*D*<sup>1</sup> Cylinderepithelzellen aus dem Darm des Frosches; *D*<sup>2</sup> eine ähnliche Zelle mit gestreiftem distalen Rande, von welchem in *D*<sup>3</sup> Pseudopodien ausgesteckt werden.

*E*<sup>1</sup> Flimmerepithelzellen aus dem Munde des Frosches; *E*<sup>2</sup> und *E*<sup>3</sup> ähnliche Zellen aus der Luftröhre des Hundes.

*F*<sup>1</sup> Parenchymzelle der Lilienwurzel, zeigt Kern (*nu*), Vakuolen (*vac*) und Zellwand; *F*<sup>2</sup> eine ähnliche Zelle aus dem Blatt der Bohne, zeigt Kern, Vakuolen und Chromatophoren (*chr*).

Bei manchen Tieren hat man beobachtet, daß die Leukocyten feste Teilchen aufnehmen ( $C^1$ ), sich durch einfache Teilung vermehren ( $B^4$ ) und miteinander zu Plasmodien (S. 40) zusammenfließen ( $B^2$ ).

Der Magen und der Darmkanal der Tiere sind mit einer Art weicher, schleimiger Haut ausgekleidet, welche man Schleimhaut nennt. Wenn man ein Stück von der Oberfläche dieser Haut — z. B. von einem Frosch oder einer Ratte — abschneidet und zerzupft, d. h. mit Nadeln auseinander reißt, so zeigt sich dieselbe bei Beobachtung mittels eines stark vergrößernden Systems aus einer sehr großen Zahl mikroskopischer Körperchen, sogenannter Epithelzellen, zusammengesetzt, welche zu Lebzeiten des Tieres in der inneren Schicht der Schleimhaut dicht nebeneinander liegen, ungefähr in derselben Weise, wie die Pflöcke eines Holzpflasters auf der Oberfläche einer StraÙe. Eine Epithelzelle besteht ( $D^1, D^2$ ) aus einer stabförmigen Protoplasmamasse, welche einen großen Kern enthält und infolgedessen einer langgestreckten Amöbe ohne Pseudopodien vergleichbar ist. Bei einigen Tieren ist die Ähnlichkeit noch größer: man hat beobachtet, daß die Epithelzellen von ihrer freien Oberfläche Pseudopodien austrecken ( $D^3$ ), d. h. von der einzigen Stelle, wo eine solche Bewegung möglich ist, da sie anderwärts überall in enger Berührung mit ihren Nachbarzellen sind.

Die Mundhöhle des Frosches und die Luftröhre luftatmender Wirbeltiere, wie z. B. der Reptilien, Vögel und Säugetiere ist ebenso von einer Schleimhaut ausgekleidet, aber die Epithelzellen, welche die innere Schicht derselben bilden, unterscheiden sich in einem wichtigen Umfande von denen des Magens und des Darmes. Wenn man sie ganz frisch untersucht, so findet man, daß jede an ihrer freien Oberfläche, d. h. an der Oberfläche, welche den Hohlraum des Mundes oder der Luftröhre begrenzt, eine Anzahl feiner protoplasmatischer Härchen oder Wimpern trägt ( $E^1$  bis  $E^3$ ), welche in beständig schwingender Bewegung sind. Beim Zerzupfen der Schleimhaut werden mit ziemlicher Sicherheit einige dieser Zellen losgerissen und man kann sie dann infolge der Thätigkeit ihrer Wimpern in der Flüssigkeit umherschwimmen sehen. Diese Flimmerepithelzellen erinnern stark an Heteromita, nur mit dem Unterschiede, daß sie zahlreiche, in beständiger rhythmischer Bewegung begriffene Wimpern tragen, statt nur zwei — in diesem Falle als Geißeln bezeichneter —, welche nur unregelmäßig schwingende Bewegungen zeigen.

Ähnliche Flimmerepithelzellen findet man an den Kiemen der Austern und anderer Muscheln, sowie an manchen andern Orten.

Der Stamm oder die Wurzel einer gewöhnlichen krautigen Pflanze, wie z. B. eines Geraniums oder einer Wicke, erscheint, wenn man ihn quer durchschneidet, zusammengesetzt aus einer centralen Markmasse, rings umgeben von einem Ringe von holziger Substanz, welche letztere

wiederum von einer weichen, grünlichen Masse, der sogenannten Rinde, umhüllt wird. Ein dünner Querschnitt läßt erkennen, daß diese letztere aus unzähligen, polyedrischen Körpern, sogenannten Parenchymzellen, besteht, welche sich fest aneinander schliessen, wie die Ziegelsteine einer Mauer.

Bei genauer Untersuchung sieht man, daß eine Parenchymzelle ( $F^1$ ) aus Protoplasma besteht, welches innerlich von einer oder mehreren Höhlungen oder Vakuolen (*vac*) durchsetzt wird, die eine klare Flüssigkeit enthalten. Diese Vakuolen unterscheiden sich von denen der Amöbe, Heteromita oder Euglena dadurch, daß sie nicht kontraktile sind; sie sind in der That nur Hohlräume im Protoplasma, welche eine wässrige Flüssigkeit enthalten; die Protoplasmaschicht, welche sie unmittelbar umgibt, ist dichter, als das übrige Protoplasma. Zuweilen findet man nur einen solchen Hohlraum, welcher das ganze Innere der Zelle einnimmt, zuweilen, wie in dem abgebildeten Exemplar, deren mehrere, welche durch zarte Bänder oder Platten vom Protoplasma voneinander getrennt werden. Die Zelle enthält einen großen Kern (*nu*) und ist vollständig eingeschlossen in eine Zellwand von mässiiger Dicke, die aus Cellulose besteht.

Die oben gegebene Beschreibung paßt auf die Zellen, welche die tieferen Schichten der Rinde zusammensetzen, d. h. diejenigen, welche dem Holzkörper am nächsten liegen; in den mehr oberflächlich liegenden Zellen, sowie in den inneren Zellen eines Blattes, ist noch etwas Anderes zu bemerken. Eingebettet in das Protoplasma, innerhalb der Zellwand, befinden sich eine Anzahl kleiner, eiförmiger Körper von lebhaft grüner Färbung ( $F^2$ , *chr*). Dies sind Chromatophoren oder Chlorophyllkörperchen, sie bestehen aus Protoplasma, welches mit Chlorophyll gefärbt ist, und es läßt sich experimentell zeigen, daß dieses dieselben Eigenschaften besitzt, wie das Chlorophyll des Haematococcus und der Euglena.

Eine solche grüne Parenchymzelle läßt sich offenbar mit einem Haematococcus oder einer Euglena im encystierten Zustande vergleichen, wobei der Hauptunterschied der ist, daß die Form der Pflanzenzelle infolge des Druckes der benachbarten Zellen polyedrisch ist, und daß die Chromatophoren verhältnismäßig klein und zahlreich sind. In gleicher Weise erinnern die farblosen Parenchymzellen an encystierte Amöben.

Das Mark, die Epidermis oder die dünne Oberhaut, welche die äußere Oberfläche krautartiger Pflanzen bildet, der größere Teil der Blätter und andere Teile der Pflanze bestehen aus Zellverbänden, welche im Wesentlichen mit der obigen Beschreibung übereinstimmen.

Wir kommen demnach zu einem bemerkenswerten Ergebnis. Die höheren Tiere und Pflanzen bauen sich — zum Teil wenigstens — aus Elementen auf, welche in ihren wesentlichen Zügen an die kleinen und niederen Organismen erinnern, welche wir in den vorhergehenden Vor-

lungen studierten. Solche Elemente werden mit dem allgemeinen Namen Zellen bezeichnet; es sind daher die höheren Organismen, ob Pflanzen oder Tiere, mehrzellig, oder sie sind als Zellaggregate zu betrachten, während bei solchen Lebewesen, wie Amöba, Haematococcus, Heteromita oder Euglena, der ganze Organismus eine einzelne Zelle darstellt oder einzellig ist.

Beachten wir ferner, daß die Zellen der höheren Tiere und Pflanzen, gleich den ganzen einzelligen Organismen, entweder in amöboider (Fig. 8, *A, B<sup>1</sup>, C<sup>1</sup>*), oder in bewimperter (*E*) oder in encystierter Form (*F*) vorkommen können, und daß zuweilen durch Vereinigung mehrerer amöboider Zellen ein Plasmodialzustand (*B<sup>2</sup>*) herbeigeführt wird.

Einer der charakteristischsten Züge der in den vorhergehenden Vorlesungen beschriebenen einzelligen Organismen ist das allgemeine Vorkommen von Teilungen als einer Art der Vermehrung. Die Analogie zwischen diesen Organismen und den Zellen der höheren Tiere und Pflanzen wird noch stärker, wenn wir finden, daß bei den letzteren einfache Teilung ebenso die gewöhnliche Art der Vermehrung ist, indem die Größenzunahme wachsender Körperteile durch die beständige Teilung der dieselben aufbauenden Zellen hervorgebracht wird.

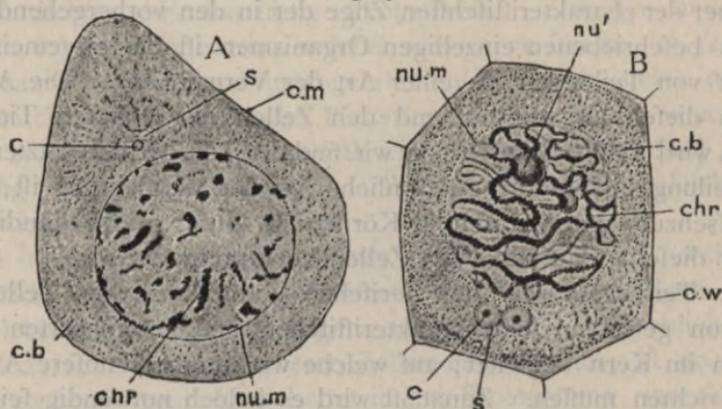
Der Teilungsprozeß der tierischen und pflanzlichen Zellen wird häufig von gewissen, sehr charakteristischen und komplizierten Veränderungen im Kern begleitet, auf welche wir nunmehr unsere Aufmerksamkeit richten müssen. Zunächst wird es jedoch notwendig sein, den genauen mikroskopischen Bau der Zellen und ihrer Kerne zu beschreiben, soweit derselbe zur Zeit bekannt ist.

Es scheint eine ziemlich weitgehende Verschiedenheit zwischen den tierischen und pflanzlichen Zellen zu bestehen, aber die meisten Forschungen haben gezeigt, daß man in dem Zellkörper oder Protoplasma (Fig. 9, *c. b.*, a. f. S.) zwei Bestandteile unterscheiden kann, eine helle, halbflüssige Substanz, welche von einem zarten spongiösen Gerüst durchsetzt wird. Nun sieht man unter dem Mikroskop nicht die ganze Zelle auf einmal, sondern nur einen optischen Durchschnitt derselben, d. h. alle die Teile, welche sich zu gleicher Zeit im Brennpunkte der Linse befinden; verschieben wir diesen, so sehen wir der Reihe nach in verschiedener Tiefe gelegene Schichten des Objektes, so daß jede Ansicht in Wirklichkeit ein den Linsen des Instrumentes paralleler Durchschnitt ist. Infolgedessen gewährt das Protoplasma das mikroskopische Bild einer hellen oder schwach körnigen Grundsubstanz, durchzogen von einem feinen Netzwerk. In den Epithelzellen der Tiere wird das Protoplasma äußerlich von einer außerordentlich dünnen Zellmembran (Fig. 9, *A, c. m*) begrenzt, in Pflanzenzellen von einer Zellwand (*B, c. w*) aus Cellulose; in amöboiden Zellen besteht das Ektosark oder der durchsichtige, nicht körnige Teil der Zelle nur aus hellem Protoplasma, nur das körnige Ektosark allein besitzt ein spongiöses Gerüst. In der Mehrzahl der aus-

gewachsenen Pflanzenzellen (Fig. 8, *F*) und in einigen tierischen Zellen ist das Protoplasma in mehr oder weniger ausgedehntem Maße von Hohlräumen durchsetzt, aber für die jungen, im Wachstum begriffenen Pflanzenteile und für die gewöhnlichen tierischen Zellen gilt die vorhergehende Beschreibung. Es ist recht wohl möglich, daß das netzartige Bild der Zelle nur der optische Ausdruck des Vorhandenseins außerordentlich feiner Hohlräume ist, oder daß er von der Gegenwart unzähliger kleiner Körnchen herrührt, welche als Stoffwechselprodukte im Protoplasma entstehen<sup>1)</sup>.

Der Kern ist gewöhnlich von kuguliger Form, er wird umhüllt von einer zarten Kernmembran (*n. m*) und enthält, wie bei der Amöbe (S. 6),

Fig. 9.



*A* Zelle aus der Genitalleiste eines jungen Salamanders, zeigt die Zellmembran (*c. m*), das Protoplasma oder den Zellkörper (*c. b*) mit Richtungssphären (*s*) und Centrofom (*c*), und den Kern mit Kernmembran (*nu. m*) und unregelmäßigem Chromatinnetz (*chr*).

*B* Zelle aus dem unreifen Staubblatt der Lilie, zeigt die Zellwand (*c. w*), das Protoplasma mit zwei Richtungssphären (*s*) und den Kern wie in *A*.

Beide Figuren sehr stark vergrößert.

(*A* nach einer Zeichnung von J. E. S. Moore, *B* nach Guignard.)

zwei Bestandteile, die Kernmatrix und das Chromatin, welche weit bedeutendere Unterschiede darbieten, als die beiden Bestandteile des Zellkörpers. Die Kernmatrix ist eine homogene, halbflüssige Substanz, welche die Grundlage des Kernes bildet; sie gleicht in ihren allgemeinen Eigenschaften dem hellen Zellprotoplasma, unter anderm in ihrer Unempfänglichkeit für Farbstoffe. Das Chromatin (*chr*) ist von netzförmiger oder spongiöser Struktur, sehr wechselnd in der Form, und ist vor allen andern Bestandteilen der Zellen ausgezeichnet durch seine

<sup>1)</sup> Der Leser, der sich eingehender über den Bau und die Struktur des Protoplasmas und der Zelle zu unterrichten wünscht, findet eine vortreffliche Übersicht über diesen Gegenstand in dem kürzlich erschienenen Buche von O. Hertwig, Die Zelle und die Gewebe. Jena, Fischer, 1893. Dort findet sich auch die einschlägige Litteratur verzeichnet. Anm. d. Übersetzers.

große Verwandtschaft zu Anilin- und andern Farbstoffen. Häufig findet man im Kern einen oder mehrere kugelige Körperchen, die Nucleoli (*B, nu'*), entweder mit dem Chromatinnetz verbunden, oder frei in den Maschen desselben; sie besitzen ebenfalls eine große Affinität zu Farbstoffen, wenn sie auch oft in ihren mikroskopischen Reaktionen von dem Chromatin sehr verschieden sind.

Im Körper einiger, vielleicht aller Zellen findet man einen kugeligen Körper, umgeben von strahlig angeordnetem Protoplasma, welcher als Richtungssphäre bezeichnet wird (*s*), derselbe liegt dem Kerne eng an und enthält ein kleines Körnchen, das sogenannte Centrialkörperchen oder Centrosom. In manchen Pflanzenzellen hat man zwei Richtungssphären in einer Zelle gefunden (*B, s*).

Die feineren Veränderungen, welche während der Zellteilung stattfinden, unterliegen, wie die Struktur der Zellen selbst, einer beträchtlichen Variabilität. Wir wollen einen Fall betrachten, der wahrscheinlich als ein typischer angesehen werden kann (Fig. 10).

Zuerst teilt sich die Richtungssphäre, und die Teilungsprodukte derselben entfernen sich mehr und mehr voneinander (*c*), bis sie endlich zu den entgegengesetzten Polen des Kerns gelangen (*D*). Zur selben Zeit teilt sich das Chromatinnetz in eine Anzahl getrennter Fäden, die sogenannten Chromosomen (*B, chr*), deren Zahl in jeder einzelnen Tier- oder Pflanzenart konstant zu sein scheint, je nach den verschiedenen Arten jedoch von zwei bis vierundzwanzig wechselt. Bald darauf verschwindet die Kernmembran und die freien Nucleoli (*B, C*) und der Kern nimmt die Gestalt eines spindelförmigen Körpers an, der aus sehr feinen, an jedem Pol nach der betreffenden Richtungssphäre konvergierenden Fasern gebildet wird. Der genaue Ursprung dieser Kernspindel ist noch ungewiss; dieselbe kann aus der Grundsubstanz des Kerns, oder, noch wahrscheinlicher, aus dem Protoplasma der Zelle entstehen; sie wird von Farbstoffen nicht gefärbt.

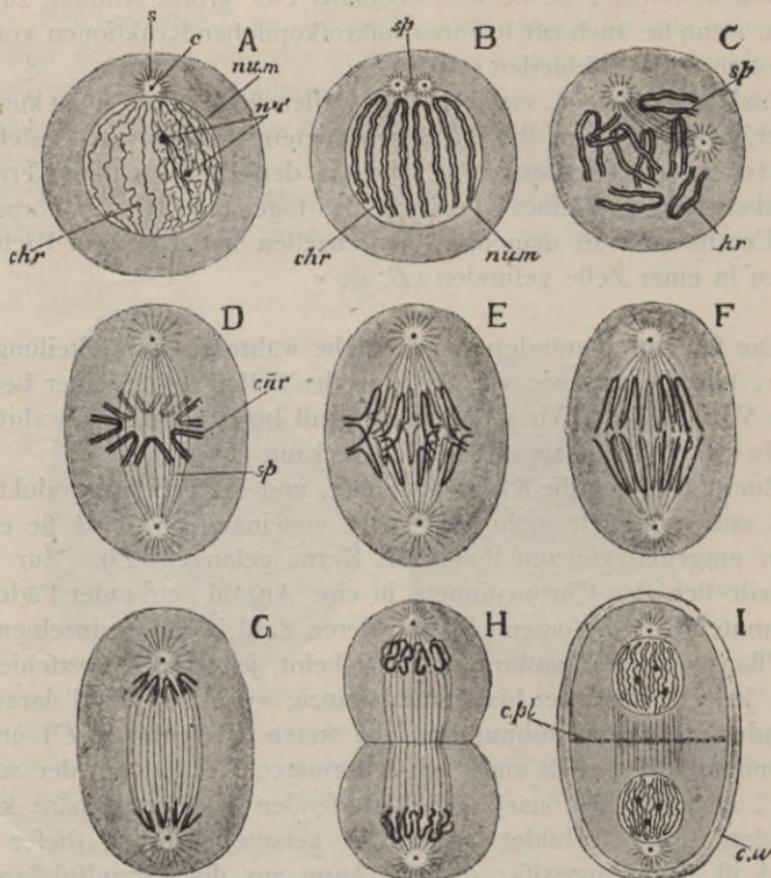
Zu gleicher Zeit spaltet sich jedes Chromosom, zuweilen quer, in der Regel jedoch der ganzen Länge nach, so daß zwei parallele, in enger Berührung miteinander stehende Stäbe oder Schlingen gebildet werden (*B*); auf diese Weise verdoppelt sich die Zahl der Chromosomen, aus jeder einzelnen ist ein Paar geworden.

Die geteilten Chromosomen rücken nun in den Äquator der Spindel (*D*) und nehmen die Gestalt V-förmiger Schlingen oder kurzer Stäbchen an, welche sich in radialer Richtung so anordnen, daß sie eine sternförmige Figur bilden, wenn man die Zelle in der Richtung der Längsachse der Spindel betrachtet. Alles ist nun zur Teilung bereit, welche durch die vorhergehenden Prozesse vorbereitet wurde.

Die zwei Chromosomen jedes Paares rücken nun allmählich nach den entgegengesetzten Polen der Spindel (*E, F*), es bilden sich auf diese Weise zwei getrennte Gruppen, und jedes Chromosom der einen ist eine

Zwillingschwester eines solchen der andern Gruppe. Wahrscheinlich find die Faern der Spindel das wirkende Agens bei diefem Vorgange,

Fig. 10.



Schemata, welche den Prozess der indirekten Zellteilung oder Karyokinese erläutern. (Nach Flemming, Rabl u. A.)

A die ruhende Zelle; der Kern zeigt eine Kernmembran (*nu. m*), Chromatin (*chr*), welches in zu einem Netzwerk verbundenen Schlingen angeordnet ist (das Netz ist nur auf der rechten Seite dargestellt), und zwei Nucleoli (*nu'*); nahe dem Kern liegt eine Richtungspähre (*s*), welche ein Centrosom (*c*) enthält und von strahligen Protoplasmasträngen umgeben ist.

B das Chromatin hat sich in getrennte Chromatinfchlingen gefondert, die sich der Länge nach geteilt haben; die Kernmembran beginnt zu verschwinden; es sind zwei Richtungspähren vorhanden und zwischen denselben sieht man die Anlage der Kernspindel (*sp*).

C die Kernmembran ist verschwunden; die Chromosomen liegen unregelmäßig; die Spindel hat an Gröfse zugenommen und liegt deutlich innerhalb der Kernregion.

D die Chromosomen haben sich um den Äquator der völlig ausgebildeten Kernspindel gruppiert.

E die Tochterfchlingen der Chromosomen wandern in entgegengesetzter Richtung den Polen der Spindel zu; jede derselben besitzt eine zu ihr gehörige Spindelfafer.

*F* späteres Stadium deselben Vorganges.

*G* die Chromosomen haben sich nunmehr in zwei getrennten Gruppen an den beiden Polen der Spindel gruppiert.

*H* die Tochterzellen sind durch Einschnürung zum Teil von einander getrennt und die Chromosomen jeder Gruppe beginnen sich zum Chromatinnetz des Tochterkernes zu vereinigen.

*I* zeigt die Teilung einer Pflanzenzelle durch Bildung einer Zellplatte (*c. p*); die Tochterkerne sind völlig ausgebildet.

indem die Chromosomen durch die Kontraktion derselben nach entgegengesetzter Richtung gezogen werden.

Nachdem sie den Pol der Spindel erreicht haben, vereinigen sich die Chromosomen jeder Gruppe entweder zur Bildung eines Netzes (*H*), in dessen Umgebung schließlich eine Kernmembran erscheint (*I*). Auf diese Weise entstehen zwei Kerne innerhalb einer einzigen Zelle, die Chromosomen der Tochterkerne sowohl wie die ihnen zugehörigen Richtungssphären sind durch Teilung aus denjenigen des Mutterkerns hervorgegangen.

Gleichen Schrittes mit diesem Prozeß der Kernteilung vollzieht sich die Teilung des Zellkörpers. Dieselbe kann durch einen einfachen Einschnürungsprozeß erfolgen — in ungefähr derselben Weise, wie ein Stück Lehm oder Teig sich teilen würde, wenn man die Schlinge einer Schnur um die Mitte deselben legte und dann zusammenzöge — oder durch Bildung einer sogenannten Zellplatte. Diese nimmt ihren Ursprung in Form einer Anzahl von Körnchen, welche von dem äquatorialen Teile der Kernspindel gebildet werden (*I*); die Körnchen dehnen sich aus, bis sie eine vollständige Äquatorialplatte bilden, welche den Zellkörper in zwei Hälften teilt; darauf erfolgt die Teilung durch Spaltung der Zellplatte in einer ihrer flachen Oberfläche parallelen Ebene<sup>1)</sup>. Bei Pflanzen erzeugt die Zellplatte eine Cellulosewand, welche die beiden Tochterzellen voneinander trennt.

In manchen Fällen teilt sich der Kern, statt die oben beschriebenen verwickelten Prozesse durchzumachen, durch einfache Einschnürung. Wir haben demnach zwischen direkter und indirekter Kernteilung zu unterscheiden. Die letztere, sehr specialisierte Teilungsart bezeichnet man oft mit dem Namen der Karyokinese.

Dem Leser wird bei dieser Gelegenheit die außerordentlich komplizierte Struktur auffallen, welche die stärksten mikroskopischen Vergrößerungen uns in den Zellen und ihren Kernen haben erkennen lassen. Als die Zellen, welche den Körper der höheren Tiere und Pflanzen zusammensetzen, in den ersten Jahren dieses Jahrhunderts von Schleiden

1) Wir dürfen nicht vergessen, daß die Zellen, welche in solchen schematischen Zeichnungen, wie Fig. 10, notwendig als Flächen dargestellt werden müssen, in Wirklichkeit feste Körper sind, und daß folglich die Zellplatte, die in den Figuren als Linie gezeichnet ist, in Wahrheit eine zur Ebene des Papiers rechtwinklige Fläche ist.

und Schwann<sup>1)</sup> entdeckt wurden, betrachtete man sie als die ultima Thule mikroskopischer Analyse. Gegenwärtig ist die Demonstration der Zellen selbst eine leichte Sache, es gilt nunmehr, die letzten Feinheiten ihres Baues aufzudecken. Zu welchen Ergebnissen wir gelangen würden, wenn wir uns Mikroskope verschaffen könnten, welche unfern heutigen ebenso überlegen wären, wie die heutigen den primitiven Instrumenten vor achtzig oder neunzig Jahren, darüber können wir nicht einmal Vermutungen aufstellen. Aber auf eins können wir mit Sicherheit rechnen: auf die ungeheuren Fortschritte, welche unsere Kenntnis vom Bau der Lebewesen im nächsten halben Jahrhundert machen wird.

Der überraschenden allgemeinen Ähnlichkeit zwischen den Zellen der höheren Tiere und Pflanzen und den ganzen einzelligen Organismen haben wir als einer sehr bemerkenswerten Thatsache gedacht; wir müssen uns nun noch einem andern, in gleicher Weise bedeutungsvollen Umfande zuwenden.

Alle höheren Tiere beginnen ihr Leben als ein Ei, welches entweder den elterlichen Körper als solches verlassen hat, wie bei den meisten Fischen, Fröschen, Vögeln u. f. w., oder die ersten Stadien seiner Entwicklung innerhalb des elterlichen Körpers durchläuft, wie bei vielen Haifischen, gewissen Reptilien und fast allen Säugetieren.

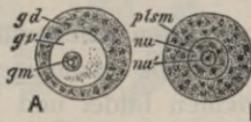
Der Bau des Eies ist in den wesentlichen Punkten bei allen Tieren derselbe, von den höchsten bis zu den niedersten. Bei einer Qualle z. B. besteht dasselbe (Fig. 11, A) aus einer kugeligen Masse von Protoplasma (*gd*), in welcher Körnchen einer Eiweißsubstanz abgelagert sind, welche Dotterkügelchen genannt werden. Innerhalb des Protoplasmas befindet sich ein großer heller Kern (*g. v*), dessen Chromatin in eine centrale Masse, oder einen Nucleolus (*c. m*) zusammengeballt ist. Eine umhüllende Membran kann vorhanden sein oder fehlen. Mit andern Worten: Das Ei ist eine Zelle. Es ist zweckmäßig, aus Gründen, welche unmittelbar einleuchten werden, dasselbe als Ovum oder als Eizelle zu bezeichnen.

Die jungen und unreifen Eier aller Tiere zeigen diesen Bau, aber in manchen Fällen macht das Ei gewisse Veränderungen durch, bevor es reif, d. h. fähig wird, sich zu einem neuen Individuum zu entwickeln. So z. B. kann das Protoplasma Pseudopodien ausstrecken, so dass das Ei amöboid wird (s. Fig. 53), oder die Oberfläche des Protoplasmas kann eine dicke Zellwand absondern (s. Fig. 61). Die außerordent-

1) Die sehr verbreitete Annahme, dass Schleiden der Entdecker der Pflanzenzellen sei, ist nicht richtig; gesehen wurden die Zellen bereits mehr als ein Jahrhundert vor Schleiden von dem englischen Botaniker Nehemia Grew und dem italienischen Naturforscher Marcello Malpighi; sogar der Zellkern wurde bereits mehrere Jahre vor dem Erscheinen von Schleiden's vielgenannter Veröffentlichung von dem Engländer Robert Brown entdeckt. — Anm. d. Übersetzers.

lichste Veränderung findet bei einigen Wirbeltieren, z. B. bei den Vögeln flatt. In einem Hühnerei z. B. wachsen die Dotterkügelchen ungeheuer und treiben das mikroskopische Ei auf, bis es zu dem gemeinhin als »Eidotter« bekannten Körper wird; um dasselbe herum werden Schichten von Albumen oder »Eiweifs« abgelagert, und endlich die Schalenhaut und die Schale. Wir haben demnach bei Eiern von diesem Charakter sorgfältig zu unterscheiden zwischen dem ganzen »Ei« in der gewöhnlichen Bedeutung des Wortes, und dem Ovum oder der Eizelle. Aber Komplikationen solcher Art ändern nichts an der fundamentalen Thatfache, dafs alle höheren Tiere ihr Leben als einzelne Zellen beginnen, oder, mit andern Worten, dafs vielzellige Tiere, wie grofs und vielfach zusammengesetzt sie auch im erwachsenen Zustande sein mögen, ihren Ursprung nehmen als einzellige Körper von mikroskopischer Gröfse.

Fig. 11.



A tierisches Ei (*Carmarina hastata*, eine Qualle), zeigt Protoplasma (*gd*), Kern (*gr*) und Nucleolus (*gm*). Aus Balfour nach Haeckel.

B pflanzliches Ei (*Gymnadenia conopsea*, eine Orchidee), zeigt Protoplasma (*plsm*), Kern (*nu*) und Nucleolus (*nu'*). Nach Marshall Ward.

Daselbe ist der Fall bei allen höheren Pflanzen. Das Pistill oder die Fruchtanlage einer gewöhnlichen Blume enthält einen oder mehrere kleine eiförmige Körper, die sogenannten »Ovula« (genauer: Megasporengien, vergl. Vorlesung XXX und Fig. 88), welche, wenn die Blüte welkt, sich zu Samen entwickeln. Ein Durchschnitt eines Ocytums läfst erkennen, dafs dasselbe einen weiten Hohlraum, den Embryosack oder die Megaspore, enthält (s. Fig. 88, *D*), an dessen einem Ende sich eine mikroskopische Zelle (Fig. 88, *ov* und Fig. 11, *B*) befindet, welche wie gewöhnlich aus Protoplasma (*plsm*), Kern (*nu*) und Nucleolus (*nu'*) besteht. Dies ist das Ovum oder die Eizelle der Pflanze; aus ihr entwickelt sich die neue Pflanze, welche aus dem keimenden Samen hervorgeht. Es sind demnach die höheren Pflanzen, gleich den höheren Tieren, in den ersten Stadien ihres Daseins mikroskopisch und einzellig.

## Siebente Vorlesung.

# Saccharomyces.

---

Jedermann kennt der äusseren Erscheinung nach die gewöhnliche Brauerhefe — die hellbraune, trübe schaumige Substanz, welche sich an der Oberfläche der Maishkufen bildet und bei der Brotbereitung benutzt wird, um den Teig »aufgehen« zu lassen.

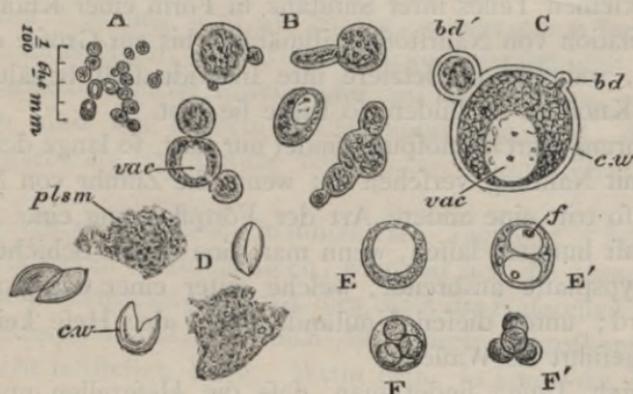
Unter dem Mikroskop betrachtet, erweist sich die Hefe aus einer Flüssigkeit bestehend, in welcher ausserordentlich zahlreiche kleine Körperchen verteilt sind, deren Anwesenheit das trübe Aussehen der Hefe bedingt. Jeder dieser Körper ist ein einzelliger Organismus, ein Hefepflänzchen, oder botanisch gesprochen, ein *Saccharomyces cerevisiae*.

*Saccharomyces* besteht aus einer kugeligen oder ellipsoiden Protoplasmamasse (Fig. 12) von ungefähr 0,01 mm Durchmesser, und umgeben von einer zarten Zellwand aus Cellulose (*C, c.w.*). Im Protoplasma befindet sich eine oder mehrere nicht kontraktile Vakuolen (*vac*), einfache, mit Flüssigkeit gefüllte und je nach dem Ernährungszustande der Zelle wechselnde Hohlräume. Ebenso kommen Körnchen im Protoplasma vor, welche Produkte des Stoffwechsels sind; einige derselben bestehen aus Eiweissstoffen, andere sind Fettkügelchen. Unter gewöhnlichen Umständen ist kein Kern zu sehen, doch hat man neuerdings, durch Anwendung einer besondern Färbungsmethode, einen kleinen runden Kern nahe der Mitte der Zelle nachgewiesen.

Die Zellwand ist so dünn, dass es selbst bei Anwendung sehr starker Vergrößerungen schwierig ist, sich von ihrem Vorhandensein zu überzeugen. Sie kann jedoch leicht sichtbar gemacht werden, wenn man die Hefe mit Magenta färbt und dann auf das Deckglas einen Druck ausübt, so dass die Zelle zerquetscht wird. Bei derartiger Behandlung reissen die Zellwände und erscheinen als faltige, mannigfach zerriffene, von dem Magenta nicht gefärbte Säcke (*D, c.w.*), während man das herausgepresste Protoplasma in Form unregelmässiger, von dem Farbstoff rot gefärbter Massen erblickt.

Die Vermehrungsweise von *Saccharomyces* läßt sich an lebhaft gärender Hefe leicht beobachten, und es zeigt sich dann, daß dieselbe sich von allen bisher besprochenen unterscheidet. Eine kleine bläschenartige Erhebung (*C, bd*) erscheint an der Oberfläche einer Zelle und nimmt langsam an Größe zu; bei starker Vergrößerung bemerkt man, daß diese Knospe einen Auswuchs des Protoplasmas der Mutterzelle darstellt, die von einer sehr dünnen Cellulosefchicht bedeckt ist; sie bildet sich, indem das Protoplasma eine Auftreibung — gleich einem kleinen Pseudopodium — erzeugt, welche die Zellwand vor sich her treibt. Die Knospe vergrößert sich (*bd'*), bis sie einen kleinen kugligen Körper bildet, welcher die Mutterzelle an einem Pole berührt,

Fig. 12.



#### *Saccharomyces cerevisiae.*

*A* eine Gruppe von Zellen bei mächtig starker Vergrößerung. Der Maßstab links bezieht sich nur auf diese Figur.

*B* mehrere Zellen, stärker vergrößert, in verschiedenen Stadien der Knospung, *vac* Vakuole.

*C* eine einzelne Zelle mit zwei Knospen (*bd, bd'*), noch stärker vergrößert, *c.w* Zellwand, *vac* Vakuole.

*D* durch Druck zerquetschte Zellen, *c.w* die geborstenen Zellwände, *plsm* das herausgepresste Protoplasma.

*E, E'* hungernde Zellen mit großen Vakuolen und Fettkügelchen (*f*).

*F, F'* Sporenbildung durch Teilung des Protoplasmas einer hungernden Zelle; bei *F* sind die Sporen noch von der Mutterzellwand eingeschlossen; bei *F'* sind sie frei.

dann findet längs der Verbindungsfläche ein Teilungsvorgang statt, das Protoplasma der Knospe oder der Tochterzelle trennt sich von dem der Mutterzelle, und zwischen beiden wird eine Cellulosewand abgeschieden. Schließlich löst sich die Knospe als besondere Hefezelle ganz los.

Es kommt häufig vor, daß ein *Saccharomyces* gleichzeitig an verschiedenen Stellen Knospen bildet, und daß jede Tochterzelle wiederum Knospen erzeugt, bevor die Lostrennung erfolgt. Auf diese Weise bilden sich Ketten oder Gruppen von Zellen (*B*), Zellkolonien, welche aus zwei oder mehr Generationen von Zellen bestehen, insofern die central

gelegene Zelle zu den übrigen im Verhältnis der Mutter, Großmutter oder Urgroßmutter steht.

Es ist zu bemerken, daß dieser Prozeß der Sproßung oder der Knospenbildung im Grunde nur eine besondere Form der einfachen Teilung ist. Bei letzterer sind die beiden Tochterzellen von gleicher Größe und sind beide kleiner als die Mutterzelle, während bei der Knospung eine — die Mutterzelle — größer ist als die andere — die Tochterzelle oder Knospe — und von derselben Größe, wie die — praktisch in der That mit ihr identische — ursprüngliche, in Teilung begriffene Zelle. Es verliert demnach bei der Knospung die elterliche Zelle nicht, wie bei der einfachen Teilung, ihre Individualität, indem sie völlig in ihren Zwillingkindern aufgeht, sondern sie erfährt nur die Abtrennung eines kleinen Teiles ihrer Substanz in Form einer Knospe, welche durch Assimilation von Nährstoffen allmählich bis zur Größe der Mutter heranwächst, während die letztere ihre Individualität behält und fortführt, neue Knospen zu bilden, so lange sie lebt.

Vermehrung durch Knospung findet nur statt, so lange der Saccharomyces gut mit Nahrung versehen ist; wenn die Zufuhr von Nährstoffen unterbleibt, so tritt eine andere Art der Fortpflanzung ein. Man kann Hefe wahrhaft hungern lassen, wenn man eine dünne Schicht derselben auf einer Gypsplatte ausbreitet, welche unter einer Glasglocke feucht gehalten wird; unter diesen Umständen wird der Hefe keine andere Nahrung zugeführt als Wasser.

In einigen Tagen findet man, daß die Hefezellen unter solchen Lebensbedingungen ihr Aussehen verändert haben; große Vakuolen treten in denselben auf (Fig. 12, *E*, *E'*) und zahlreiche Fettkügelchen werden gebildet (*f*). Das Protoplasma ist destruktivem Metabolismus anheimgefallen und, da keine Möglichkeit neuer Stoffzufuhr besteht, so hat es sich quantitativ vermindert und ist gleichzeitig zum Teil in Fett umgewandelt worden. Sowohl bei Pflanzen als bei Tieren hat sich gezeigt, daß fettige Degeneration oder Verwandlung von Protoplasma in Fett auf dem Wege des destruktiven Metabolismus eine ständige Begleitererscheinung des Hungerzustandes ist.

Nach einiger Zeit sammelt sich das Protoplasma um das Centrum der Zelle und teilt sich gleichzeitig in vier Teile, welche angeordnet sind wie eine Pyramide von vier Billardkugeln, von denen drei die Basis bilden, während die vierte oben liegt (*F*). Jeder derselben umgibt sich mit einer dicken Cellulosehülle und wird zu einer Spore; die vier Sporen werden früher oder später durch Platzen der Mutterzellwand (*F'*) in Freiheit gesetzt.

Die Sporen, welche durch ihre dicken Zellwände geschützt sind, vermögen Hunger und Trockenheit lange Zeit hindurch zu ertragen; bringt man sie in günstige Entwicklungsbedingungen, so wachsen sie zu der gewöhnlichen Form des Saccharomyces heran. So erscheint also

die Vermehrung durch mehrfache Teilung bei den Hefepflänzchen als eine letzte Anstrengung des Organismus, um das Aussterben zu verhindern.

Die Ernährungsphysiologie des *Saccharomyces* ist von mehreren Männern der Wissenschaft, und namentlich von Pasteur mit großer Sorgfalt studiert worden, und sie ist infolgedessen besser bekannt, als die irgend eines andern niederen Organismus. Aus diesem Grunde dürfte es zweckmäßig sein, dieselbe etwas mehr im Einzelnen zu betrachten.

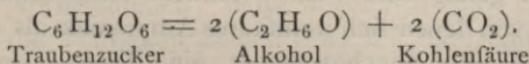
Der erste Prozess in der Bierbereitung ist die Herstellung einer Malzlösung, der sogenannten Bierwürze. Malz ist Gerste, welche man hat keimen oder austreiben lassen, d. h. man hat die jungen Pflänzchen aus dem Samen bis zu einer gewissen Größe heranwachsen lassen. Während der Keimung wird die Stärke, welche einen so großen Teil des Gerstenkorns bildet, zum Teil in Zucker umgewandelt. Die Gerste enthält außerdem lösliche Eiweißstoffe und Mineralstoffe, und so kann man, wenn Malz mit heißem Wasser übergossen wird, die so hergestellte Bierwürze als eine Lösung von Zucker, Eiweißstoffen und Salzen betrachten.

Dieser Würze wird eine Quantität Hefe zugesetzt. Sehr bald beginnt die Flüssigkeit aufzuschäumen, während sich die Menge der Hefe außerordentlich vermehrt; es zeigt dies, dass die Hefezellen in lebhafter Knospung begriffen sind, wie man dies durch mikroskopische Untersuchung leicht feststellen kann. Wenn man, so lange die Gärung andauert, eine brennende Kerze in das Gefäß hineinstellt, so erlischt sie augenblicklich; wenn ein Tier an denselben Ort gebracht würde, so würde es ersticken.

Die chemische Untersuchung ergibt, dass das Erlöschen der Kerzenflamme oder des tierischen Lebens durch eine stürmische Entwicklung von Kohlenäure aus der gärenden Bierwürze veranlasst wird, das Aufschäumen ist eine Folge des Entweichens dieses Gases aus der Flüssigkeit.

Nach einiger Zeit lässt die Gasentwicklung nach und man findet alsdann, dass die Flüssigkeit nicht mehr süß ist und den bekannten Alkohol- oder Spiritusgeruch angenommen hat. Die Analyse zeigt, dass der Zucker ganz oder nahezu verschwunden ist, während eine neue Substanz, der Alkohol, aufgetreten ist. Die Bierwürze ist auf diese Weise in Bier umgewandelt.

In Form einer chemischen Formelgleichung ausgedrückt, ist der Vorgang dieser:



Eine Zuckermolekel spaltet sich infolge der Einwirkung der Hefe in zwei Alkoholmolekel, welche in der Flüssigkeit bleiben, und zwei Kohlenäuremolekel, welche in Gasform abgegeben werden. Dieser Prozess ist bekannt als alkoholische Gärung.

Durch genaue Analyse wurde nachgewiesen, dafs nur ungefähr 95 Proz. des Zuckers auf diese Weise in Alkohol und Kohlenfäure umgewandelt werden, 4 Proz. werden unter Bildung von Glycerin, Bernsteinfäure und Kohlenfäure zersetzt und 1 Proz. wird von den Hefezellen als Nahrung aufgebraucht.

Zum genauen Studium der Gärung eignet sich die Bierwürze der Brauer nicht, da dieselbe eine Flüssigkeit von komplizierter und nicht immer gleicher Zusammenfetzung ist. Die Natur des Vorganges fowohl als die Rolle, welche der Saccharomyces bei demselben spielt, wird klarer, wenn wir an Stelle der Bierwürze eine künstliche Nährlöfung setzen, welche von Pasteur angegeben und nach ihm Pasteur'sche Löfung genannt wurde. Dieselbe besteht aus folgenden Bestandteilen:

Wasser, $H_2O$ . . . . .	83,76 Proz.
Rohrzucker, $C_{12}H_{22}O_{11}$ . . . . .	15,00 »
Weinfaures Ammoniak, $(NH_4)_2C_4H_4O_6$ . . . . .	1,00 »
Phosphorfaures Kali, $K_3PO_4$ . . . . .	0,20 »
Phosphorfaurer Kalk, $Ca_3(PO_4)_2$ . . . . .	0,02 »
Schwefelfaure Magnesia, $MgSO_4$ . . . . .	0,02 »
	100,00

Die Zusammenfetzung dieser Flüssigkeit beruht nicht auf willkürlichen Mutmassungen, sondern sie ist das Ergebnis sorgfältiger Experimente und wird durch folgende Erwägungen begründet.

Es leuchtet ein, dafs Zucker<sup>1)</sup> vorhanden sein mufs, wenn wir die alkoholische Gärung studieren wollen, denn das Wesentliche dieses Vorganges ist die Bildung von Alkohol aus Zucker.

Ferner mufs fowohl Stickstoff in irgend einer Form gegenwärtig sein, als auch Kohlenstoff, Sauerstoff und Wasserstoff, da diese vier Elemente an der Zusammenfetzung des Protoplasmas, und alle mit Ausnahme des erstgenannten (Stickstoff) an der der Cellulose Anteil nehmen, und dieselben infolgedessen nötig sind, wenn die Hefe leben und sich vermehren soll. Die Form, in welcher der Stickstoff am besten assimiliert werden kann, wurde experimentell gefunden. Wir sehen, dafs bei der Bierbereitung die Hefezellen ihren Stickstoff vorzugsweise in der Form löslicher Eiweifsverbindungen beziehen; grüne Pflanzen erhalten den ihrigen vorzugsweise in der einfachen Form von Nitraten. Es stellte sich heraus, dafs, während die Proteide fozufügen eine unnötig komplizierte Nahrung für den Saccharomyces darstellen, die Nitrate nicht kompliziert genug sind, dafs vielmehr Ammoniakverbindungen erforderlich sind, von denen sich weinfaures Ammoniak als die geeignetste erwies. Während also Saccharomyces eine Protoplasma-molekel aus weniger komplizierten Nahrungstoffen aufbauen kann, als sie eine Amöbe braucht, kann derselbe nicht von so einfachen Verbindungen

<sup>1)</sup> Es ist gleichgültig, ob Rohrzucker oder Traubenzucker verwandt wird.

Gebrauch machen, wie sie einem Haematococcus genügen; übrigens erscheint es gleichgültig, ob der Stickstoff ihm in Form von weinsaurem Ammoniak geliefert wird, oder in der höheren Form der Eiweiskörper.

Kommen wir nun zu den noch übrigen Bestandteilen der Nährflüssigkeit — phosphorsaurem Kali, phosphorsaurem Kalk und schwefelsaurer Magnesia. Wenn man eine Quantität Hefe erhitzt, so geschieht genau daselbe, als wenn man eins der höheren Tiere oder Pflanzen demselben Prozeß unterwirft: Zunächst verkohlt dieselbe unter Abscheidung von Kohlenstoff, dann, wenn die Hitze andauert, wird der Kohlenstoff vollständig verbraucht, indem er sich mit dem Sauerstoff der Luft verbindet und in Form von Kohlenäure entweicht; gleichzeitig wird der Stickstoff größtenteils als Stickstoffgas frei, der Wasserstoff verbindet sich mit dem atmosphärischen Sauerstoff und entweicht als Wasserdampf, und der Schwefel als schweflige Säure oder Schwefeldioxyd ( $\text{SO}_2$ ). Schliesslich bleibt nichts übrig, als eine geringe Menge weißer Asche, welche nach den Analysen Phosphorsäure, Kali, Kalk und Magnesia enthält, d. h. genau die Bestandteile der drei Mineralstoffe der Pasteur'schen Lösung, mit Ausnahme des Schwefels, welcher, wie bereits angegeben, während des Verbrennungsprozesses als schweflige Säure entweicht.

Nun ist die Hauptbedingung bei der Herstellung einer künstlichen Nährlösung, wie die Pasteur'sche ist, daß dieselbe alle die Elemente enthalten soll, welche in dem Organismus, den sie zu ernähren bestimmt ist, vorkommen, oder mit anderen Worten, die Substanzen, durch deren Kombination die Verluste, welche der Organismus durch destruktiven Metabolismus erleidet, wieder ausgeglichen werden können.

Daß die Pasteur'sche Lösung diese Bedingungen genau erfüllt, kann man erproben, indem man einen oder den andern ihrer Bestandteile fortläßt und sich davon überzeugt, wie dieses Fortlassen das Wohlbefinden des *Saccharomyces* beeinflusst.

Läßt man den Zucker fort, so wachsen die Hefezellen und vermehren sich, aber mit großer Langsamkeit. Das beweist, daß Zucker zum Leben dieses Organismus nicht notwendig ist, sondern nur zur Erreichung des aktiven Lebenszustandes, welcher die Gärung begleitet. Ein Blick auf die Zusammensetzung der Pasteur'schen Lösung zeigt, daß dieselbe alle notwendigen Elemente auch ohne den Zucker liefert.

Fortlassen des weinsauren Ammoniaks ist verhängnisvoll; ohne daselbe wachsen die Zellen weder noch vermehren sie sich. Dies war jedoch genau vorherzusehen, denn abgesehen von dem Ammoniumtartrat enthält die Flüssigkeit keinen Stickstoff, und ohne diesen können die Protoplasmamolekel nicht hergestellt werden.

Merkwürdig ist es, daß die Phosphate des Kaliums und des Calciums ebenso notwendig sind; wenn auch nur in geringer Menge vorhanden, sind sie doch absolut unentbehrlich für das Wohlbefinden der Hefezellen, und ohne sie vermögen diese, wenn sie auch im Überflusse

mit Zucker und weinfaurem Ammoniak versehen sind, nicht zu leben. Man kann dies als einen Beweis dafür ansehen, daß Phosphor, Calcium und Kalium, wenn sie auch in fast unendlich kleinen Mengen vorhanden sind, dennoch einen integrierenden Teil des Protoplasmas von *Saccharomyces* bilden.

Endlich darf auch das Magnesiumsulfat nicht fortbleiben, wenn der Organismus gedeihen soll; ungleich den beiden andern Mineralbestandteilen ist es nicht absolut notwendig zum Leben, aber ohne dasselbe verlaufen die Lebensprozesse nur träge.

So kann man sich, wenn die Hefe in einer Flüssigkeit von bekannter Zusammenfassung wächst, genau überzeugen, welche Elemente und Verbindungen von Elementen für ihr Leben notwendig, welche vorteilhaft, aber nicht durchaus unentbehrlich, und welche überflüssig sind.

Die Art der Einwirkung des Wachstums und der Vermehrung der Hefe auf eine zuckerhaltige Flüssigkeit, oder mit andern Worten die Natur der alkoholischen Gärung, kann leicht durch einen einfachen Versuch mit der Pasteur'schen Lösung ermittelt werden. Eine Quantität der Lösung wird mit etwas Hefe in eine Flasche gebracht, deren Hals mit einem gebogenen Rohre verbunden ist, welches in ein Gefäß mit Kalkwasser oder Kalklösung führt. Wenn das gewöhnliche Entweichen der Kohlenäure (S. 57) beginnt, so gelangt das Gas durch das Rohr in das Kalkwasser und bewirkt einen sofortigen Niederschlag von kohlenfaurem Kalk in Gestalt eines weißen Pulvers, welches mit Säuren aufbraust. Dies beweist, daß das während der Gärung entwickelte Gas Kohlenäure ist, da kein anderes den Kalk als Carbonat fällt. Wenn die Gärung abgeschlossen ist, so läßt sich das Vorhandensein von Alkohol durch Destillation beweisen; man erhält eine farblose, scharfe und entzündliche Flüssigkeit.

Experimentiert man mit mehreren Flaschen dieser Art, so kann man sich überzeugen, daß die Gärung ebensowohl im Dunkeln, wie im Lichte vor sich geht und daß sie ganz unabhängig ist vom Vorhandensein freien Sauerstoffs. In der That findet dieser Prozeß nicht statt, wenn freier Sauerstoff — d. h. Sauerstoff in der Form aufgelösten Gases — in der Flüssigkeit vorhanden ist; es scheint daraus hervorzugehen, daß *Saccharomyces* im Stande ist, den Sauerstoff, den er, wie jeder andere Organismus, für seinen Stoffwechsel braucht, aus der ihm zugeführten Nahrung zu entnehmen.

Der Gärungsprozeß vollzieht sich am lebhaftesten zwischen 28 und 34° C.; bei höherer Temperatur verläuft er vergleichsweise langsam und bei 38° C. hört die Vermehrung auf.

Wird eine kleine Portion Hefe gekocht, so daß die Zellen getötet werden, und dann einer Flasche Pasteur'scher Lösung zugesetzt, so findet keine Gärung statt; hierdurch wird bewiesen, daß die Zersetzung des Zuckers nur durch lebende Hefezellen veranlaßt wird. Es scheint unzweifelhaft, daß die Eigenschaft, alkoholische Gärung hervorzurufen,

eine Funktion des lebenden Protoplasmas des Saccharomyces ist. Das Hefepflänzchen wird daher als ein organifiertes Ferment bezeichnet; wenn es in einer zuckerhaltigen Lösung wächst, so vollzieht es nicht nur die gewöhnlichen metabolischen Prozesse, welche für seine eigene Existenz notwendig sind, sondern es veranlaßt eine Zersetzung des vorhandenen Zuckers, ohne daß diese Zersetzung von einer entsprechenden Veränderung in dem Hefepflänzchen selbst begleitet wäre.

Im Zusammenhange hiermit muß erwähnt werden, daß es eine wichtige Gruppe nicht lebender Körper giebt, welche auffallende chemische Veränderungen in verschiedenen Substanzen hervorrufen, ohne daß sie selbst einer Veränderung unterliegen; diese bezeichnet man als nicht organifizierte Fermente. Ein wohlbekanntes Beispiel ist das Pepsin, welches man im Magenfaß der höheren Tiere findet und welches die Fähigkeit besitzt, Eiweißkörper in Peptone umzuwandeln (S. 9); seine Gegenwart im Körper der Mycetozen (S. 42) ist nachgewiesen, und vielleicht bewirkt dieses oder ein ähnliches peptonifizierendes oder proteolytisches Ferment diese Umwandlung in allen Organismen, welche die Fähigkeit besitzen, Eiweißstoffe zu verdauen. Ein anderes Beispiel liefert die Diastase, welche die Umwandlung von Stärke in Traubenzucker bewirkt; dieselbe ist gegenwärtig in keimender Gerste (S. 57), und eine unendlich kleine Quantität derselben kann ungeheure Mengen von Stärke umwandeln. Das Ptyalin unseres eigenen Speichels übt eine ähnliche Wirkung aus, und wahrscheinlich ist ein ähnliches diastatisches oder amylytisches Ferment im Körper der Mycetozen vorhanden, welche, wie wir sahen (S. 42), im Stande sind, gekochte Stärke zu verdauen.

## Achte Vorlesung.

# Bakterien.

---

Es ist eine allgemein bekannte Thatsache, daß gewisse feuchte organische Substanzen, z. B. Fleisch, Brühe, Milch u. dergl., wenn man sie bei mäsig warmer Temperatur einige Tage — je nachdem die Witterung warm oder kalt ist, mehr oder weniger lange — stehen läßt, verderben oder in Fäulnis übergehen; d. h. sie nehmen einen widrigen Geruch an, einen Geschmack, den wenige durch direkten Versuch festzustellen geneigt sein dürften, und oft ein sehr verändertes Aussehen.

Eine der für das Studium der Fäulniserrscheinungen geeignetsten Substanzen ist eine Heu-Infusion, welche man herstellt, indem man heißes Wasser auf eine Hand voll Heu gießt und die so erhaltene braune Flüssigkeit durch Fließpapier filtriert. Pasteur'sche Lösung kann ebenfalls benutzt werden, auch gut gekochte und filtrierte Hammelfleischbrühe oder überhaupt fast jede pflanzliche oder tierische Infusion.

Wenn man eine solche Flüssigkeit in ein Glasgefäß gebracht und, um das Hineinfallen von Staub zu hindern, mit einer Glas- oder Papierscheibe bedeckt hat, so wird man bemerken, daß die mit bloßem Auge wahrzunehmenden Fäulnisercheinungen mit großer Regelmäßigkeit auftreten.

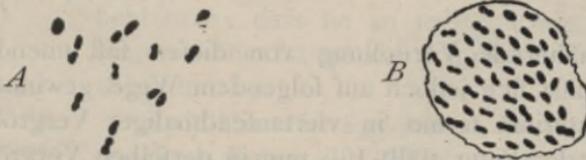
Die anfangs ganz helle und klare Flüssigkeit wird allmählich dick und trübe. Die Trübung nimmt zu und es bildet sich ein Schaum an der Oberfläche, zu gleicher Zeit entwickelt sich der Fäulnisgeruch und wird namentlich bei animalen Infusionen bald stark und unangenehm.

Der Schaum zerteilt sich, nachdem er eine merkliche Dicke erreicht hat, sinkt zu Boden und die Flüssigkeit klärt sich langsam wieder, indem sie von Neuem ganz durchsichtig wird und ihren schlechten Geruch verliert. Ist sie dem Lichte ausgesetzt, so erscheinen früher oder später Flecke von grünem Aussehen in derselben, welche von der Gegenwart mikroskopischer, chlorophyllhaltiger Organismen herrühren. Die Flüssigkeit hat im Wesentlichen die charakteristischen Eigenschaften eines gewöhnlichen stagnierenden Wassers angenommen und ist weiterer Fäulnis

durchaus nicht mehr fähig. Die ganze Reihe der Veränderungen kann mehrere Monate in Anspruch nehmen.

Mikroskopische Untersuchung zeigt, daß die frisch bereitete Flüssigkeit von Organismen und, wenn sie sorgfältig filtriert wurde, überhaupt von Fremdkörperchen irgend welcher Art frei ist. Aber das Ergebnis ist anders, wenn ein Tropfen der Flüssigkeit, in welcher die Trübung begonnen hat, unter starker Vergrößerung betrachtet wird. Die Flüssigkeit erscheint dann wimmelnd von unzählbaren Millionen kleiner Pünktchen, welche bei drei- bis vierhundertfacher Vergrößerung gerade eben sichtbar und fäntlich in lebhafter Bewegung begriffen sind.

Fig. 13.



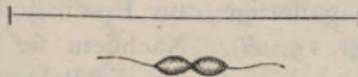
Bacterium termo. (Aus Klein.)

A bewegliches Stadium. B ruhendes Stadium oder Zoogloea.

Diese Pünktchen sind Bakterien, oder, wie sie zuweilen genannt werden, Mikroben oder Mikroorganismen, sie gehören zu der besondern Gattung und Art, welche *Bacterium termo* heißt.

Fig. 14.

$\frac{1}{100}$  mm.



*Bacterium termo* mit den Endgeißeln. Vergr. 4000. (Nach Dallinger.)

Unter der starken Vergrößerung eines gewöhnlichen Studiermikroskopes betrachtet, hat *Bacterium termo* das Aussehen, wie Fig. 13, A es darstellt; es gleicht einem kleinen Biskuit, d. h. es hat die Form eines in der Mitte eingeschnürten Stäbchens. Aber nur bei Anwendung der allerflärksten mikroskopischen Vergrößerungen kann seine genaue Form und sein Bau in befriedigender Weise erkannt werden: Man sieht dann, daß dasselbe aus einer kleinen Doppelspindel besteht (Fig. 14), welche weder Kern noch Vakuole, noch eine andere innere Struktur erkennen läßt. Es färbt sich sehr stark mit Anilinfarbstoffen, und dieser Umstand im Verein mit andern begründet die Annahme, daß die ganze Zelle aus Chromatin besteht, welches von einer außerordentlich dünnen, aus Cellulose bestehenden Membran bedeckt ist. Es kann daher als eine Zelle angesehen werden, welche nur aus Zellwand und Kern besteht, während der Zellkörper fehlt. An jedem Ende befindet sich eine Geißel, welche ungefähr ebenso lang ist wie die Zelle.

*Bacterium termo* ist viel kleiner, als irgend ein bisher von uns betrachteter Organismus, so klein, das man, da es immer leichter ist, mit ganzen Zahlen zu operieren, als mit Brüchen, seine Größe am besten ausdrückt, indem man den tausendsten Teil eines Millimeters, ein sogenanntes Mikromillimeter, als Maßeinheit wählt, welches durch das Symbol  $\mu$  bezeichnet wird. Die ganze Länge des in Rede stehenden Organismus beträgt 1,5 bis 2  $\mu$ , d. h. ungefähr  $\frac{1}{300}$  mm. Mit andern Worten, seine ganze Länge beträgt nicht mehr als ein Viertel des Durchmessers einer Hefezelle oder eines menschlichen Blutkörperchens. Der Durchmesser der Geißel wurde von Dallinger auf etwa  $\frac{1}{8} \mu$  oder  $\frac{1}{3000}$  mm geschätzt, eine Kleinheit, von der wir uns ebenso schwer wie von den Entfernungen der Fixsterne eine klare Vorstellung machen können.

Eine annähernde Vorstellung von diesen fast unendlich kleinen Dimensionen läßt sich jedoch auf folgendem Wege gewinnen: Fig. 14 zeigt ein *Bacterium termo* in viertausendmaliger Vergrößerung, der Maßstab über der Figur stellt  $\frac{1}{100}$  mm in derselben Vergrößerung dar. Die Höhe dieses Buches beträgt etwas mehr als 20 cm; das giebt, mit 4000 multipliziert, 80000 cm = 800 m. Wir erhalten somit folgende Proportion: Wie sich 800 m, oder etwa die  $8\frac{1}{2}$ fache Höhe der St. Paulskirche zu der Höhe des vorliegenden Bandes verhält, so verhält sich die Länge der Fig. 14 zu der des *Bacterium termo*.

Es wurde oben erwähnt, das sich in einem gewissen Stadium der Fäulnis an der Oberfläche der Flüssigkeit ein Schaum bildet. Dieses Schaumhäutchen besteht aus unzähligen unbeweglichen Bakterien, welche in eine durchsichtige, gallertige, aus Eiweißstoffen gebildete Substanz eingebettet sind (Fig. 13, B). Nachdem sie einige Zeit in beweglichem Zustande gelebt haben, steigen die Bakterien an die Oberfläche, verlieren ihre Geißeln und sondern die gelatinöse Substanz ab, in welcher sie dann eingebettet liegen. Die auf diese Weise gebildete Bakteriengallerte wird *Zoogloea* genannt. So besteht also bei *Bacterium termo*, wie bei so manchen der von uns studierten Organismen, ein Wechsel zwischen beweglichen und ruhenden Zuständen.

Während der ersten Stadien der Fäulnis ist *Bacterium termo* in der Regel der einzige Organismus, den man in der Flüssigkeit findet, aber später stellen sich noch andere Mikroben ein. Die gewöhnlichsten derselben werden durch die Gattungsnamen *Micrococcus*, *Bacillus*, *Vibrio* und *Spirillum* bezeichnet.

*Micrococcus* (Fig. 15) ist eine kleine Form, deren Zellen ungefähr 2  $\mu$  ( $\frac{1}{300}$  mm) im Durchmesser betragen. Er unterscheidet sich von *Bacterium* dadurch, das er nicht spindelförmig, sondern kugelig ist und kein bewegliches Stadium besitzt. Wie *Bacterium*, nimmt er die Form der *Zoogloea* an (Fig. 15, 4).

*Bacillus* wird häufig in faulenden Infusionen angetroffen, in denen der Verwesungsprozess seit einigen Tagen im Gange ist; wenn die Menge

deselben wächst, vermindert sich die des Bacterium termo, bis Bacillus die herrschende Form wird. Seine Zellen sind stabförmig und bei der gewöhnlichsten Art etwa  $6\ \mu$  ( $\frac{1}{170}$  mm) lang. Sowohl unbewegliche als bewegliche Formen wurden aufgefunden, die letzteren haben an jedem Ende eine Geißel. In den Zoogloeazustand gehen sie oft über, und man findet die Stäbchen häufig mit ihren Enden aneinander hängend, so dass sie Fäden bilden.

Fig. 15.



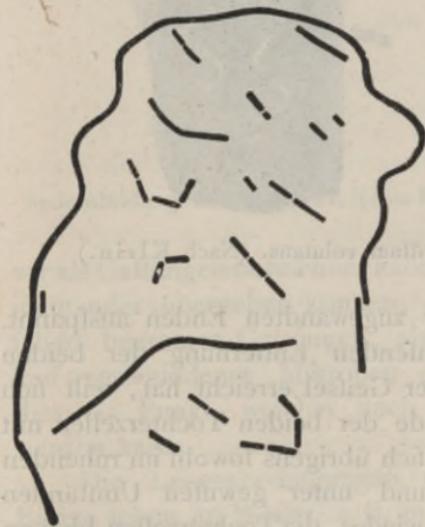
Mikrococcus.

1 einfache und doppelte (hantelförmige) Zellen, 2 und 3 Kettenform, 4 Zoogloea.

Vibrio ähnelt dem Bacillus, aber die stabförmigen Zellen (Fig. 17, A, a. f. S.) sind nicht gerade, sondern wellenförmig gekrümmt. Sie sind lebhaft beweglich und bei starker Vergrößerung sieht man, dass sie an jedem Ende eine Geißel tragen. Die Länge der Vibrionen schwankt von 8 bis zu  $25\ \mu$ .

Spirillum ist sogleich zu erkennen an seiner spiraligen Form; die Zellen gleichen kleinen Korkziehern (Fig. 17, B und C) und sind an jedem Ende mit einer Geißel versehen. Die kleineren Species, wie *S. tenue* (B), sind 2 bis  $5\ \mu$  lang, aber die größeren Formen, wie *S. volutans* (C), erreichen eine Länge von 25 bis  $30\ \mu$ . Während des Schwimmens scheint das Spirillum bei oberflächlicher Betrachtung sich wie ein Wurm oder eine Schlange zu krümmen. Dies ist jedoch eine optische Täuschung; die Spirale bleibt immer dieselbe, aber während der Fortbewegung dreht sie sich um ihre Längsachse, wie *Haematococcus* (S. 17), und diese doppelte Bewegung bringt den Schein schlängelnder Krümmung hervor.

Fig. 16.



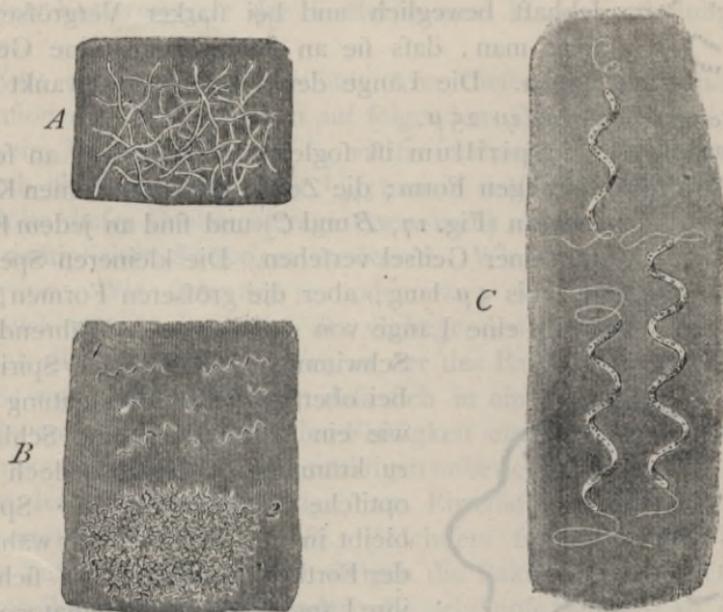
*Bacillus subtilis*, zeigt verschiedene Übergangsstadien zwischen Einzelformen und langen Fäden (*Leptothrix*).

*Bacillus subtilis*, welche auf Scheiben von gekochten Kartoffeln, hart gekochten Eiern u. dergl. m. wachsen und prachtvoll gefärbte Flecke bilden, und die gelbe Farbe, welche die Milch oft annimmt, wenn man sie längere Zeit hat stehen lassen, rührt von der Gegenwart des *Bacterium xanthinum* her.

Alle Bakterien vermehren sich durch einfache Querteilung, und dieser Prozess vollzieht sich bald während der beweglichen, bald während der unbeweglichen Periode. Häufig trennen sich die Tochterzellen nicht vollständig voneinander, sondern bleiben in lockerer Verbindung miteinander und bilden Ketten. Diese kommen sehr häufig bei gewissen Mikrococccenarten vor (f. Fig. 15).

Der Teilungsvorgang eines Bacillus gleicht einigermaßen dem der Heteromita: Die Mutterzelle teilt sich quer durch die Mitte, und die beiden Hälften rücken allmählich etwas auseinander, bleiben jedoch eine Zeitlang durch einen sehr feinen Protoplasmafaden in Verbindung,

Fig. 17.



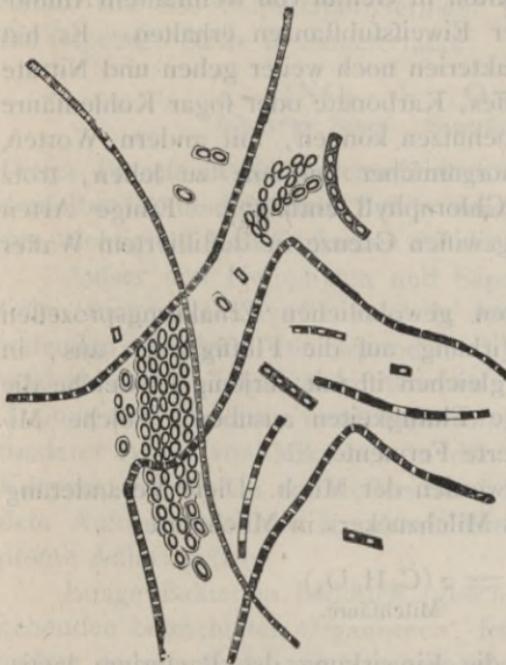
A Vibrio. B Spirillum tenue. C Spirillum volutans. (Nach Klein.)

welcher sich zwischen ihren einander zugewandten Enden ausspannt. Dieser verlängert sich bei der wachsenden Entfernung der beiden Zellen, bis er die doppelte Länge einer Geißel erreicht hat, teilt sich dann in der Mitte und verleiht so jede der beiden Tochterzellen mit einer neuen Geißel. Ein Bacillus kann sich übrigens sowohl im ruhenden als im beweglichen Stadium teilen, und unter gewissen Umständen wiederholt sich der Prozess wieder und wieder, die Tochterzellen bleiben im Zusammenhange und bilden einen langen, welligen oder gewundenen Faden, welcher als Leptothrix bezeichnet wird, und dessen einzelne Elemente nur durch Färbung deutlich sichtbar werden.

Bacillus vermehrt sich auch durch einen eigentümlichen Prozess der Sporenbildung, welcher sich entweder an einer gewöhnlichen ruhenden Form oder an einem Leptothrixfaden vollziehen kann. Ein heller Fleck erscheint an einer Stelle im Protoplasma (Fig. 18), dieser

nimmt an Gröfse zu. Der gröfste Teil des Protoplasmas wird bei feiner Vergröfserung verbraucht und endlich nimmt er die Form einer hellen, ovalen Spore an, welche einige Zeit in der Zellwand des Bacillus eingeschlossen bleibt, bis sie schliesslich dieselbe durchbricht und ins Freie gelangt. Sporen dieser Art nennt man Endosporen. Bei andern Bakterien bilden sich Sporen direkt aus den gewöhnlichen Zellen, welche dickwandig werden (Arthrosporen). Die Sporen unter-

Fig. 18.



Sporenbildung bei Bacillus. (Aus Klein.)

scheiden sich von den Bacillen dadurch, dass sie durch Anilinfarbstoffe nicht gefärbt werden. Nach einer Ruheperiode keimen die Sporen unter günstigen Bedingungen, indem sie an einem Ende wachsen, so dass sie stabförmig werden, und endlich die Form gewöhnlicher Bakterien annehmen. Es gibt noch andere, meist zu den Bakterien gezählte Gattungen, in Bezug auf deren Beschreibung der Leser auf die specielleren Werke verwiesen wird<sup>1)</sup>. Eine Bemerkung müssen wir jedoch zum Schlusse dieser kurzen Darstellung der Morphologie dieser Gruppe noch machen. Es ist in hohem Grade wahrscheinlich, dass die Formen, welche wir als Gattungen bezeichnet haben (Bacterium, Bacillus, Spirillum u. f. w.), ineinander übergehen können, und daher nicht sowohl als wirkliche, scharf begrenzte Gattungen, als vielmehr als Phasen in dem Lebenslauf verschiedener Mikroben angesehen werden müssen. Doch ist dies ein Punkt, welcher noch nicht als völlig aufgeklärt betrachtet werden kann.

Die Lebensbedingungen der Bakterien sind sehr verschieden. Einige leben im Wasser, z. B. in stagnierenden Teichen, und von diesen enthalten, wie bereits bemerkt (S. 65), drei Species Chlorophyll. Die Ernährung solcher Arten muss begreiflicherweise holophytisch sein, und

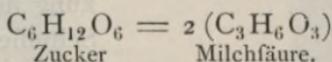
<sup>1)</sup> Vergl. besonders A. de Bary, Vergleichende Morphologie und Biologie der Pilze, Mycetozen und Bakterien. Leipzig 1884. — De Bary, Vorlesungen über Bakterien. Ebenda. 1887. — Klein, Micro-organisms and disease. London 1886.

bei *Bacterium chlorinum* ist die Abgabe von Sauerstoff im Sonnenlichte wirklich beobachtet.

Aber diese Ernährungsweise ist selten unter den Bakterien; fast alle, deren wir Erwähnung gethan haben, sind Saprophyten, d. h. sie leben von in Zerfetzung begriffenen tierischen und pflanzlichen Stoffen. Diese ernähren sich in der That auf dieselbe Weise wie Heteromita (vergl. S. 28). Manche dieser Formen, wie *Bacterium termo*, Arten von *Bacillus*, *Vibrio* u. a. gedeihen jedoch auch in Pasteur'scher Lösung, in welcher sie ihren Stickstoff in Gestalt von weinsaurem Ammoniak, nicht in Form zerfallender Eiweißsubstanzen erhalten. Es hat sich auch gezeigt, dass einige Bakterien noch weiter gehen und Nitrate als Bezugsquellen ihres Stickstoffes, Karbonate oder sogar Kohlenäure als Quelle ihres Kohlenstoffes benutzen können, mit andern Worten, im Stande sind, völlig von anorganischer Substanz zu leben, trotz der Thatfache, dass sie kein Chlorophyll enthalten. Einige Arten können sich sogar bis zu einer gewissen Grenze in destilliertem Wasser vermehren.

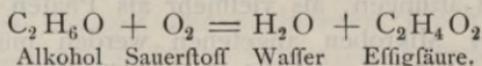
Gleichen Schrittes mit ihren gewöhnlichen Ernährungsprozessen üben manche Bakterien eine Wirkung auf die Flüssigkeiten aus, in welchen sie leben, welche zu vergleichen ist mit derjenigen, welche die Hefepflänzchen auf zuckerhaltige Flüssigkeiten ausüben. Solche Mikroben sind in der That organisierte Fermente.

Jedermann kennt das Sauerwerden der Milch. Diese Veränderung beruht auf der Umwandlung des Milchzuckers in Milchsäure:



Die Umwandlung wird durch die Einwirkung des *Bacterium lactis*, eines dem *Bacterium termo* sehr ähnlichen Mikroben, hervorgerufen.

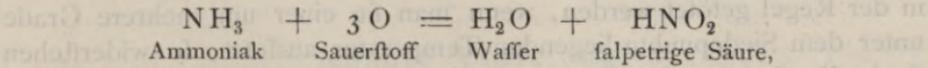
Bier und Wein sind zwei andere Flüssigkeiten, welche häufig fauer werden. In diesem Falle vollzieht sich eine Umwandlung des Alkohols in Essigsäure, welche durch folgende Gleichung dargestellt wird:



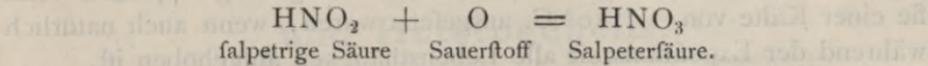
Das Ferment ist hier *Bacterium aceti*, oft auch *Mycoderma aceti* oder »Essigmutter« genannt. Es ist zu bemerken, dass in diesem Falle Sauerstoff bei der Reaktion beteiligt ist, es ist ein Fall von Gärung durch Oxydation.

Die Fäulnis selbst ist ein anderes Beispiel einer durch Mikroben hervorgerufenen Gärung. *Bacterium termo* — das Fäulnisferment — veranlasst den Zerfall der Eiweißkörper in einfache Verbindungen, unter denen sich Gase, wie Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ), Schwefelwasserstoff ( $\text{H}_2\text{S}$ ) und Schwefelammonium [ $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ ] befinden, deren Entwicklung den charakteristischen Fäulnisgeruch hervorruft.

Das Schlufsstadium der Fäulnis ist die Bildung von Nitraten und Nitriten. Der Vorgang ist ein doppelter, und beide Stadien deselben werden von befondern Bakterienformen hervorgerufen. Zuerst wird unter dem Einflusse des Salpetrigäurefermentes Ammoniak in falpetrige Säure umgewandelt:



darauf tritt das Salpeteräureferment in Wirksamkeit und verwandelt die falpetrige Säure in Salpeteräure:



Dieser Prozeß ist ein auferordentlich wichtiger, da der Boden durch denselben beständig frische Zufuhr von Salpeteräure erhält, welche eine der wichtigsten Nährsubstanzen für die Pflanzen ist.

Außer den Holophyten und Saprophyten zählt man zu den Bakterien auch viele Parafiten, d. h. Arten, welche sich nicht von verwesenden, sondern von lebenden Organismen nähren. Manche der verderblichsten Infektionskrankheiten, wie Tuberkulose, Diphtheritis, Typhus und Cholera, werden hervorgerufen durch die Gegenwart befonderer Arten von Mikroben in den Geweben oder Flüssigkeiten des Körpers, welche sich auf Kosten der betroffenen Teile ernähren und zu dem Auftreten der die Krankheit kennzeichnenden krankhaften Symptome Anlaß geben.

Einige Bakterien bedürfen, gleich der Mehrzahl der im Vorhergehenden betrachteten Organismen, freien Sauerstoff für ihre Existenz; andere jedoch sind, wie *Saccharomyces*, während der lebhaften Gärung (vergl. S. 60) ganz unabhängig von freiem Sauerstoff und müssen demnach im Stande sein, den Sauerstoff, ohne welchen ihre Stoffwechselprozesse sich nicht vollziehen können, aus in den Flüssigkeiten, in welchen sie leben, enthaltenen Verbindungen zu beziehen. Die Bakterien werden aus diesem Grunde eingeteilt in aërobische Arten, welche freien Sauerstoff brauchen, und anaërobische, welche denselben nicht brauchen.

Was die Temperatur anbetrifft, so zeigt alltägliche Beobachtung, daß Bakterien nur innerhalb gewisser Grenzen derselben gedeihen. Wir wissen beispielsweise, daß organische Substanzen dadurch vor Fäulnis bewahrt werden können, daß man sie auf dem Gefrierpunkte oder in der Nähe des Siedepunktes erhält. Ein wichtiger Zweig der neueren Industrie, der Handel mit gefrorenem Fleisch, beruht auf der Thatfache, daß die Fäulnis erregenden Bakterien, gleich andern Organismen, durch das Gefrieren aufer Wirksamkeit gesetzt werden, und jede Hausfrau weiß, wie leicht man der Fäulnis durch Braten oder Kochen vorbeugen kann. Ebenso ist es eine Thatfache allgemeinsten Erfahrung, daß eine mäsig hohe Temperatur für diese Organismen vorteilhaft ist,

da bekanntlich die Hitze des Sommers oder der Tropenländer die Fäulnis begünstigt. In Bezug auf *Bacterium termo* hat sich herausgestellt, daß sein Temperaturoptimum zwischen  $30$  und  $35^{\circ}$  C. liegt, doch gedeiht die Mikrobe zwischen  $5$  und  $40^{\circ}$  C.

Wenn auch völlig entwickelte Bakterien, gleich andern Organismen, in der Regel getötet werden, wenn man sie einer um mehrere Grade unter dem Siedepunkte liegenden Temperatur aussetzt, so widerstehen doch die Sporen einiger Arten, wenigstens eine begrenzte Zeit hindurch einer viel größeren Hitze — sogar einer solchen von  $130^{\circ}$ . Andererseits behalten Fäulnisbakterien ihre Entwicklungsfähigkeit, auch wenn sie einer Kälte von  $-110^{\circ}$  C. ausgesetzt waren, wenn auch natürlich während der Expositionszeit alle Lebensthätigkeit aufgehoben ist.

Auch darin gleichen die Bakterien andern Organismen, daß sie unfähig sind, ihr aktives Leben ohne hinlängliche Wasserzufuhr fortzusetzen; vollkommen trockene Substanzen faulen niemals. Die Jahrhunderte lange Erhaltung getrockneter Tierkörper in Ländern wie Ägypten und Peru beruht wenigstens ebenföhr auf der Trockenheit der Luft als auf den beim Einbalsamieren gebrauchten Antiseptics.

Zum größten Teil sind die Bakterien gegen das Licht unempfindlich, da sie in gleicher Weise im Dunkeln und bei gewöhnlichem Tageslichte gedeihen. Manche derselben können jedoch ein längeres Einwirken des direkten Sonnenlichtes nicht vertragen, und es hat sich die Möglichkeit erwiesen, die Fäulnis einer organischen Infusion durch In-folation zum Stillstand zu bringen, d. h. dadurch, daß man sie der direkten Einwirkung der Sonnenstrahlen aussetzte. Es ist ebenso nachgewiesen, daß es die Lichtstrahlen und nicht die Wärmestrahlen sind, welche dem Leben der Mikroorganismen so schädlich sind.

## Neunte Vorlesung.

# Biogenefis und Abiogenefis. Homogenefis und Heterogenefis.

Das Studium der bisher besprochenen Lebewefen und besonders das der Bakterien, der kleinsten und wahrscheinlich einfachsten aller bekannten Organismen, führt uns naturgemäfs zur Betrachtung eines der wichtigsten Probleme der Biologie, des Problems von dem Ursprung des Lebens.

Von allen höheren Organismen wissen wir, dafs jedes Individuum auf einem oder dem andern Wege von einem früher existierenden Individuum abstammt; niemand zweifelt daran, dafs jeder jetzt lebende Vogel durch einen Entwicklungsprozefs aus einem Ei hervorgegangen ist, welches im Körper eines Muttervogels sich bildete, und dafs jeder jetzt wachsende Baum seinen Ursprung aus einem Samenkorn oder aus einer Knofpe genommen hat, welche von einer Mutterpflanze hervorgebracht wurde. Aber es hat immer — bis in die neueste Zeit — Verfechter der Ansicht gegeben, dafs die niederen Lebewefen, Bakterien, Monaden u. dergl. unter gewissen Umständen unabhängig von vorher existierenden Organismen entstehen könnten; dafs beifpielsweise in einer Flasche mit Heuinfusion oder Hammelfleischbrühe, welche bis zum Absterben jedes in ihr enthaltenen lebenden Körpers erhitzt wurde, neue Lebewefen *de novo* entstehen, im wahren Sinne des Wortes dort und zu der Zeit erschaffen werden können.

Wir haben demnach zwei Theorien über die niederen Organismen: Die Theorie der *Biogenefis*, derzufolge jedes lebende Wefen, so einfach es auch immer sei, durch einen natürlichen Vorgang der Knofpfung, Teilung, Sporenbildung oder dergl. aus einem elterlichen Organismus hervorgeht; und die Theorie der *Abiogenefis*, oder wie sie auch wohl genannt wird, der *Urzeugung* oder *Generatio aequivoca*, nach welcher unter Umständen völlig ausgebildete Lebewefen aus unbelebter Materie entstehen sollen.

In früheren Zeiten wurde das Vorkommen von Abiogenefis allgemein angenommen. Der Ausdruck, dafs ein Stück Fleisch »Maden

erzeugt« habe, die Meinung, daß Parasiten, wie die Gallinfekten der Pflanzen oder die Bandwürmer im Darm der Tiere, an den Orten, wo man fie findet, entftanden feien, der noch hier und da auf dem Lande feftgehaltene Glaube an das Vorkommen von Frofchregen oder an die Verwandlung ins Waſſer geworfener Pferdehaare in Aale, — alles dies deutet auf ein Überleben folcher Anfchauungen.

Ariſtoteles, einer der größten Männer der Wiſſenſchaft im Altertume, erörtert die Abiogenefis ausführlich. Er giebt an, daß einige Tiere »aus faulenden Stoffen entſtehen«, daß gewiſſe Inſekten »aus dem Tau geboren werden, der auf die Pflanzen fällt«, daß Fadenwürmer »im Schlamm ſtehender und fließender Gewässer«, daß Fliegen »in fehr kleinen Teilchen verdorbener Subſtanzen« ihren Urſprung nehmen, daß Wanzen hervorgehen »aus der Feuchtigkeit, die ſich am Körper der Tiere ſammelt, Läufe aus dem Fleiſch anderer Geſchöpfe«.

Vor wenig mehr als 200 Jahren äußerte ſich ein gewiſſer Alexander Rofs in einer Erörterung des von Sir Thomas Browne ausgeſprochenen Zweifels, »ob Mäuse durch Fäulnis entſtehen könnten«, folgendermaßen: »Ebenſo kann er daran zweifeln, daß im Käſe und im Holz Würmer entſtehen, oder Käfer und Weſpen im Kuhdünger; oder daß Schmetterlinge, Heupferde, Grashüpfer, Schaltiere, Schnecken, Aale u. dergl. aus faulenden Stoffen hervorgehen, welche im Stande ſind, die Form des Geſchöpfes anzunehmen, für welche ſie durch ihre Bildungskraft empfänglich ſind. Dies bezweifeln, heißt Vernunft, Sinn und Erfahrung bezweifeln. Wenn er daran zweifelt, ſo laßt ihn nach Ägypten gehen, und er wird finden, daß dort die Felder von Mäufen wimmeln, welche der Nilſchlamm, zum großen Nachteil der Bewohner, hervorbringt.«

In dem Maße, als genaue Forſchungen über dieſe Fragen angeſtellt wurden, verminderte ſich raſch die Zahl der Fälle, in denen man das Vorkommen der *Generatio aequivoca* vermutete. Es war eine einfache Sache — ſobald man erſt darüber nachdachte —, zu beweifen, wie Redi dies im Jahre 1638 that, daß Maden niemals vom Fleiſch »erzeugt« würden, wenn man die Fliegen durch Drahtnetze abhielt, ihre Eier an daselbe zu legen. Weit ſchwieriger war die, gleichfalls im ſiebzehnten Jahrhundert in Angriff genommene Aufgabe, nachzuweiſen, daß Parasiten, wie z. B. Bandwürmer, ſich aus Eiern entwickeln, welche mit der Nahrung aufgenommen werden; aber Schritt für Schritt wurde dieſe Behauptung erwieſen, ſo daß kein Menſch von irgend welcher wiſſenſchaftlichen Bildung noch dem abiogenetiſchen Urſprung der höher organiſierten Tiere mehr Glauben ſchenkt, als etwa dem Frofchregen oder der Abſtammung der Gänſe von den Entenmuſcheln.

Aber in ein neues Stadium trat dieſe Frage mit der Erfindung des Mikrokopes. Im Jahre 1683 entdeckte Antony van Leeuwenhoek die Bakterien, und bald ſtellte es ſich heraus, daß, wie ſorgfältig man auch das Fleiſch durch Schirme oder eine Infuſion durch

Aufbewahren in wohl verkorkten oder verstopften Flaſchen beſchützte, dennoch überall früher oder ſpäter Fäulnis eintrat, und immer begleitet war von der Entwicklung von Myriaden von Bakterien, Monaden und andern Organismen. Es konnte nicht Wunder nehmen, daß manche Männer der Wiſſenſchaft, in Anbetracht der Schnelligkeit, mit welcher ſie dieſe Organismen auftreten ſahen, zu der Überzeugung gelangten, daß dieſelben abiogenetiſchen Urſprungs ſeien.

Betrachten wir genau, was dies ſagen will. Nehmen wir an, wir haben ein Gefäß mit einer Heu-Infuſion und in derſelben ein einzelnes Bakterium. Das Mikrobium wird Nahrungsflüſſigkeit aufnehmen und dieſelbe in neues Protoplasma umſetzen; es wird ſich wiederholt teilen und, indem ſeine Nachkommen dieſen Prozeß wiederholen, wird das Gefäß in Kurzem Millionen von Bakterien ſtatt des einen enthalten. Das will natürlich ſagen, daß ein gewiſſer Betrag neuen lebenden Protoplasmas aus den Beſtandteilen der Heu-Infuſion hergeſtellt wurde, in erſter Inſtanz durch Vermittelung eines einzigen lebenden Bakteriums. Da entſteht naturgemäß die Frage: Weshalb kann die Bildung von Protoplasma nicht unabhängig von dieſer ſo geringfügigen Menge lebender Materie ſtattfinden?

Man darf nicht glauben, daß dieſe Frage eine irgendwie unbegründete oder thörichte ſei. Daß lebendes Protoplasma zu irgend einer Zeit der Weltgeſchichte aus unbelebter Materie entſtanden iſt, erſcheint als notwendige Folgerung der Entwicklungstheorie und iſt ſelbſtverſtändlich der eigentliche Kern der Hypothefe der Einzelschöpfung, und es beſteht a priori kein Grund, weshalb es unmöglich ſein ſollte, die unbekanntem Bedingungen, unter welchen dieſes ſtattfand, nachzuahmen. Augenblicklich jedoch verfügen wir durchaus nicht über Thatſachen, welche eine Löſung dieſes Fundamentalproblems anbahnen.

Aber ſo unlösbar die Frage nach der erſten Entſtehung des Lebens auf unſerm Planeten ſein mag, der Urſprung der Lebeweſen in gegenwärtiger Zeit iſt der Erforſchung auf dem gewöhnlichen Wege der Beobachtung und des Experimentes zugänglich. Das Problem kann folgendermaßen formuliert werden: Irgend eine in Fäulnis begriffene Infuſion — d. h. eine fäulniſfähige Flüſſigkeit — findet man nach kürzerer oder längerer Zeit wimmelnd von Bakterien und Monaden; gelangen nun dieſe Organismen, oder die Sporen, aus denen ſie ſich zuerſt entwickeln, von außen in die Infuſion, oder werden ſie innerhalb derſelben erzeugt? Und die allgemeine Art und Weiſe, in welcher eine Unterſuchung dieſer Frage anzustellen wäre, iſt einfach: gegeben ſei ein Gefäß mit irgend einer fäulniſfähigen Infuſion; man unterwerfe dieſelbe einem Prozeß, welcher alle in ihr enthaltenen Lebeweſen vernichtet, ohne derſelben die Fähigkeit zu rauben, das Leben zu unterhalten; man laſſe ſie dann unter ſolchen Umſtänden ſtehen, daß kein lebender Körper, und ſei er noch ſo klein, von außen hineingelangen kann. Wenn, nach ſtrenger Erfüllung dieſer beiden Bedingungen, doch lebende

Organismen in der Flüssigkeit auftreten, fo müffen diese Organismen auf abiogenetifchem Wege entftanden fein.

Um jedes in der Flüssigkeit enthaltene Mikrobium zu töten, genügt es in der Regel vollftändig, dieselbe gründlich zu kochen. Wie wir gefehen haben, verfällt das Protoplasma schon bei einer beträchtlich unter dem Siedepunkte des Wassers gelegenen Temperatur der Wärmerstarre, fo dafs mit einer Ausnahme — auf welche wir fogleich zurückkommen werden — ein wenige Minuten dauerndes Aufkochen genügt, um alle gewöhnlichen Infusionen zu sterilifiren, d. h. alle Organismen, welche sie enthalten mögen, zu töten.

Nun gilt es, das Eindringen von Organismen oder deren Sporen von aufsen her zu verhindern. Dies kann auf verschiedenen Wegen gefchehen. Einer derselben ist der, dafs man eine Flasche wählt, deren Hals in eine sehr schmale Röhre ausgezogen ist, die Flüssigkeit derselben hinlänglich lange zu kochen und dann, noch während des Kochens, das Ende der Röhre zu verschließen, indem man das Glas in der Flamme eines Bunsen'schen Brenners oder einer Spirituslampe zuschmilzt und fo die Flasche hermetisch absperrt.

Auf diese Weise werden nicht allein die Organismen und deren Sporen von der Flasche abgehalten, sondern auch die Luft. Aber dies ist offenbar unnötig; es ist klar, dafs man der Luft durchaus ohne Bedenken den Zutritt zur Flüssigkeit gestatten darf, wenn dieselbe nur filtrirt werden kann, indem sie durch irgend eine Substanz hindurchgeht, welche alle festen Körper, fo klein sie auch immer sind, und also natürlich auch Bakterien, Monaden und deren Sporen zurückhält.

Ein völlig ausreichendes Filter für diese Zwecke liefert uns die Baumwolle. Eine Flasche oder ein Reagenzgläschen wird teilweise mit der Infusion gefüllt; die letztere wird gekocht und während des Kochens die Mündung des Gefäßes mit Baumwolle verstopft, bis diese einen langen und festen Pfropfen bildet (Fig. 19). Wenn man nun die Wärmequelle entfernt und infolge des Abkühlens der Flüssigkeit der Dampf, welcher den oberen Teil des Glases erfüllt, sich verdichtet, fo dringt an seiner Stelle Luft ein, aber während des Einströmens wird sie auch der kleinsten festen Teilchen beraubt, da sie durch die engen Maschen der Baumwolle hindurchpassiren mufs.

Es ist seit vielen Jahren bekannt, dafs mit besonderer Sorgfalt angeftellte Versuche dieser Art in der grofsen Mehrzahl der Fälle negative Resultate lieferten; die Flüssigkeiten blieben beliebig lange Zeit vollkommen steril. Aber in gewissen Fällen sah man ungeachtet der sorgfältigsten Vorkehrungen doch Bakterien in solchen Flüssigkeiten auftreten, und Jahre hindurch bestand ein heftiger Streit zwischen den Anhängern der Biogenefis und der Abiogenefis, indem die letzteren behaupteten, dafs die betreffenden Versuche das Vorkommen von Urzeugung beweifen, während die Biogenetiker der Ansicht waren, dafs alle solche Fälle durch Mängel in den Methoden veranlafst seien — entweder durch unvollkommene

Sterilifizierung der Flüssigkeit, oder durch unvollkommenen Abschluss des die Keime enthaltenden atmosphärischen Staubes.

Die Frage wurde schliesslich zu Gunsten der Anhänger der Biogenese entschieden durch die wichtige Entdeckung, dass die Sporen der Bakterien und Monaden nicht getötet wurden durch eine Temperatur, welche um viele Grade höher ist, als diejenige, welche genügt, um die erwachsenen Formen zu zerstören; dass in der That, während die völlig entwickelten Organismen zu Grunde gehen, wenn sie einige Minuten einer Temperatur von  $70^{\circ}$  C. ausgesetzt werden, die Sporen häufig im Stande sind, mehrstündiges Kochen zu überdauern, und bis auf  $130$  bis  $150^{\circ}$  C. erhitzt werden müssen, wenn man ihrer Vernichtung sicher sein will. Ebenso ergab sich, dass die Sporen um so schwerer zu töten waren, je mehr sie ausgetrocknet waren, gerade so wie gut getrocknete Erbsen von einem Grade des Kochens, welcher ausreicht, um die frischen in Brei zu verwandeln, kaum angegriffen werden.

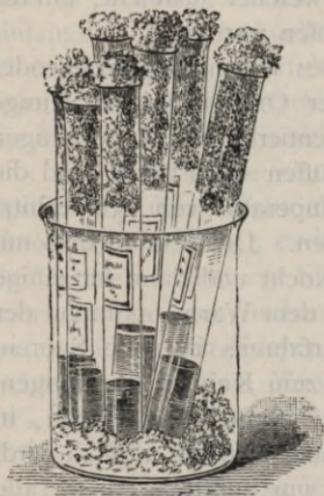
Die Entdeckung von der hohen Lage des Wärmetempunktes oder der Ultramaximaltemperatur der Sporen dieser Organismen hat einige besondere Vorichtsmaassregeln beim Experimentieren mit säulnisfähigen Infusionen notwendig gemacht. Zunächst müssen die Flasche und die Baumwolle beide in einem Ofen bis zur Temperatur von  $150^{\circ}$  erhitzt und auf diese Weise wirklich sterilisiert werden. Die gefüllte und mit Baumwolle verschlossene Flasche wird gut gekocht und dann für einige Stunden einer Temperatur von  $32$  bis  $38^{\circ}$  C., dem Wärmeoptimum der Bakterien, ausgesetzt. Der Zweck dieses Verfahrens ist, alle Sporen, welche durch das Kochen nicht getötet sind, zum Keimen zu bringen, mit andern Worten, sie in den entwickelten Zustand überzuführen, in welchem die Temperatur des kochenden Wassers für sie tödlich wird. Dann wird die Infusion noch einmal gekocht, um auf diese Weise alle solche etwa in ihr enthaltenen frisch gekeimten Formen zu zerstören. Dasselbe Verfahren wird noch ein- oder zweimal wiederholt, und das Endergebnis ist, dass auch die allertrockensten und widerstandsfähigsten Sporen zum Keimen gebracht und dann getötet werden. Es darf dabei nicht vergessen werden, dass wiederholtes Kochen die Flüssigkeit nicht unfähig macht, Lebensprozesse zu unterhalten, wie man dies sehen kann, wenn man den Baumwollpfropfen entfernt; in kurzer Zeit wird die Flüssigkeit von Mikroben wimmeln.

Verfuche, welche unter Beobachtung dieser Vorichtsmaassregeln ausgeführt werden, erzählen uns alle dieselbe Geschichte: sie beweisen bündig, dass in wirklich sterilisierten säulnisfähigen Infusionen, welche in geeigneter Weise gegen das Eindringen atmosphärischer Keime geschützt sind, niemals Mikroorganismen auftreten. So hat sich also der letzte Beweis für die Abiogenese als trügerisch erwiesen, und es hat sich gezeigt, dass die Lehre von der Biogenese allgemeine Gültigkeit besitzt, sofern die vorhandenen, uns bekannten Bedingungen in Betracht kommen.

Wir müffen auch hinzufügen, dafs die Gegenwart beträchtlicher Mengen von Mikroben in unserer Atmosphäre experimentell bewiefen ift. Profeffor Percy Frankland zeigte, indem er Luft durch Röhren hindurchftreichen liefs, welche mit fester Nährfubftanz beftriehen waren, dafs die Luft von South-Kensington auf 10 Liter etwa 35 Mikroorganismen enthielt, und indem er kreisförmige Scheiben, die mit derfelben Subftanz überzogen waren, der Luft aussetzte, vermochte er weiterhin zu zeigen, dafs an demfelben Orte in einer Minute 279 Mikroben auf eine Oberfläche von einem Quadratfufs [engl.] niederfallen.

Es giebt noch eine andere Frage, welche mit der Frage der Biogenefis eng verbunden, wenn auch, genau genommen, von diefer unabhängig ift. Es ift eine allenthalben zu beobachtende Thatfache, dafs fowohl im Tierreich als im Pflanzenreich Gleiches Gleiches erzeugt; dafs ein Ableger einer Weide nicht zu einem Eichbaum heranwächft, noch auch eine Schlange aus einem Hühnerei ausfchlüpft. Mit andern Worten, die gewöhnliche Beobachtung lehrt uns die allgemeine Wahrheit des Gefetzes der Homogenefis.

Fig. 19.



Ein Becherglas mit einer Anzahl Reagenzgläschen, welche fäulnisfähige Infusionen enthalten und mit Baumwollpfropfen verſchloffen ſind. (Aus Klein.)

Aber es hat ſich immer ein Überbleibfel des Glaubens an die entgegengefetzte Lehre, die der Heterogenefis, erhalten, derzufolge die Nachkommen eines gegebenen Tieres oder einer Pflanze durchaus verſchieden ſein können von dieſem ſelbſt, indem eine Pflanze ein Tier hervorbringe und umgekehrt, dafs eine niedere Pflanze oder ein niederes Tier ein höheres erzeuge u. ſ. w. Vielleicht der extremſte Fall von Heterogenefis, an welchen man einft ernſtlich gläubte, ift der von der Bernickelgans.

Knospen eines eigentümlichen, in der Nähe des Meeres wachfenden Baumes ſollten, wie man ſagte, Entenmuſcheln<sup>1)</sup> hervorbringen, welche ins Waſſer fielen und ſich dort zu Gänfen entwickelten. Das klingt abſurd genug, aber innerhalb der letzten zwanzig Jahre haben

<sup>1)</sup> Die ſogenannten Entenmuſcheln ſind krebsartige Tiere, welche in die Gruppe der Rankenfüſſer oder Cirrhipedien gehören. Der Körper derſelben wird von einer aus Kalkſtücken zuſammengeſetzten Schale umgeben und erſcheint daher bei flüchtiger Betrachtung muſchelähnlich. Zwischen den Schalen ragen ſechs Paar rankenförmiger Füſſe hervor, das Kopfende verlängert ſich in einem muskulöſen Stiel, mittels deſſen die Tiere am Boden feſtgeheftet ſind. Anm. d. Überſetzers.

zwei oder drei wissenschaftliche Forscher als Ergebnis ihrer wiederholten Beobachtungen das Vorkommen ganz ähnlicher Dinge unter den mikroskopischen Organismen beschrieben. So sollten z. B. aus den Blutkörperchen der Seidenraupe Pilze, aus dem Protoplasma der grünen Nitellapflanze (vergl. Fig. 45) Amöben und Infusorien (vergl. S. 80), aus Euglenen Fadenwürmer sich entwickelt haben u. f. f.

Es ist bekanntermaßen schwierig, einen negativen Beweis zu führen, und es möchte nicht leicht sein, zu beweisen, wovon alle fachkundigen Naturforscher fest überzeugt sein müssen, daß jeder dieser angeblichen Fälle von Heterogenefis entweder auf Irrthümer in der Beobachtung, oder auf falsche Schlußfolgerungen aus richtigen Beobachtungen sich gründet.

Greifen wir einen einzelnen Fall als Beispiel heraus. Vor vielen Jahren beobachtete Dr. Dallinger unter einer Anzahl Vorticellen oder Glockentierchen (Fig. 26) eins, welches sich auf seinem Stiel zu encystieren schien. Nachdem er daselbe einige Zeit beobachtet hatte, sah er aus der Cyste ein frei schwimmendes, bewimpertes Infusor, genannt *Amphileptus*, auschlüpfen, nicht unähnlich einem langhalfigen *Paramaecium* (Fig. 20, S. 81). Manche Beobachter würden dies als einen offenbaren Fall von Heterogenefis registriert haben; Dallinger verzeichnete die Beobachtung einfach und wartete. Zwei Jahre später war der Vorfall erklärt: er fand dieselben zwei Species in einem Gewässer und beobachtete, wie ein *Amphileptus* eine *Vorticella* ergriff und verzehrte, und nach Beendigung seiner Mahlzeit sich auf dem Stiel seines Opfers einkapfelte.

Es ist klar, daß der einzige Weg, auf welchem ein Fall von Heterogenefis bewiesen werden könnte, der wäre, daß man wirklich die Umwandlung beobachtet, und das hat kein Heterogenetiker jemals gethan; höchstens wurden gewisse angebliche Übergangsstadien zwischen den extremen Formen beobachtet — sagen wir, zwischen einer Euglena und einem Fadenwurm — und der Vorgang im übrigen erschlossen. Andererseits wurden unzählige Beobachtungen gemacht, sowohl an diesen als an andern Organismen, deren Ergebnis war, daß jede unterfuchte Species eine bestimmte Reihe von Veränderungen durchmacht, deren letztes Ergebnis in allen Fällen ein Organismus ist, der in allen wesentlichen Beziehungen dem, welcher den Ausgangspunkt der Untersuchungen bildet, gleicht; Euglenen bringen immer Euglenen hervor und nichts anderes, Bakterien erzeugen Bakterien und nichts anderes u. f. w.

Es giebt manche Fälle, welche man bei unvollständiger Kenntnis als Heterogenefis deuten könnte, wie z. B. die Abstammung der Frösche von Kaulquappen, oder der Quallen von Polypen (vergl. Vorlesung XXIII Fig. 53), aber in diesen und vielen andern Fällen haben sich die anscheinend regelwidrigen Verwandlungen als Teile eines normalen und unveränderlichen Kreislaufes von Umbildungen erwiesen, welche der Organismus im Verlaufe seiner Entwicklung durchmacht; der Frosch er-

zeugt immer schliesslich wieder einen Frosch, die Qualle eine Qualle. Wenn ein Frosch einmal eine Kaulquappe hervorbrächte, ein anderes Mal eine Forelle, ein drittes Mal einen Wurm; wenn Quallen zuweilen Polypen erzeugten, zuweilen Infusorien, zuweilen Tintenfische, und alles dies ohne irgend welche regelmässige Aufeinanderfolge: — das würde Heterogenefis sein.

Es ist vielleicht kaum nötig, den Leser vor dem Irrtum zu warnen, als ob zwischen der Theorie der Heterogenefis und der der organischen Entwicklung irgend ein Zusammenhang bestände. Man könnte fragen: Wenn, wie die Naturforscher uns erzählen, die Hunde von Wölfen und Schakalen und die Vögel von Reptilien abstammen, warum sollten nicht z. B. Fadenwürmer von Euglenen oder Infusorien von Bakterien herkommen? Es genügt, hierauf zu erwidern, dass die Entwicklung einer Form zu einer andern sich mittels einer Folge langfamer, ordnungsmässiger, fortschreitender Abänderungen und im Verlaufe einer langen Reihe von Generationen vollzieht, während die Heterogenefis das zufällige Auftreten plötzlicher Umwandlungen in beliebiger — d. h. entweder zu niedriger oder zu höher organisierten Formen leitender — Richtung und innerhalb einer einzigen Generation annimmt.

## Zehnte Vorlesung.

### **Paramaecium, Stylonychia und Oxytricha.**

Es wird dem Leser bei der Besprechung der bisher betrachteten einfachen, einzelligen Organismen nicht verborgen geblieben sein, daß nicht alle gleich einfach sind, daß *Protamoeba* (Fig. 2, S. 7) und *Mikrococcus* (Fig. 15, S. 65) als die niedrigsten von allen angesehen werden können, und daß die andern sich in der Reihe der Lebewesen über sie erheben, kraft des Besitzes eines Kernes oder einer kontraktilen Vakuole, oder einer Geißel, oder auch, wie im Falle der *Euglena* (Fig. 5, S. 35) eines Mundes oder Schlundes.

So können wir jeden der bisher studierten Organismen im Hinblick auf die übrigen als vergleichsweise hoch oder niedrig organisiert bezeichnen; die niedrigsten oder am wenigsten differenzierten Formen sind die, welche sich der einfachsten Vorstellung von einem Lebewesen, einem einfachen Protoplastklümpchen, am meisten nähern; die höchsten oder am meisten differenzierten diejenigen, bei denen wir die größte Komplikation des Baues antreffen. Wir müssen uns auch daran erinnern, daß diese Zunahme der Komplikation des Baues stets bis zu einem gewissen Grade von einer Teilung der physiologischen Arbeit begleitet ist, oder mit andern Worten, daß morphologische und physiologische Differenzierung Hand in Hand gehen.

Wir haben nun gewisse Organismen zu betrachten, bei welchen die Differenzierung viel weiter vorgeschritten ist, welche in der That manche der charakteristischen Eigenschaften höherer Tiere und Pflanzen erworben haben, während sie einzellig geblieben sind. Das Studium verschiedener dieser mehr oder weniger hoch differenzierten, wenn auch einzelligen Formen wird unsere nächsten sieben Vorlesungen in Anspruch nehmen.

Es wurde oben erwähnt, daß man während der ersten Stadien der Fäulnis einer organischen Infusion nur Bakterien in derselben antrifft, und daß später auch Monaden auftreten. Noch später sieht man Organismen, welche viel größer sind als Monaden, im Allgemeinen von eiförmiger Gestalt, welche sich sehr schnell bewegen und bei Anwendung

starker Vergrößerung mit unzähligen feinen Wimperhärchen bedeckt erscheinen. Man nennt dieselben Wimperinfusorien (Ciliaten) im Gegenfatze zu den Monaden, welche häufig als Geißelinfusorien (Flagellaten) bezeichnet werden. Manche Arten derselben find in faulenden Infusionen gemein, einige kommen im Darm der höheren Tiere vor, während andere zu den gewöhnlichsten Bewohnern des süßen und falzigen Waffers gehören. Fünf Gattungen dieser Infusorien werden den Gegenstand diefer und der vier folgenden Vorlefungen bilden.

Ein fehr häufiges Wimperinfusor ift das zierliche »Pantoffeltierchen« (Paramaecium Aurelia), welches wegen feiner vergleichsweise bedeutenden Gröfse und wegen der Leichtigkeit, mit welcher man alle wesentlichen Punkte feiner Organisation erkennen kann, ein fehr geeignetes und interessantes Unterfuchungsobjekt bildet.

Im Vergleich mit der Mehrzahl der uns bisher bekannt gewordenen Organismen kann daselbe füglich als riesenhaft bezeichnet werden, da es nicht weniger als  $\frac{1}{5}$  bis  $\frac{1}{4}$  mm (200 bis 260  $\mu$ ) lang wird; es ift in der That mit blofsem Auge gerade als kleiner weißer Fleck fichtbar.

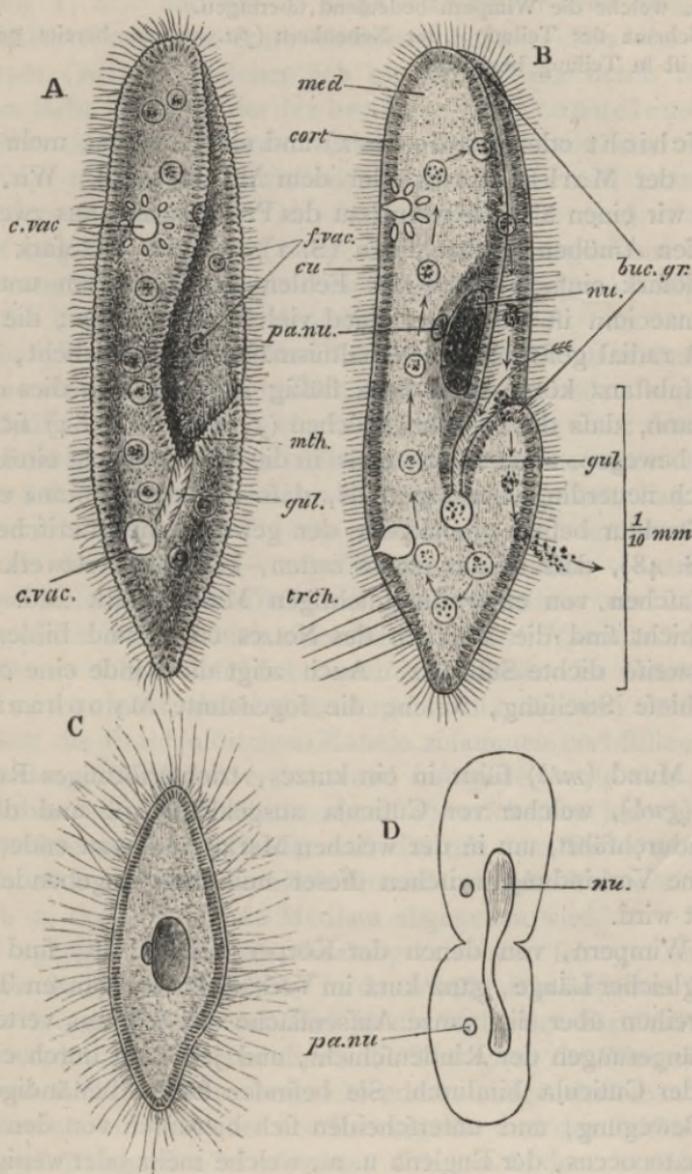
Seine Form (Fig. 20, A) kann ganz gut nachgebildet werden, indem man aus Thon oder steifem Teig einen länglichen Cylinder fertigt, welcher an einem Ende abgerundet und dann unten zu einem stumpfen Ende verfmälert ift, dem breiteren Ende eine schwache Biegung giebt, und zuletzt an der durch die Biegung etwas konkav gewordenen Seite eine weite, flache Grube anbringt, welche an dem breiten Ende beginnt und sich bis ungefähr zur Mitte des Körpers allmählich verfmälert, wo fie dann in einer ziemlich tiefen Einfenkung endigt.

Die Grube heifst Buccalgrube (Fig. 20, A und B, *buc. gr.*); an dem verfmälerten Ende derselben befindet sich eine kleine Öffnung, der Mund (*mt*), welcher, gleich dem Munde der Euglena (Fig. 5), in das weiche Innenprotoplasma des Körpers sich öffnet. Diejenige Fläche des Tierchens, an welcher sich die Grube befindet, wird als die Bauchfläche bezeichnet, die gegenüberliegende ift die obere oder Rückenfläche; das breite Ende ift das Vorder-, das schmale das Hinterende, da das erstere, wenn das Tierchen schwimmt, gerade vorwärts gerichtet ift. Sind diese Bezeichnungen einmal angenommen, fo ergibt sich aus Fig. 20 A, dafs die Buccalgrube auf der linken Seite des Körpers beginnt und sich allmählich bis über die Mitte der Bauchseite hinüberzieht.

Wenn das Tier schwimmt, fo sieht man, dafs feine Gestalt unverändert dieselbe bleibt, indem es weder Kontraktionen amöboider noch euglenoider Art ausführt. Es ift jedoch deutlich biegsam und krümmt sich oft nach einer oder der andern Richtung, wenn es zwischen Hinderniffen, wie z. B. verflochtenen Pflanzenteilen, sich hindurchwindet. Diese Formbeständigkeit verdankt es der Gegenwart einer ziemlich festen, wenn auch dünnen Cuticula (*cu*), welche die ganze Oberfläche bedeckt.

Das von der Cuticula umschlossene Protoplasma besteht deutlich aus zwei Bestandteilen, einer äusseren, etwas dichteren Schicht, der

Fig. 20.



Paramecium Aurelia (D nach Lankester).

A das lebende Tier, von der Bauchseite gesehen, zeigt die Wimperbedeckung, die Buccalgrube (rechts), welche hinten in den Mund (mth) und Schlund (gul.), endigt, mehrere Nahrungsvakuolen (f. vac.) und die beiden kontraktiven Vakuolen (c. vac.).

B dasselbe im optischen Längsschnitt, zeigt Cuticula (cu), Rindenschicht (cort.) und Marksubstanz (med.); Buccalgrube (buc. gr.), Mund und Schlund (gul.); zahlreiche, in der durch die Pfeile angedeuteten Richtung cirkulierende Nahrungsvakuolen, welche Indigoteilchen enthalten, die schliesslich durch eine Afteröffnung ausgestossen

werden. Kern (*nu*), Nebenkern (*pa.nu*) und Trichocyten, deren einige (*trch*) mit ihren herausgeschnehten Fäden dargestellt sind.

Der Maßstab rechts von dieser Figur gehört zu *A* und *B*.

*C* ein mit Osmiumsäure getötetes Individuum, zeigt die Ejektion der Trichocytenfäden, welche die Wimpern bedeutend überragen.

*D* Schema der Teilung: der Nebenkern (*pa.nu*) ist bereits geteilt, der Kern (*nu*) ist in Teilung begriffen.

Rindenschicht oder Rinde (*cort.*) und einer inneren, mehr flüssigen Substanz, der Marksubstanz oder dem Mark (*med.*). Wir erinnern uns, daß wir einen ähnlichen Aufbau des Protoplasmas aus zwei Schichten bei den Amöben beobachteten (S. 1), wo das Ektofark sich von dem Endofark einfach durch das Fehlen der Körnchen unterschied. Bei Paramaecium ist der Unterschied viel fundamentaler; die Rindenschicht ist radial gestreift und verhältnismäßig fest und dicht, während die Marksubstanz körnig und halb flüssig ist, wie man dies daran erkennen kann, daß die Nahrungsteilchen (*f. vac.*, f. S. 84) sich frei in derselben bewegen, ohne doch jemals in die Rindenschicht einzudringen. Es hat sich neuerdings herausgestellt, daß die Marksubstanz eine netzförmige Struktur besitzt, gleich der der gewöhnlichen tierischen Zellen (Fig. 9, S. 48), daß sie aus einem zarten, körnigen Netzwerk besteht, dessen Maschen von einer durchsichtigen Masse erfüllt sind. In der Rindenschicht sind die Maschen des Netzes enger und bilden so eine vergleichsweise dichte Substanz. Auch zeigt die Rinde eine oberflächliche, schiefe Streifung, welche die sogenannte Myophanfchicht darstellt.

Der Mund (*mtb*) führt in ein kurzes, trichterförmiges Rohr, den Schlund (*gul.*), welcher von Cuticula ausgekleidet ist und durch die Rinde hindurchführt, um in der weichen Marksubstanz zu enden, so daß eine offene Verbindung zwischen dieser und dem umgebenden Wasser hergestellt wird.

Die Wimpern, von denen der Körper bedeckt ist, sind von annähernd gleicher Länge, ganz kurz im Verhältnis zum ganzen Tier, und in Längsreihen über die ganze Außenfläche des Körpers verteilt. Sie sind Verlängerungen der Rindenschicht, und jede tritt durch eine feine Öffnung der Cuticula hindurch. Sie befinden sich in beständiger rhythmischer Bewegung, und unterscheiden sich hierdurch von den Geißeln des Haematococcus, der Euglena u. a., welche mehr oder weniger intermittierende Springbewegungen ausführen (vergl. S. 8, Anm. u. S. 45). Ihre schnelle Bewegung und ihre geringe Größe bewirken, daß sie oft schwer zu sehen sind, solange das Paramaecium lebendig und in Bewegung begriffen ist, aber nach dem Tode sind sie sehr deutlich sichtbar und erscheinen wie ein dichter Überzug von feinen, feidenartigen Härchen.

Nahe der Mitte des Körpers liegt in der Rindenschicht ein großer ovaler Kern (*B, nu*), welcher dadurch ausgezeichnet ist, daß er bei

der Färbung eine gleichmäßige Farbe annimmt, und nicht die Unterschiede zwischen Chromatin und Kernmatrix zeigt, welche einen so hervorstechenden Zug vieler der von uns studierten Kerne bildet (vergl. besonders Fig. 1, S. 2 und Fig. 9, S. 48). Er besitzt noch eine weitere Eigentümlichkeit: an einer Seite desselben befindet sich ein kleiner, ovaler Körper (*pa. nu*), welcher sich gleichfalls stark durch Magenta oder Karmin färbt. Dies ist der Nebenkern (Mikronucleus); man kann denselben als einen zweiten, kleineren Kern betrachten und den größeren Kern als Hauptkern oder Meganucleus<sup>1)</sup> bezeichnen.

Es sind zwei kontraktile Vakuolen vorhanden (*c. vac.*), eine derselben liegt ungefähr um ein Drittel der ganzen Länge vom vordern, die andere ungefähr um ein gleiches Stück vom hinteren Körperende entfernt. Sie liegen in der Rindensubstanz.

Die Thätigkeit der kontraktilen Vakuolen läßt sich an einem ruhenden Paramaecium sehr schön beobachten; sie ist besonders augenfällig bei einem Individuum, welches einem gelinden Druck unter dem Deckglase ausgesetzt ist, jedoch auch vollkommen sichtbar an einem solchen, welches nur zeitweise seine Schwimmbewegungen eingestellt hat. Dann sieht man, daß während der Diastole oder während der Ausdehnung jeder Vakuole eine Anzahl — ungefähr sechs bis zehn — zarter, radialer, spindelförmiger, mit Flüssigkeit gefüllter Räume um sie herum erscheinen, gleich den Strahlen eines Sternes (obere Vakuole in *A* und *B*); die Vakuole selbst zieht sich darauf zusammen oder vollzieht ihre Systole, verschwindet dabei dem Auge vollständig und unmittelbar darauf fließen die strahlenförmigen Kanäle zusammen und füllen sie von Neuem, werden dabei selbst entleert und infolgedessen für den Augenblick unsichtbar (untere Vakuole in *A* und *B*), erscheinen jedoch schnell wieder. Es scheint unzweifelhaft, daß das mit dem Futter aufgenommene Wasser sich in diesen Kanälen sammelt, in die Vakuole entleert und endlich an das umgebende Medium abgegeben wird.

Den Vorgang der Nahrungsaufnahme kann man sehr gut an einem Paramaecium studieren, wenn man in das Wasser fein zerteiltes Karmin oder Indigo bringt. Wenn das Tier in die Nähe der Farbstoffteilchen gelangt, so werden die letzteren durch die Thätigkeit der Wimpern nach verschiedenen Richtungen umhergeschleudert; einige derselben werden jedoch sicherlich in die Nähe der Buccalgrube und des Schlundes getrieben, deren Wimpern alles abwärts, d. h. nach dem inneren Ende des Schlundes befördern. Die Karminkörner werden auf diese Weise in den Schlund eingeführt, wo sie für einen Augenblick liegen bleiben, umgeben von dem den Schlund erfüllenden Wasser; dann plötzlich thut das Tier gleichsam einen Schluck und die Körner werden, samt einem umhüllenden Wassertropfen oder einer »Nahrungsvakuole« in das Proto-

<sup>1)</sup> In der deutschen Litteratur gewöhnlich als Makronucleus bezeichnet.

Anm. d. Übersetzers.

plasma der Marksubstanz hineingedrückt. Dieser Prozeß wiederholt sich wieder und wieder, so daß man in jedem gut genährten Paramaecium zahlreiche kugelige, mit Wasser gefüllte Hohlräume erblickt, welche Nahrungsteilchen — oder in unserem gegenwärtigen Beispiel Karmin- oder Indigokörnchen — enthalten. Bei jedem Schlucke treibt die neu gebildete Nahrungsvakuole die vorhergehende sozusagen vor sich her; auch kontrahiert sich das Markprotoplasma in einer bestimmten Richtung, und auf diese Weise kommt eine Cirkulation der Nahrungsvakuolen zu Stande, wie sie in Fig. 20, *B* durch Pfeile angedeutet ist.

Nachdem sie auf diese Weise eine Zeitlang cirkuliert haben, ist das Wasser der Nahrungsvakuolen allmählich abforbiert worden und wird schließlich durch die kontraktilen Vakuolen ausgeschieden, so daß die Nahrungskörperchen nunmehr in die Marksubstanz selbst zu liegen kommen (vergl. d. Figur). Die Cirkulation dauert noch fort, bis schließlich die Teilchen an eine etwa halbwegs zwischen dem Munde und dem hinteren Körperende gelegene Stelle gelangen; hier sieht man bei sorgfältiger Beobachtung, wie sie sich der Oberfläche nähern und dann plötzlich ausgeworfen werden. Die betreffende Stelle muß demnach der Funktion nach als After oder als Austrittsöffnung für die Fäces oder die nicht verdauten Nahrungsstoffe betrachtet werden. Es ist ein potentieller, aber kein wirklicher After, da es keine wirkliche Öffnung, sondern nur eine weiche Stelle in der Rinde ist, durch welche feste Teilchen vermöge der Kontraktionen der Marksubstanz leicht hindurchgepreßt werden.

Wenn ein Paramaecium, wie dies gewöhnlich geschieht, nicht Karmin, sondern kleine lebende Organismen aufnimmt, so werden die letzteren natürlich verdaut, während sie durch das Markprotoplasma cirkulieren, und nur die ungenießbaren Teile werden an der Afterstelle ausgeschieden. Man hat durch Versuche festgestellt, daß dies Infusor nicht nur Eiweißstoffe, sondern auch Stärke und vielleicht Fett verdauen kann. Die Stärke wird wahrscheinlich in Dextrin verwandelt, ein Kohlehydrat von derselben Formel ( $C_6H_{10}O_5$ ), welches aber löslich und diffusionsfähig ist. Öle und Fette scheinen teilweise in Fettsäuren und Glycerin umgewandelt zu werden. Die Ernährung des Paramaecium ist demnach typisch holozoisch.

Es wurde oben (S. 82) erwähnt, daß die Rindenschicht im optischen Durchschnitt radial gestreift erscheint. Sorgfältige Untersuchung bei sehr starker Vergrößerung zeigt, daß dieses Aussehen durch das Vorhandensein kleiner spindelförmiger Körper (*A* und *B*, *trich*) in der Rindenschicht hervorgerufen wird, welche dicht nebeneinander in einer Ebene liegen und senkrecht zur Körperoberfläche stehen. Sie werden Trichocyten genannt.

Wird ein Paramaecium durch Zusatz von Osmiumsäure oder eines andern Giftes, oder auch durch einfachen Druck des Deckglases getötet, so nimmt es häufig ein eigentümliches Aussehen an. Es er-

scheinen plötzlich lange, zarte Fäden, welche an der Oberfläche deselben nach allen Richtungen abstehen (*C*) und ganz so aussehen, als ob die Wimpern plötzlich um das Vielfache ihrer eigenen Länge gewachsen wären. Aber diese Fäden haben in Wirklichkeit nichts mit den Wimpern zu thun; sie sind unter gewöhnlichen Umständen in den Trichocyten enthalten, wahrscheinlich aufgewunden, und werden durch die auf irgend einen äußeren Reiz hin erfolgende Kontraktion der Rinde in der angegebenen Weise hervorgeschnellt. In der Figur 20, *B* sieht man einige Trichocyten (*trch*) im explodierten Zustande, d. h. mit herausgeschnellten Fäden. Höchst wahrscheinlich sind diese Körper Angriffswaffen, wie die sehr ähnlichen Gebilde (Nematocyten), welche sich bei den Polypen finden (vergl. Vorlesung XXII, Fig. 51).

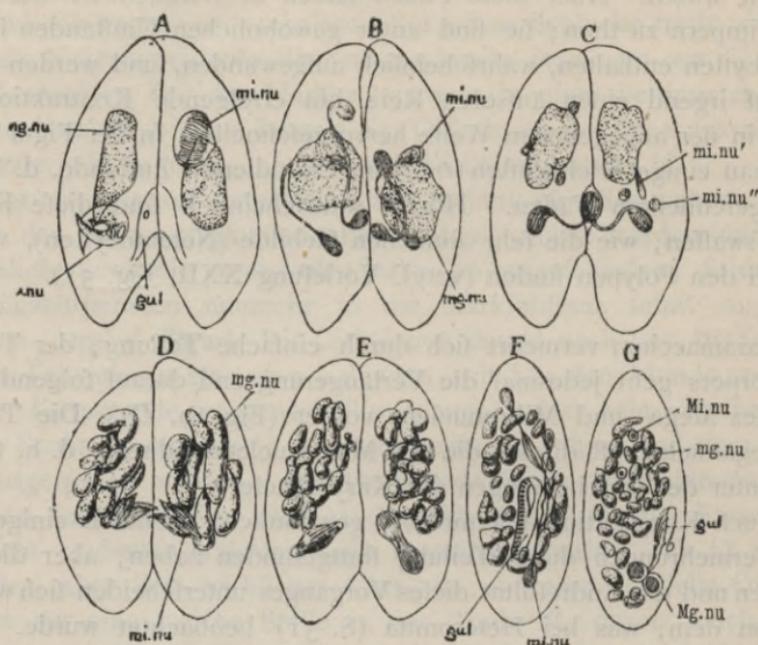
Paramaecium vermehrt sich durch einfache Teilung, der Teilung des Körpers geht jedesmal die Verlängerung und darauf folgende Teilung des Mega- und Mikronucleus vorher (Fig. 20, *D*). Die Teilung des Meganucleus ist direkt, die des Mikronucleus indirekt, d. h. sie erfolgt unter den Erscheinungen der Karyokinese.

Auch Konjugation kommt vor, gewöhnlich, nachdem einige Zeitlang Vermehrungen durch Teilung stattgefunden haben, aber die Einzelheiten und das Endresultat dieses Vorganges unterscheiden sich wesentlich von dem, was bei Heteromita (S. 31) beobachtet wurde. Zwei Paramaecien berühren sich mit ihren Ventralflächen (Fig. 21, *A*), und die beiden Hauptkerne (*mg. nu*) zerfallen nach und nach in kleine Bruchstücke (*D—G*), welche entweder vom Protoplasma absorbiert oder aufgelöst werden. Zu gleicher Zeit teilen sich die Nebenkerne (*mi. nu*) auf karyokinetischem Wege, und dieser Vorgang wiederholt sich, bis zuletzt jeder Gamet vier Mikronuclei enthält (*B*). Zwei von diesen werden absorbiert und verschwinden (*C. mi. nu'*, *mi. nu''*), von den beiden andern wird nunmehr der eine als beweglicher, der andere als ruhender Vorkern bezeichnet<sup>1)</sup>. Darauf tritt der bewegliche Vorkern jedes Gameten in den Körper des andern über (*C*) und verschmilzt mit dem ruhenden Vorkern desselben (*D*); auf diese Weise enthält nunmehr jeder Gamet wieder einen einzigen Kern, den Konjugationskern (*E*), welcher durch die Vereinigung zweier gleicher Vorkerne, deren einer aus einem andern Individuum stammt, entstanden ist. Diese Verschmelzung zweier Kerne, deren jeder aus einer andern

1) Die hier gegebene Darstellung ist nicht ganz genau. Wie die Figur erkennen läßt, verfallen drei von den aus dem ursprünglichen Mikronucleus hervorgegangenen Tochterkernen der Degeneration, während der vierte durch abermalige Teilung in den beweglichen und den ruhenden Vorkern zerfällt (Fig. 88, *C*). Vergl. in Betreff der Einzelheiten dieses Vorganges Maupas, le rajeunissement karyogamique chez les ciliés. Arch. de zool. expér. 2<sup>me</sup> Série, Vol. VII., und R. Hertwig, Über die Konjugation der Infusorien. (Abh. d. Bayerischen Akad. d. Wissensch. II. Kl. 27. Bd., München 1889.) Anm. d. Übersetzers.

der beiden konjugierenden Zellen stammt, ist das Wesentliche dieses ganzen Prozesses. Bald darauf trennen sich die Gameten voneinander

Fig. 21.



Stadien in der Konjugation von *Paramaecium*. (Nach Hertwig.)

A Beginn der Konjugation; die Hauptkerne (*Mg. nu*) der beiden Gameten sind fast unverändert, die Nebenkern (*Mi. nu*) sind in einem frühen Stadium der Karyokinese.

B die Nebenkern haben sich zweimal geteilt, so daß jeder Gamet deren vier enthält.

C zwei von den Nebenkern jedes Gameten (*mi. nu'*, *mi. nu''*) sind in Degeneration begriffen; von den zwei übrigen dringt je einer<sup>1)</sup> — der bewegliche Vorkern — in den andern Gameten ein.

D der bewegliche Vorkern jedes Gameten ist in den andern Gameten eingewandert und in Verschmelzung mit dessen ruhendem Vorkern begriffen. Der Hauptkern beginnt zu zerfallen.

E jeder Gamet enthält einen einzigen, durch Vereinigung seines eigenen ruhenden Vorkerns mit dem beweglichen Vorkern des andern Gameten entstandenen Konjugationskern. Der Konjugationskern rechts beginnt sich zu teilen.

F die Konjugation ist vorüber, und nur einer der wieder getrennten Gameten ist dargestellt. Derselbe enthält die Bruchstücke des Hauptkerns (punktiert) und vier Kerne (*mi. nu*), welche durch wiederholte Teilung des Konjugationskerns gebildet wurden.

G zwei der Teilungsprodukte des Konjugationskerns (*Mg. nu*) sind gewachsen und zu Hauptkern geworden, die beiden andern (*Mi. nu*) haben den Charakter von Nebenkern angenommen.

und beginnen vom Neuem ein selbständiges Leben zu führen. Der Konjugationskern jedes derselben macht eine zweimalige Teilung durch,

<sup>1)</sup> Vergl. die Anmerkung auf der vorigen Seite.

so das das Infusor nunmehr vier kleine Kerne bekommt (*F*). Zwei von diesen vergrößern sich und nehmen den Charakter von Meganucleis an (*G*, *Mg. nu*), die beiden andern bleiben unverändert und behalten den Charakter von Mikronucleis (*Mi. nu*). Demnach besitzt kurz nach beendigter Konjugation jedes Individuum zwei Hauptkerne und zwei Nebenerne, welche alle von dem Konjugationskern abstammen. Nunmehr erfolgt eine gewöhnliche Querteilung, wie sie im vorhergehenden Abschnitt beschrieben wurde, jede Tochterzelle enthält einen Mega- und einen Mikronucleus, und so ist die Normalform der Species wieder erreicht.

Es ist wohl zu beachten, das in diesem Falle die Konjugation nicht ein Vermehrungsprozess ist. Es ist festgestellt, das während der Zeit, in der zwei Infusorien in Konjugation begriffen sind, jedes derselben mehrere tausend Nachkommen hervorbringen könnte, wenn es sich in gewöhnlicher Weise weiter teilen würde. Die Wichtigkeit des Vorganges liegt vielmehr in dem Austausch von Kernsubstanz zwischen den beiden konjugierenden Individuen; unterbleibt ein solcher Austausch, so zeigt sich, das diese Organismen einem allmählichen senilen Verfallsprozess unterliegen, welcher sich durch Verminderung der GröÙe und durch Degeneration ihres Baues zu erkennen giebt.

Ein anderes in stehendem Wasser und organischen Infusionen häufiges bewimpertes Infusor ist *Stylonychia mytilus*, ein Tierchen, welches von  $\frac{1}{11}$  mm bis zu  $\frac{1}{3}$  mm Länge schwankt.

Wie *Paramecium* sieht man es oft schnell in der Flüssigkeit umher schwimmen, aber ungleich dieser Gattung kriecht es häufig, ungefähr wie eine Kelleraffel oder eine Raupe, an der Oberfläche der Pflanzen oder der andern festen Gegenstände, zwischen welchen es lebt, herum. Im Einklange mit dieser Gewohnheit ist seine Gestalt nicht ungefähr cylindrisch, sondern an einer — der ventralen — Seite abgeplattet und erscheint also im Querschnitt unregelmäßig plankonvex (Fig. 22, *C*).

Es gleicht dem *Paramecium* im allgemeinen Bau (vergl. Fig. 22, *A* mit Fig. 20, *A*); aber infolge des Fehlens der Trichocyten ist der Unterschied zwischen Rinde und Mark weniger augenfällig; überdies besitzt es zwei Kerne (*nu*, *nu*) und nur eine kontraktile Vakuole.

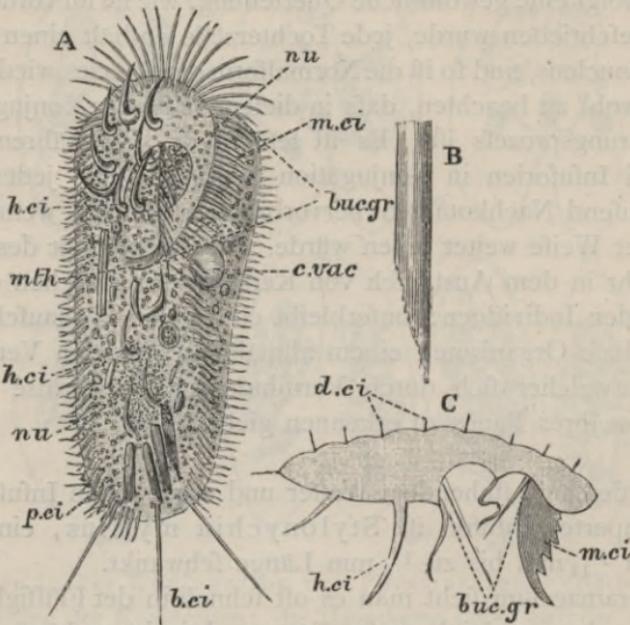
Am schärfsten jedoch unterscheidet sich *Stylonychia* von *Paramecium* durch die Beschaffenheit der Wimpern, da diese nicht in Form und GröÙe gleich, sondern in sehr merkwürdiger Weise umgebildet sind.

Auf der Rückenfläche sind die Wimpern nur durch sehr kurze Fortsätze der Rindensubstanz vertreten, welche in Längsfurchen sitzen und geringe Beweglichkeit zeigen. Es ist wahrscheinlich, das diese als rudimentäre Wimpern zu betrachten sind, d. h. als Vertreter von Wimpern gewöhnlicher Art, welche die Vorfahren von *Stylonychia* besaßen, die jedoch einer teilweisen Atrophie, d. h. einer Verkleinerung bis unter die Grenze der Nützlichkeit anheimgefallen sind, entsprechend den Bedürfnissen eines Tieres, welches auf seiner Bauchfläche zu kriechen

begonnen hat, flatt frei umherzuschwimmen und feine Wimpern gleichmäfsig zu gebrauchen.

Andererseits haben die Wimpern der Bauchfläche eine entsprechende Vergrößerung oder Hypertrophie erfahren. In der Nähe des Vorder- und Hinterendes und in der Mitte befinden sich drei Gruppen von

Fig. 22.



*Stylonychia mytilus*. (A und B nach Claparède und Lachmann, C nach Sterki.)

A Ventralansicht, zeigt die Buccalgrube (*buc. gr.*) und den Mund (*mth*), die zwei Kerne (*nu, nu*), die kontraktile Vakuole (*c. vac.*) und die zu hakenförmigen (*h. ci*), borstenförmigen (*b. ci*), plattenförmigen (*p. ci*) und fächerförmigen (*m. ci*) Organen differenzierten Wimpern.

B eine der plattenförmigen Wimpern desselben Tieres (A, *p. ci*) mit ihrem abgestutzten Ende.

C Querschnitt von Gastrostyla, einer der *Stylonychia* verwandten Art, zeigt die Buccalgrube (*buc. gr.*), kleine Rückenwimpern (*d. ci*), hakenförmige Wimpern (*h. ci*) und die verschiedenen Wimpern der Buccalgrube, einschliesslich eines entfalteten Fächerorgans (*m. ci*).

Wimpern von vergleichsweise ausserordentlicher Grösse, welche die Form von Haken (*h. ci*) oder von flachen, an ihren Enden abgestutzten Stäbchen (*p. ci* und B) besitzen. Alle diese Gebilde vollziehen weder rhythmische Bewegungen, wie die gewöhnlichen Wimpern, noch Schwingungen, wie die Geißeln, sondern sie bewegen sich nur an der Basis, gleich eingliedrigen Beinen. Die Bewegung wird von dem Tiere selbst geregelt, so dass dasselbe im Stande ist, mit Hilfe dieser Haken und Plättchen fast in gleicher Weise umherzukriechen, wie eine Raupe mit ihren Beinen.

Wir haben also eine dritte Form der Kontraktilität: bei der amöboiden Bewegung handelt es sich um unregelmäßige Strömungen des Protoplasmas (S. 3 und 8), bei der Wimperbewegung um eine Schwingung eines Protoplasmafadens von einer Seite zur andern (S. 25), während im vorliegenden Falle plötzliche Kontraktionen in unregelmäßigen Zwischenräumen stattfinden. Die Bewegungen dieser lokomotorischen Haken und Plättchen sind demnach den Muskelkontraktionen sehr ähnlich, durch welche die Bewegungen der höheren Tiere zu Stande kommen. Man kann nicht sagen, daß *Stylonychia* bestimmte Muskeln besitzt, aber das Protoplasma ist an gewissen Stellen dieses einzelligen Körpers so modifiziert, daß es im Stande ist, eine plötzliche Kontraktion in einer bestimmten Richtung auszuführen. Die Natur der Muskelkontraktionen werden wir in einer der nächsten Vorlesungen näher erörtern (vergl. S. 98).

Im Übrigen ist die Bauchfläche, mit Ausnahme der Buccalgrube, kahl, nur längs jeder Seite ihres Randes zieht sich eine Reihe großer, beweglicher Wimpern, von welchen die am hinteren Körperende stehenden zu langen, steifen, borstenähnlichen Anhängen umgebildet sind (*A, b. ci*).

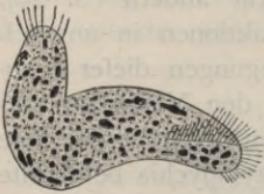
Auch die Wimpern der Buccalgrube sind in besonderer Weise differenziert (*buc. gr.*). An der linken Seite befindet sich eine einzelne Reihe sehr großer und kräftiger Wimpern (*A* und *C, m. ci*), welche sowohl die Hauptorgane für das Hervorrufen des Nahrungszuflusses als auch die wesentlichsten Schwimmwerkzeuge sind; jedes derselben hat die Form einer dreieckigen, fächerartigen Platte (*C, m. ci*). An der rechten Seite der Buccalgrube verläuft eine Reihe kleinerer, aber noch immer großer Wimpern von gewöhnlicher Gestalt, und im Inneren des Schlundes noch eine Reihe sehr zarter Wimpern, welche bei dem Hineinpressen von Nahrungsteilchen in die Marksubstanz mitwirken.

Bei *Stylonychia* und verwandten Gattungen finden sich Übergangsformen zwischen diesen eigentümlichen Haken, Platten, Borsten und Fächern und den gewöhnlichen Wimpern. Wir dürfen daraus schließen, daß diese verschiedenen Anhänge als stark modifizierte oder differenzierte Wimpern zu betrachten sind. Wahrscheinlich haben sich dieselben im Laufe der Zeit aus gewöhnlichen Wimpern entwickelt und nach dem Grundsatze, daß die komplizierteren und spezialisierteren Organismen von einfacheren und weniger spezialisierten herkommen (vergl. Vorlesung XIII), können wir *Stylonychia* als den hochspezialisierten Nachkommen eines gleichmäßig bewimperten Stammvaters betrachten.

Noch ein drittes Wimperinfusor müssen wir zum Schluß der gegenwärtigen Vorlesung ins Auge fassen. Wir haben gesehen, wie der Kern eines *Paramaeciums*, welches in Konjugation begriffen ist, zerfällt und anscheinend verschwindet (Fig. 21, *D—G*). Bei *Oxytricha*, einer Gattung, welche der *Stylonychia* sehr ähnlich ist, zerfallen die beiden Kerne in eine große Zahl kleiner Körnchen (Fig. 23), welche nur nach sorg-

fältiger Färbung und bei Anwendung stark vergrößernder Systeme sichtbar werden. Diesen Prozeß nennt man die Fragmentation der

Fig. 23.



Kerne; in andern Fällen geht dieselbe noch weiter und der Kern erscheint auf eine fast unendliche Zahl von Chromatinkörnchen reduziert, welche nur unter den stärksten Vergrößerungen gerade eben sichtbar sind. Es ist aus diesem Grunde sehr wahrscheinlich, daß Organismen, welche — wie *Protamoeba* (S. 7) und *Protomyxa* (S. 38) — kernlos erscheinen, wirklich einen

Kern von solcher »pulverisierten« Beschaffenheit besitzen, und daß ein Kern in einer oder der andern Form ein wesentlicher Bestandteil der Zelle ist.

Der Mastkernkernkörperchen werden wir in einer der nächsten Hefen (vergl. S. 82).  
Im Uterin ist die Hauptzelle, mit Ausnahme der Hüllzelle, nur durch jede Seite eines Kernes durch eine Reihe großer, beweglicher Wimpern, von welchen die am hinteren Körperende stehenden zu hängen, durch, fortzuführen zu können umgeben sind (S. 47).  
Auch die Wimpern der Hüllzelle sind in bedeckter Weise überzogen (S. 48). An der linken Seite befindet sich eine einzelne Reihe sehr großer und beweglicher Wimpern (A und C), welche sowohl die Hauptzelle als die Hüllzelle des Mastkernkernkörpers als auch die weitestgehenden Schwammkörper; und jedes derselben hat die Form einer dreieckigen, dreierleiartigen Platte (C, w. C). An der rechten Seite der Hüllzelle verläuft eine Reihe kleiner, aber noch immer großer Wimpern von gewöhnlicher Gestalt, und im hinteren des Schwammkörpers eine Reihe großer Wimpern, welche bei dem Hinübergang zum Mastkernkörperchen in die Mastkernzelle münden.  
Bei *Stylonychia* und verwandten Gattungen sind die Hüllzellen formen, welche dieses eigenartige Verhalten zeigen, häufig und häufig und den gewöhnlichen Wimpern. Wir finden dieses Verhalten dort, daß diese verschiedenen Abstände als fünf meistenteils sehr kleine Mastkern-Wimpern zu betonen sind. Wahrscheinlich haben sich dieselben im Laufe der Zeit aus gewöhnlichen Wimpern entwickelt und nach dem Grundgesetz, daß die komplizierten und spezialisierten Organismen vorzuziehen und weniger spezialisiert bestimmten Organen (XIII); können wir *Stylonychia* als den hochentwickeltesten Nachkommen einer gleichmäßig bewegten Stammform betrachten.  
Wohin ein solches Wimpernorgan müßten wir zum Schluss der ersten weiteren Forderung die Augen haben. Wie haben gesehen, wie der Kern einer Stammform, welche in Konjugation partizipiert, sich verhält und anschließend verhalten (Fig. 21, X, C). Bei *Oxytricha* ist eine Organelle, welche die Hauptzelle sehr ähnlich ist, vorhanden die beiden Seiten in eine große Zahl kleiner Körnerchen (Fig. 22), welche nur nach Fig.

## Elfte Vorlesung.

### Opalina.

---

Der Dickdarm des gemeinen Frosches beherbergt oft eine Anzahl von Wimperinfusorien, welche zwei oder drei verschiedenen Gattungen angehören. Eins dieser parasitischen Tierchen, Opalina genannt, wollen wir nunmehr beschreiben. Man erhält dasselbe leicht, indem man einen Frosch tötet, den Körper öffnet, einen Einschnitt in den Mastdarm macht und etwas von dem dunkel gefärbten Inhalt in einem Wassertropfen auf dem Objektträger ausbreitet.

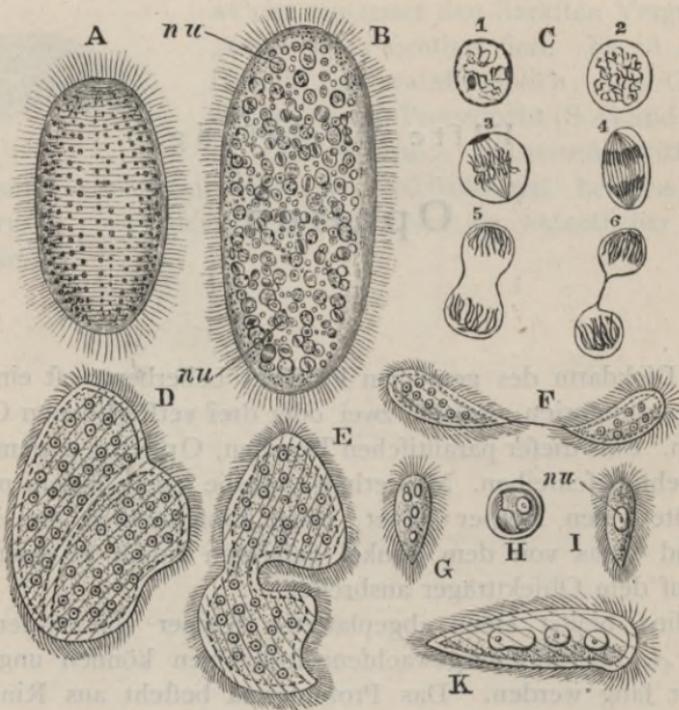
Opalina besitzt einen abgeplatteten Körper von ovalem Umriss (Fig. 24, *A*, *B*), und ausgewachsene Individuen können ungefähr ein Millimeter lang werden. Das Protoplasma besteht aus Rinden- und Marksubstanz und ist von einer Cuticula bedeckt, die Wimpern sind von gleicher Grösse und gleichmäfsig in Längsreihen auf der ganzen Oberfläche angeordnet (*A*).

Bei der ersten Untersuchung ist kein Kern zu entdecken, aber nach der Färbung kann man eine grofse Zahl von Kernen erblicken (*B*, *nu*). Jeder derselben ist ein kugeliges, aus Kernmatrix bestehendes Körper, der von einer Membran umgeben ist und einen aufgewundenen oder netzförmigen Chromatinkörper enthält. Diese Kerne vermehren sich im Körper des Infusors und durchlaufen dabei die verschiedenen für die Karyokinese oder indirekte Kernteilung charakteristischen Veränderungen (vergl. Fig. 10, S. 50 mit Fig. 23): das Chromatin zerfällt (*C*, 2), es bildet sich eine Kernspindel mit Chromosomen in der Äquatorialebene (3), die Chromosomen rücken nach den Polen der Spindel (4, 5), der Kern schnürt sich zusammen (5) und teilt sich schliesslich in zwei (6).

Das Vorkommen zahlreicher Kerne bei Opalina ist eine besonders beachtenswerte Thatfache. Die Mehrzahl der bisher von uns studierten Organismen ist sowohl einkernig als einzellig; die höheren Tiere und Pflanzen fanden wir (Vorlesung VI) aus zahlreichen Zellen zusammengesetzt, deren jede einen Kern enthält, so dafs sie also vielzellig und

vielkernig sind; *Opalina* hingegen ist vielkernig, aber einzellig. Eine Annäherung zu diesem Verhalten zeigt uns *Stylonychia*, welche einzellig und zweikernig ist (Fig. 22, *A*), aber die einzigen bisher von uns

Fig. 24.



*Opalina ranarum* (*A—C* nach Pfitzner, *D—K* aus Saville-Kent, nach Zeller).

*A* lebendes Individuum, Oberflächenansicht; zeigt die Längsreihen der Wimpern.  
*B* dasselbe gefärbt; zeigt zahlreiche Kerne (*nu*) in verschiedenen Stadien der Teilung.

*C* 1—6 Stadien der Kernteilung.

*D* Längsteilung.

*E* Querteilung.

*F* dieselbe bei einem durch wiederholte Teilung kleiner gewordenen Individuum.

*G* Endprodukt der verschiedenen Teilungen.

*H* encystierte Form.

*I* einkernige, aus der Cyste hervorgehende Form.

*K* dieselbe nach Beginn der Kernvermehrung.

studierten Organismen, in welchen zahlreiche Kerne von gewöhnlicher Beschaffenheit in einer ungeteilten Protoplasmamasse vorkommen, sind die Mycetozoen (S. 40) und bei diesen wird die Vielkernigkeit der Plasmodien dadurch bedingt, daß dieselben durch Verschmelzen einzelner Zellen gebildet werden, während sie bei *Opalina*, wie wir sehen werden, durch wiederholte Zweiteilung eines ursprünglich einzelnen Kerns entsteht.

Es findet sich weder eine kontraktile Vakuole, noch irgend eine Spur eines Mundes oder Schlundes, so dafs die Aufnahme von fester Nahrung unmöglich ist. Das Tier lebt, wie bereits angegeben, im Darm des Frosches; es ist daher ein Innenparafit oder Endoparafit, dem der Frosch als Wirt dient. Der Darm enthält die teilweise verdaute Nahrung des Frosches und die Opalina ernährt sich durch Absorption derselben. Da sie keinen Mund besitzt, so ernährt sie sich allein durch Imbibition; ob sie irgend welche Art von Verdauungsthätigkeit ausübt, ist nicht mit Sicherheit bekannt, aber die Analogie anderer mundloser Parafiten läfst uns erwarten, dafs sie einfach solche Nahrung absorbiert, welche bereits von ihrem Wirt verdaut wurde, von welchem sie in Bezug auf die beständige Zufuhr von löslicher und diffusionsfähiger Nahrung abhängig ist.

So ist Opalina dank ihrer parafitischen Lebensweise einer bestimmten Arbeitsleistung überhoben, nämlich der Verdauungsarbeit, welche ihr Wirth für sie vollbringt. Dies ist das Wesen des inneren Parafitismus: ein Organismus vertauscht das freie Leben, welches mit der Notwendigkeit belastet ist, Nahrung für sich selbst aufzufinden, gegen den Aufenthalt im Inneren eines andern Organismus, von welchem es auf die eine oder andere Weise eine Abgabe erhebt.

Man beachte die grofse Ähnlichkeit zwischen der Ernährung eines Innenparafiten, wie Opalina, und der saprophytischen Ernährung einer Monade (S. 28). In beiden Fällen absorbiert der Körper Eiweifssubstanzen, welche einmal durch die verdauenden Sekrete des Wirtes, das andere Mal durch die Thätigkeit fäulniserregender Bakterien löslich und diffusionsfähig gemacht wurden.

Die Fortpflanzung der Opalina bietet einige interessante Punkte, welche mit ihrer eigentümlichen Lebensweise vielfach zusammenhängen. Es ist einleuchtend, dafs, wenn die Opalinen sich einfach durch Teilung oder auf einem andern Wege im Darne des Frosches vermehrten, die Bevölkerung bald für die zu ihrem Unterhalte vorhandenen Mittel zu grofs werden würde, überdies würden mit dem Tode des Frosches auch die Parafiten ihr Ende finden. Es bedarf daher für diese sowohl als für andere Innenparafiten einer Vermehrungsweise, welche gleichzeitig der Verbreitung derselben dient, oder mit andern Worten die Nachkommen der Parafiten in den Stand setzt, ihren Weg in die Körper anderer Wirte zu finden, und so neue Kolonien zu gründen, statt in der Heimat zu bleiben und diese zu erschöpfen.

Opalina vermehrt sich durch einen etwas eigenartigen Teilungsprozess: ein Tierchen teilt sich in schiefer Richtung (Fig. 24, *D*) und dann teilt sich jede Hälfte, statt zur Gröfse der Mutterzelle heranzuwachsen, noch einmal der Quere nach. Der Prozess wiederholt sich wieder und wieder (*F*), indem die Teilungsebene abwechselnd schief und quer gerichtet ist, bis endlich aus derselben kleine Körperchen (*G*)

von ungefähr  $\frac{1}{20}$  bis  $\frac{1}{30}$  mm Länge hervorgehen, welche zwei bis vier Kerne enthalten.

Wenn sich die Mutterzelle zugleich in eine Anzahl dieser kleinen Körper geteilt hätte, so würde es sich um eine vielfache Teilung handeln, so bildet dieser Prozeß ein interessantes Bindeglied zwischen einfacher und mehrfacher Teilung.

Opalina ranarum vermehrt sich auf diese Weise im Frühjahr, d. h. in der Fortpflanzungsperiode des Frosches. Jedes der winzigen Teilungsprodukte ( $G$ ) klapft sich ein ( $H$ ) und wird in diesem Zustande mit den Exkrementen des Frosches ausgeworfen, wobei es wahrscheinlich auf eine Wasserpflanze oder einen andern unter Wasser befindlichen Gegenstand gelangt. Nun geschieht nichts weiter, bis die Cyste von einer Kaulquappe verschluckt wird, wie dies häufig geschehen muß, wenn diese Tiere, welche in ungeheuren Mengen aus den Froscheiern auschlüpfen, die Wasserpflanzen, die ihre Hauptnahrung bilden, abweiden.

In den Darm einer Kaulquappe hineingelangt, wird die Cyste geprengt oder aufgelöst und ihr Inhalt gelangt als lanzettförmige Protoplasmamasse ins Freie ( $I$ ), welche einen einzelnen Kern enthält und mit Wimpern bedeckt ist. Diese wächst, indem sie im Darm ihres Wirtes verdaute Nahrung abforbiert, und gleichzeitig teilt sich der Kern wiederholt in der bereits beschriebenen Weise ( $K$ ), so daß das Tierchen, wenn es mit der Zeit seine Maximalgröße erreicht hat, auch die für seine Gattung charakteristische große Zahl von Kernen besitzt.

Hier haben wir also ein weiteres, interessantes Beispiel einer Entwicklung (S. 32): der Organismus beginnt sein Leben als eine sehr kleine, einkernige Protoplasmamasse, und in dem Maße, wie seine Größe zunimmt, kompliziert sich auch seine Organisation durch die wiederholte Thätigkeit seines Kernes.

## Zwölfte Vorlesung.

### Vorticella und Zoothamnium.

---

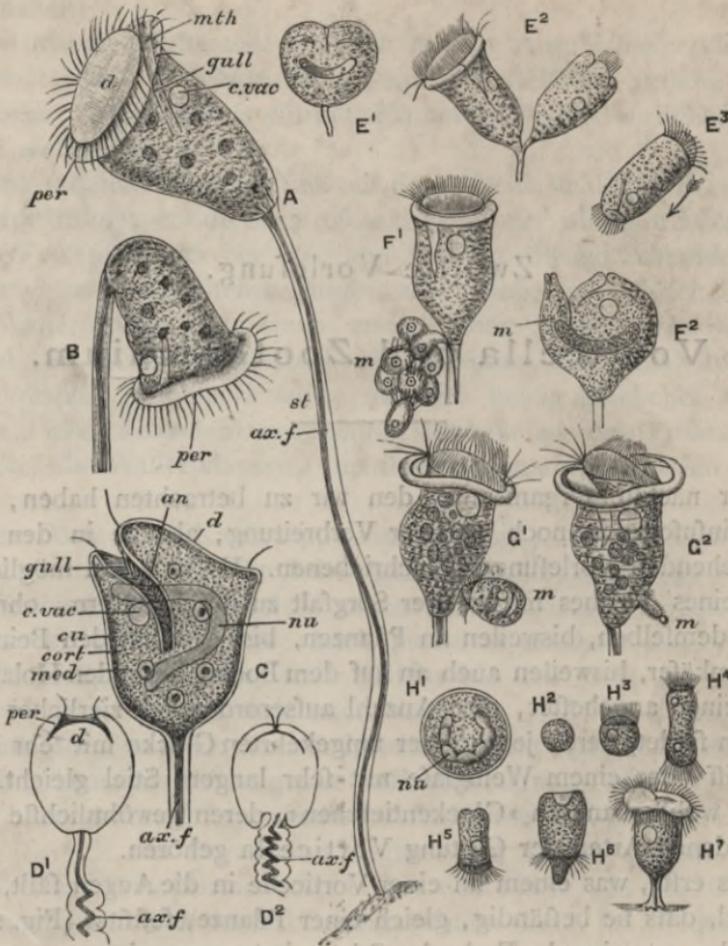
Der nächste Organismus, den wir zu betrachten haben, ist ein Wimperinfusor von noch weiterer Verbreitung, als die in den beiden vorhergehenden Vorlesungen beschriebenen. Es ist kaum möglich, das Wasser eines Teiches mit einiger Sorgfalt zu durchmustern, ohne dass man in demselben, bisweilen an Pflanzen, bisweilen an den Beinen der Schwimmkäfer, bisweilen auch an auf dem Boden liegenden Holzstücken oder Steinen angeheftet, eine Anzahl außerordentlich zierlicher kleiner Tierchen findet, deren jedes einer umgekehrten Glocke mit sehr langem Handgriff oder einem Weinglase mit sehr langem Stiel gleicht. Dies sind die wohlbekannten »Glockentierchen«, deren gewöhnlichste zu den verschiedenen Arten der Gattung *Vorticella* gehören.

Das erste, was einem an einer Vorticelle in die Augen fällt, ist der Umstand, dass sie beständig, gleich einer Pflanze, festsetzt (Fig. 25, *A*), indem das proximale Ende des Stieles immer an einen unter Wasser befindlichen Gegenstand angeheftet ist, während an dem distalen Ende der eigentliche Körper des Tierchens befestigt ist.

Aber trotz seiner eigentümlichen Form bietet es gewisse sehr augenfällige Vergleichspunkte mit *Paramecium*, *Stylonychia* und *Opalina*. Das Protoplasma besteht aus Rinde (Fig. 25, *C*, *cort.*) und Mark (*med.*) und ist von einer zarten Cuticula (*cu*) bedeckt. Es ist eine einzige kontraktile Vakuole vorhanden (*c. vac.*), deren Bewegungen, dank der Leichtigkeit, mit welcher das festsetzende Tier sich beobachten lässt, sehr bequem studiert werden können. Es ist ferner ein durch seine verlängerte, bandartige Form bemerkenswerter Hauptkern (*nu*) vorhanden, in dessen Nachbarhaft sich ein kleiner runder Nebenkern befindet. Wimpern sind auch da, aber die Art ihrer Verteilung ist sehr eigentümlich und charakteristisch. Um dieselbe zu verstehen, müssen wir die Form des Körpers etwas eingehender studieren.

Der kegelförmige Körper ist mit seinem Scheitel oder seinem Proximalende an dem Stiel befestigt; seine Basis oder sein Distalende breitet

Fig. 25.



Vorticella. (E—H nach Saville-Kent.)

*A* lebendes Individuum, völlig ausgestreckt; zeigt den Stiel (*st*) mit dem Achsenfaden (*ax.f.*), Peristom (*per*), Mundscheibe (*d*), Mund (*mth*), Schlund (*gull*) und kontraktile Vakuole (*c. vac.*).

*B* dasselbe, abwärts geneigt und mit vom Beobachter abgewandter Scheibe.

*C* optischer Durchschnitt desselben, zeigt Cuticula (*cu*), Rinde (*cort.*), Mark (*med.*), Kern (*nu*), Schlund (*gull.*), mehrere Nahrungsvakuolen und After (*an*), sowie die in *A* dargestellten Bildungen.

*D'* halb und *D''* völlig zusammengezogenes Individuum, zeigt die Krümmung des Stieles und die Bedeckung der Scheibe durch das Peristom.

*E*<sup>1</sup> Beginn der Teilung; *E*<sup>2</sup> Ende derselben; *E*<sup>3</sup> das tonnenförmige Teilungsprodukt schwimmt frei in der durch die Pfeile bezeichneten Richtung.

*F*<sup>1</sup> ein Individuum, welches sich in ein Megazooide und mehrere Mikrozoide (*m*) teilt; *F*<sup>2</sup> Teilung in ein Mega- und ein Mikrozoide.

*G*<sup>1</sup> und *G*<sup>2</sup> zwei Stadien der Konjugation, welche die allmähliche Absorption des Mikrogameten (*m*) durch den Megagameten veranschaulichen.

*H*<sup>1</sup> mehrfache Teilung der encystierten Form; der Kern zerfällt in zahlreiche Teile. — *H*<sup>2</sup> durch mehrfache Teilung gebildete Spore. — *H*<sup>3</sup>—*H*<sup>7</sup> Entwicklung der Spore. — *H*<sup>4</sup> in Teilung begriffen.

sich aus und bildet einen verdickten Rand, das Peristom (*per*), innerhalb dessen sich ein plattenförmiger, an einer Seite hervorragender Körper, der sogenannte Discus, befindet, welcher aussieht, wie der teilweise gelüftete Deckel eines Kelches. Zwischen der erhabenen Seite des Discus und dem Peristom befindet sich eine Einfenkung, der Mund (*nth*), welcher in einen kegelförmigen Schlund (*gull*) führt.

Es liegen Gründe für die Annahme vor, daß die ganze proximale Region der Vorticella der Bauchfläche des Paramaeciums, und die distale Fläche samt dem Peristom der Dorsofläche der frei schwimmenden Gattung entspricht; bei beiden liegt der Mund auf der linken Seite.

Eine einzige Wimperreihe zieht sich rings um den inneren Rand des Peristoms und verlängert sich einerseits abwärts in den Schlund, andererseits rings um den erhabenen Teil des Discus; die ganze Wimperreihe besitzt einen spiralgewundenen Verlauf. Im übrigen ist der Körper völlig frei von Wimpern.

Die Bewegungen der Wimpern rufen eine sehr merkwürdige optische Täuschung hervor: beobachtet man ein völlig entfaltetes Individuum, so ist es kaum möglich, sich davon zu überzeugen, daß das Peristom und der Discus nicht in Drehung begriffen sind — was nur der Fall sein könnte, wenn dieselben mit dem übrigen Körper nicht zusammenhängen. Thatächlich wird diese Erscheinung dadurch hervorgerufen, daß alle Wimpern sich der Reihe nach in derselben Richtung kontrahieren, und ist analog dem Bilde, welches eine von starkem Winde bewegte Getreide- oder Grasflur gewährt. Das Herabbiegen der einzelnen aufeinander folgenden Grashalme erzeugt eine Reihe von Wellen, welche in der Richtung des Windes über das Feld hinziehen. Denken wir uns statt des Feldes einen weiten ringförmigen Grasstreifen, welcher durch einen Wirbelwind bewegt würde, so würde die Welle rings im Kreise herumlaufen, und dieser würde sich zu drehen scheinen.

Natürlich ruft die Bewegung des Wimperringes in der Nachbarschaft der Vorticella einen kleinen Strudel hervor, wie man dies sehen kann, wenn man fein pulverisiertes Karmin in das Wasser wirft. Durch die Wirkung dieses Strudels werden kleine Nahrungsteilchen in den Mund geschleudert, welche wie bei Paramaecium von einer Wasserhülle umgeben sind; die so gebildeten Nahrungsvakuolen (*f. vac.*) circulieren in dem Protoplasma der Marksubstanz und die nicht zur Ernährung verwendbaren Teile werden endlich an einer Afferstelle (*an*) in der Nähe der Schlundbasis ausgestoßen.

Der Stiel (*st*) besteht aus einer sehr zarten, durchsichtigen Aufsubstanz, welche in die Cuticula des Körpers übergeht, und umschließt einen feinen Achsenfaden (*ax. f.*), welcher in einer Spirale von einem Ende desselben zum andern durchläuft. Die Faser ist eine Verlängerung der Rinde des Körpers (*C., ax. f.*), bei sehr starker Vergrößerung erscheint sie körnig oder zart gestreift, die Streifen setzen sich in die Rindenschicht des proximalen Körperabschnittes fort.

Eine auffallende Eigentümlichkeit der Vorticella ist ihre außerordentliche Reizbarkeit, d. h. die Schnelligkeit, mit welcher sie auf jeden äußeren Reiz reagiert (vergl. S. 8). Die leiseste Erschütterung des Mikroskopes, die Berührung mit irgend einem andern Organismus, oder auch eine durch eine frei schwimmende Form, etwa ein Paramaecium, hervorgerufene Wasserströmung nimmt das Glockentierchen sofort wahr und beantwortet sie durch eine augenblickliche Veränderung in der gegenseitigen Lage ihrer Teile. Der Stiel krümmt sich zu einer engen Spirale zusammen ( $D^1$ ,  $D^2$ ), so daß er nur noch einen Bruchteil seiner ursprünglichen Länge einnimmt, und der Körper geht von seiner ursprünglichen Glockenform zur Kugelform über, indem der Discus eingezogen und das Peristom über demselben geschlossen wird ( $D^1$ ,  $D^2$ ).

Die Krümmung des Stieles führt uns zur Betrachtung der besondern Äußerung der Kontraktilität, welche man als Muskelkontraktion bezeichnet, und die wir schon bei Stylonychia erwähnten (S. 89). Es wurde oben gesagt, daß zwar der Stiel in völlig ausgestrecktem Zustande gerade ist, der Achsenfaden jedoch nicht, daß dieser vielmehr eine offene Spirale bildet, d. h. er liegt nicht in der Mitte des Stieles, sondern er liegt auf jedem Querschnitt einem Punkte der Oberfläche näher als den übrigen, und wenn wir den Stiel aufwärts verfolgen, so finden wir diesen Punkt der Reihe nach an jeder Stelle des Umfanges.

Nehmen wir nun an, daß der Achsenfaden eine plötzliche Kontraktion erfährt, d. h. eine Verkürzung seiner Längsachse, welche — da, wie wir bereits gesehen haben (S. 8), bei der Kontraktion des Protoplasmas keine Volumverminderung stattfindet — von einer Zunahme seines Durchmessers begleitet ist. Die Folge wird natürlich eine entsprechende Verkürzung der elastischen Cuticularsubstanz sein, welche die äußere Wandung des Stieles bildet. Befände sich der Achsenfaden ganz auf einer Seite des Stieles, so würde das Resultat der Kontraktion eine Biegung desselben nach dieser Seite zu sein, da jedoch der Faden in der Richtung einer Spirale verläuft, so krümmt sich der Stiel der Reihe nach nach jeder Richtung, d. h. er wird zu einer engen Spirale zusammengezogen.

Der Achsenfaden ist also ein Teil des Protoplasmas, welcher die Eigenschaft der Kontraktilität in besonderm Maße besitzt, in welchem außerdem die Kontraktion in einer bestimmten Richtung — der Längsrichtung der Faser — erfolgt, so daß die unausbleibliche Folge derselben die ist, daß die Faser sich verkürzt und folglich die beiden Enden derselben einander näher rücken. Dies ist das wesentliche Merkmal der Muskelkontraktion und wir können demnach den Achsenfaden der Vorticella als das erste Beispiel eines deutlich differenzierten Muskels betrachten, welches zu unserer Kenntnis gelangt.

Einige interessante Eigentümlichkeiten bietet die Fortpflanzung der Vorticella. Dieselbe vermehrt sich durch Zweiteilung parallel der Längs-

achse des Körpers (Fig. 25,  $E^1$ ,  $E^2$ ). Es wird daher gewöhnlich gefagt, dafs die Teilung eine Längsteilung, nicht wie bei *Paramaecium* eine Querteilung ist. Aber nach der Theorie, dafs das Peristom und der Discus dorsal und das angeheftete Ende vertikal liegen (S. 97), ist die Teilung in Wahrheit auch in diesem Falle eine Querteilung.

Aus den Figuren ist zu ersehen, dafs der Prozeß mit dem Auftreten eines Spalts am distalen Ende ( $E^1$ ) beginnt, welcher allmählich tiefer eindringt, bis zwei vollständige Individuen von normaler Gröfse entstanden sind, welche auf einem einzigen Stiel sitzen. Dieser Zustand ist nicht von langer Dauer. Eine der beiden Tochterzellen nimmt eine nahezu cylindrische Form an, behält ihren Discus und ihr Peristom eingezogen und bekommt einen neuen Wimperring in der Nähe des proximalen Körperendes ( $E^3$ ); darauf löst sie sich vom Stiel, welchen sie im alleinigen Besitz ihrer Schwesterzelle läßt und schwimmt eine Zeitlang in der durch den Pfeil angedeuteten Richtung frei umher. Früher oder später läßt sie sich nieder, heftet sich mit ihrem Proximalende fest, verliert ihren basalen Wimperring und entwickelt einen Stiel, welcher schliesslich zu der normalen Länge heranwächst.

Die Bedeutung dieser Vorgänge ist einleuchtend. Wenn bei der Teilung einer Vorticelle auch der Stiel sich spaltete, und auf diese Weise zwei gewöhnliche festsetzende Formen Seite an Seite gebildet würden, so würde die beständige Wiederholung dieses Prozesses die Zahl der Individuen an einem gegebenen Orte so sehr vermehren, dafs die Nahrungszufuhr unmöglich mehr ausreichen könnte. Dem wird dadurch vorgebeugt, dafs eine der durch die Teilung gebildeten Schwesterzellen so lange ein freies Leben führt, dafs sie im Stande ist, auszuwandern und sich an einem andern Orte niederzulassen, wo der Wettbewerb ihrer Genossen weniger stark ist. Die Erzeugung solcher freischwimmenden Zooide ist demnach ein Verbreitungsmittel (vergl. S. 93); Einrichtungen, welche diesem Zweck dienen, sind sehr verbreitet sowohl bei parasitischen als auch bei festsetzenden Organismen.

Gelegentlich findet Konjugation statt, welche gewisse Eigentümlichkeiten darbietet. Eine Vorticelle teilt sich entweder in zwei ungleiche Teile ( $F^2$ ) oder in zwei gleiche Hälften, deren eine sich wiederum in zwei bis acht Tochterzellen teilt ( $F^1$ ). Auf diese Weise entstehen ein bis acht Mikrozoide, welche den tonnenähnlichen Formen ( $E^3$ ) in Allem gleichen, bis auf die Gröfse, und sich gleich diesen ablösen und mittels eines basalen Wimperringes frei umherschwimmen. Nach einiger Zeit kommt ein Mikrozooid in Berührung mit einer gewöhnlichen Form oder einem Megazoid, worauf es sich nahe dem proximalen Ende des letzteren anheftet ( $G^1$ ) und allmählich von demselben absorbiert wird ( $G^2$ ), so dafs Mega- und Mikrozooid vollständig und für immer mit einander verschmelzen. Wie bei *Paramaecium* ist vermehrte Energie der Ernährungs- und Fortpflanzungsthätigkeit die Folge der Konjugation (vergl. S. 87).

Bemerkenswert ist, dafs in diesem Falle die konjugierenden Körper oder Gameten nicht von gleicher Gröfse und gleichen Eigenschaften sind, indem einer, welcher paffend als Mikrogamet (= Mikrozooid) bezeichnet wird, verhältnismäfsig klein und beweglich, der andere oder Megagamet (= Megazooid oder gewöhnliches Individuum) hingegen verhältnismäfsig grofs und unbeweglich ist. Wie wir in einer späteren Vorlesung sehen werden, ist diese Differenzierung der Gameten genau dieselbe, wie wir sie bei fast allen Organismen mit zwei Geschlechtern antreffen, wo der Mikrogamet der männliche, der Megagamet der weibliche der konjugierenden Körper ist (vergl. Vorlesung XVI).

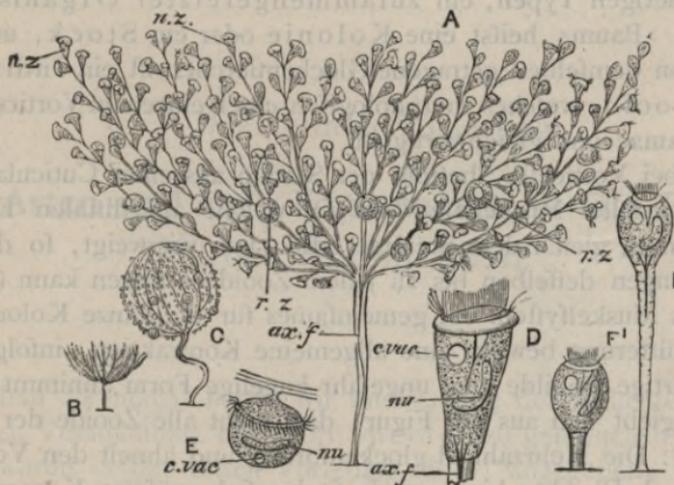
Das Resultat der Konjugation ist in den drei bisher betrachteten Fällen auffallend verschieden: Bei Heteromita (S. 31) vereinigen sich die beiden Gameten zur Bildung einer Zygote, eines unbeweglichen, von einer Zellwand umgebenen Körpers, dessen Protoplasma später in Sporen zerfällt; bei Paramaecium (S. 86) wird keine Zygote gebildet, die Konjugation ist nur eine vorübergehende Vereinigung; bei Vorticella ist die Zygote ein aktiv beweglicher und sich ernährender Körper, und von einem gewöhnlichen Individuum ihrer Art nicht zu unterscheiden.

Vorticella encyftiert sich zuweilen (Fig. 25,  $H^1$ ), und man hat beobachtet, dafs der Kern der encyftierten Form in eine Anzahl von Teilen zerfällt, deren jeder ohne Zweifel von einer Protoplasmaschicht umgeben ist. Nach einiger Zeit springt die Cyste auf und eine Anzahl kleiner Körperchen oder Sporen ( $H^2$ ) schlüpfen aus, deren jede eins der Teilungsprodukte des Kernes enthält. Diese bekommen einen Wimperring ( $H^3$ ), mittels dessen sie frei umher schwimmen, und es ist beobachtet worden, dafs sie sich zuweilen durch Teilung vermehren ( $H^4$ ). Schliesslich fetzen sie sich mit dem Ende, welches die Wimpern trägt, fest ( $H^5$ ); dasselbe beginnt sich in einen Stiel zu verlängern ( $H^6$ ), dieser nimmt an Länge zu, der basale Wimperring geht verloren und es bildet sich an dem freien Ende ein bewimpertes Peristom und ein Deckel ( $H^7$ ). Auf diese Weise nimmt das Tier seine gewöhnliche Form an, durch einen Entwicklungsprozefs, welcher an den der Heteromita (S. 32) erinnert, sich von demselben aber in einem wichtigen Punkte unterscheidet: Die frei schwimmenden Jugendformen der Vorticella ( $H^3$ ), welche sich aus den durch Teilung des encyftierten Protoplasmakörpers entstandenen Sporen entwickeln, weichen in Form und Lebensweise auffallend von den erwachsenen Formen ab. Man bezeichnet dies kurz, indem man sagt, dafs die Entwicklung in diesem Falle von einer Metamorphose begleitet ist, ein Ausdruck, welcher — dem Wortlaut nach nur eine Umgestaltung bezeichnend — in der Biologie gebraucht wird, um einen auffallenden und fundamentalen Unterschied in Gestalt und Lebensweise zwischen dem jungen und dem erwachsenen Individuum einer Art zu bezeichnen, wie z. B. zwischen Kaulquappe und Frosch oder zwischen Raupe und Schmetterling. Es ist einleuchtend, dafs in unserm Falle

die Metamorphose ein weiteres Mittel ist, um die Verbreitung der Art zu sichern.

Bei *Vorticella* ist, wie wir gesehen haben, das Resultat der Teilung nicht die Bildung von gleichen und ähnlichen Tochterzellen, sondern

Fig. 26.



*Zoothamnium arbuscula*. (Nach Saville-Kent.)

*A* ganze Kolonie, vergrößert, mit Nähr- (*n. z.*) und Mehrzooiden (*r. z.*)  
*ax. f.* Achsenfaden des Stieles.

*B* dieselbe, nat. Gr.

*C* dieselbe, vergrößert, im zusammengezogenen Zustande.

*D* Nährzoid, zeigt Kern (*nu*), kontraktile Vakuole (*c. vac.*), Schlund und Achsenfaden (*ax. f.*).

*E* Mehrzoid, zeigt Kern (*nu*), kontraktile Vakuole und das Fehlen von Mund und Schlund.

*F*<sup>1</sup> und *F*<sup>2</sup> zwei Entwicklungsstadien eines Mehrzoids.

von einer gestielten und einer frei schwimmenden Form. Es ist jedoch sehr wohl möglich, sich einen *Vorticella*-ähnlichen Organismus vorzustellen, in welchem sich die Mutterzelle in zwei gleiche und ähnliche Produkte teilt, deren jedes mit dem Stiel in Verbindung bleibt. Wiederholte sich dieser Prozess wieder und wieder, und erstreckte sich des Weiteren die Teilungsebene abwärts, so würde das Resultat ein verzweigtes, baumartiges Stämmchen sein, welches am Ende jedes Zweiges einen *Vorticella*-ähnlichen Körper trägt.

In der That findet ein solcher Prozess zwar nicht bei *Vorticella* selbst, aber bei einem nahe verwandten Infusor statt, dem zierlichen *Zoothamnium*, einer verbreiteten Gattung, welche meist im Meerwasser, an Pflanzen und andern Gegenständen angeheftet gefunden wird.

*Zoothamnium arbuscula* (Fig. 26, *A*) besteht aus einem Hauptstamm, welcher mit seinem proximalen Ende angeheftet ist und an seinem distalen Ende zahlreiche Äste abgibt, deren jeder zahlreiche kurz-

gestielte Glockentierchen trägt, die wie die Blüten des Fingerhuts oder der Glockenblume an ihren Stielen sitzen. Das ganze Stämmchen ist etwa 1 cm hoch und ist also mit bloßem Auge ganz gut sichtbar; Fig. 26, *B* stellt dasselbe in natürlicher Gröfse dar.

Wir sehen demnach, dafs Zoothamnium, abweichend von allen unsern bisherigen Typen, ein zusammengesetzter Organismus ist. Der ganze »Baum« heifst eine Kolonie oder ein Stock, und jedes einzelne von demselben getragene Glockentierchen ist ein Individuum oder ein Zooid, welches morphologisch einer einzelnen Vorticella oder einem Paramaecium gleichwertig ist.

Wie bei Vorticella, besteht der Stamm aus einer Cuticularscheide und einer axialen Muskelfaser (*ax. f.*), welche am distalen Ende des Hauptstammes, gleich dem Stamme selbst, sich verzweigt, so dafs man Verlängerungen desselben bis zu jedem Zooid verfolgen kann (*D*). Es ist also das Muskelsystem ein gemeinsames für die ganze Kolonie, und jede Erschütterung bewirkt eine allgemeine Kontraktion, infolge deren das baumartige Gebilde eine ungefähr kugelige Form annimmt (*C*).

Es ergibt sich aus der Figur, dafs nicht alle Zooide der Kolonie gleich sind: Die Mehrzahl ist glockenförmig und ähnelt den Vorticellen (*A*, *n. z* und *D*), aber hier und da finden sich gröfsere Körper (*A*, *r. z* und *E*) von kugeligter Form, ohne Mund, Peristom oder Discus und mit einem basalen Wimperringe versehen. Der charakteristische bandförmige Kern (*nu*) und die kontraktile Vakuole (*c. vac.*) kommt beiden, den glockenförmigen und den kugeligen Zooiden zu.

Diese kugeligen, mundlosen Zooide sind es, welche für die Fortpflanzung der ganzen Kolonie und für die Sicherung der Verbreitung zu sorgen haben. Sie lösen sich ab, schwimmen eine Zeitlang frei umher, sinken dann zu Boden, entwickeln einen Stiel und einen Mund (*F*<sup>1</sup>, *F*<sup>2</sup>) und lassen endlich durch wiederholte Teilung eine erwachsene, baumartige Kolonie entstehen.

Die Zoothamnium-Kolonie ist also dimorph, sie trägt Individuen von zweierlei Art: Nährzooide, welche Nahrung aufnehmen und die Kolonie durch Teilung vergrößern, aber unfähig sind, neue Kolonien zu begründen, und Mehrzooide, welche, während sie festgeheftet sind, keine Nahrung aufnehmen, aber im Stande sind, nach einer Zeit freien Lebens einen Mund und einen Stiel zu entwickeln und schliesslich eine neue Kolonie zu erzeugen. Dimorphismus ist eine Differenzierung der Individuen einer Kolonie, gerade wie die Bildung eines Achsenfadens, eines Schlundes, einer kontraktilen Vakuole und eines Wimperbefatzes Fälle von Differenzierung des Protoplasmas einer Einzelzelle sind.

## Dreizehnte Vorlesung.

### Die Arten und ihre Entstehung. — Die Prinzipien der Klaffifikation.

---

Mehr als einmal hatten wir im Verlaufe der vorhergehenden Vorlesungen Veranlassung, das Wort *Species* zu gebrauchen — beispielsweise wurde in der ersten Vorlesung (S. 6) angegeben, dafs es verschiedene Arten oder *Species* von Amöben gäbe, welche sich durch die Beschaffenheit ihrer Pseudopodien, die Struktur ihrer Kerne u. a. m. unterscheiden.

Wir müssen nun etwas mehr im Einzelnen untersuchen, was wir unter einer *Species* verstehen, und da hier, wie bei jedem Gegenstande dieser Art, das Studium konkreter Beispiele das beste Hilfsmittel für die Bildung klarer Begriffe ist, so wollen wir uns zur Illustration einiger der verschiedenen Arten von *Zoothamnium* bedienen.

Die in der vorigen Vorlesung beschriebene Art heifst *Zoothamnium arbuscula*. Wie Fig. 26, *A* zeigt, besteht dieselbe aus einem ziemlich starken Hauptstamme, von dessen distalem Ende eine Anzahl schlanker Äste ausgehen, welche büschelförmig divergieren und an kurzen Zweiglein zweiter Ordnung die einzelnen Individuen der Kolonie tragen; diese sind von zweierlei Art, glockenförmige Nährzooide und kugelige Mehrzooide, so dafs die Kolonie dimorph ist.

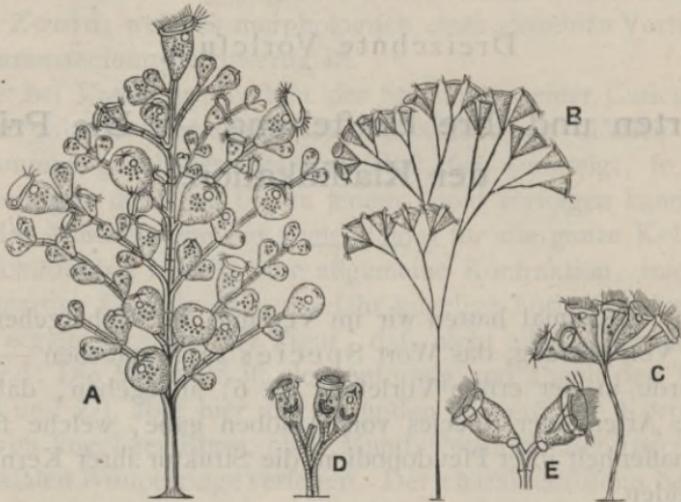
*Zoothamnium* (oder abgekürzt *Z.*) *alternans* (Fig. 27, *A*, a. f. S.), welches gleichfalls im Seewasser vorkommt, unterscheidet sich in der allgemeinen Form der Kolonie wesentlich von *Z. arbuscula*. Der Hauptstamm setzt sich bis zum äußersten Distalende der Kolonie fort und schließt mit einem Zooid ab; von demselben gehen nach rechts und links Äste aus, und diese tragen die übrigen Zooide. Um uns eines Vergleichs von Saville-Kent zu bedienen: *Z. arbuscula* kann mit einem hochstämmigen Fruchtbaum, *Z. alternans* mit einer Spalierpflanze verglichen werden. Auch bei dieser *Species* ist die Kolonie dimorph.

*Z. dichotomum* (Fig. 27, *B*) ist gleichfalls dimorph und zeigt eine dritte Art der Verzweigung. Der Hauptstamm teilt sich in zwei

Teile und jeder der sekundären Äste thut dasselbe, so daß ein wiederholt sich gabelnder Stamm gebildet wird. Die Verzweigung dieser Art nennt man dichotomisch, die von *Z. alternans* monopodial, die von *Z. arbuscula* schirmförmig.

Eine andere Art der Zusammenstellung der Zooide findet sich bei *Z. simplex* (Fig. 27, C), bei welchem der Stamm unverzweigt ist und

Fig. 27.

Arten von *Zoothamnium* (nach Seville-Kent).

*A* *Z. alternans*. *B* *Z. dichotomum*. *C* *Z. simplex*. *D* *Z. affine*.  
*E* *Z. nutans*.

am distalen Ende ein Büschel von ungefähr sechs Zooiden trägt. Die Zooide sind länglicher als bei einer der vorigen Arten und es sind keine befondern Mehrzooide vorhanden. Die Kolonie ist also homomorph.

Bei *Z. affine* (Fig. 27, D) ist der Stiel dichotomisch, aber verhältnismäßig dicker, als bei den vorigen Arten, und trägt etwa vier Zooide, die unter sich gleich sind. Es findet sich im süßen Wasser, an Insekten und andern Wassertieren festgeheftet.

Die letzte Art, die wir betrachten wollen, ist *Z. nutans* (Fig. 27, E), welche die einfachste bekannte Art ist und niemals mehr als zwei, zuweilen sogar nur ein Individuum trägt.

Ein Blick auf die Figuren 26 und 27 zeigt uns, daß diese sechs Arten miteinander übereinstimmen in der allgemeinen Form der Zooide, in der Beschaffenheit des Kernes, der kontraktilen Vakuole u. s. w., in der Anordnung der Wimpern und in dem Umfange, daß sie alle zusammengesetzte Organismen sind, welche aus zwei oder mehr an einem Stiel sitzenden Zooiden bestehen. Der Achsenfaden des Stammes verzweigt sich mit diesem, d. h. er erstreckt sich kontinuierlich durch die ganze Kolonie.

In Anbetracht dessen, daß diese wichtigen Merkmale ihnen gemeinsam zukommen, stellt man alle hier beschriebenen Species in die eine Gattung (Genus) *Zoothamnium* und man nennt die im vorigen Absatz aufgezählten Merkmale die generischen oder Gattungsmerkmale. Andererseits werden die unterscheidenden Punkte zwischen den verschiedenen Arten, so z. B. die Gabelung des Stieles bei *Z. dichotomum*, die Gegenwart von nur zwei Zooiden bei *Z. nutans* u. f. w. als spezifische oder Artcharaktere bezeichnet. In gleicher Weise ist der Name *Zoothamnium*, welcher allen Arten gemeinsam zukommt, der Gattungsname, während die Namen, welche nur eine besondere Art bezeichnen, wie z. B. *arbuscula*, *simplex* u. f. w., die Artnamen oder Speciesnamen sind. Wie in der ersten Vorlesung (S. 6) erwähnt wurde, wird diese Art, die Organismen zu benennen, als das Linné'sche System der binomialen Nomenklatur bezeichnet.

Aus der vorhergehenden Erörterung wird erhellen, daß wir unter einer Art eine Anzahl von einfachen oder zusammengesetzten individuellen Organismen verstehen, welche miteinander in allen Punkten übereinstimmen, mit Ausnahme unwesentlicher Merkmale, wie z. B. der jedesmaligen Zahl der Zooide bei *Zoothamnium*, welche innerhalb derselben Species beträchtlich wechseln kann, und daher in den Bereich der individuellen Variation fällt. In gleicher Weise verstehen wir unter einer Gattung eine Gruppe von Arten, welche untereinander in den Hauptzügen ihrer Organisation übereinstimmen, aber in Einzelheiten voneinander abweichen, und deren Abweichungen beständig sind.

Ein Vergleich der sechs beschriebenen Arten läßt uns einige interessante Beziehungen zwischen denselben erkennen. So ist es z. B. offenbar, daß *Zoothamnium arbuscula* und *Z. alternans* viel komplizierter gebaut sind, d. h. daß sie eine weitergehende Differenzierung ihrer ganzen Kolonie zeigen, als *Z. simplex* oder *Z. nutans*, so daß wir innerhalb der Grenzen der einen Gattung vergleichsweise niedere oder generalisierte, und höhere oder specialisierte Arten unterscheiden können. Nichtsdestoweniger wird eine kurze Überlegung zeigen, daß wir die Arten nicht in eine einzige Reihe ordnen können, welche mit der niedersten beginnt und mit der höchsten endet; denn wenn wir auch kein Bedenken trügen, *Z. nutans* an den Anfang der Reihe zu setzen, so wäre es doch unmöglich, zu sagen, ob *Z. affine* oder *Z. simplex*, ob *Z. arbuscula* oder *Z. alternans* höher zu stellen sei.

Es ist jedoch leicht, die Species nach einem bestimmten System in Gruppen zu ordnen. Nehmen wir z. B. die Art der Verzweigung als Kriterium, so müßten *Z. nutans*, *affine* und *dichotomum* zusammengestellt werden, da sie dichotomisch, und ebenso *Z. simplex* und *Z. arbuscula*, da sie schirmförmig verzweigt sind, indem die Zooide der einen und die Zweige der andern Art alle zusammen vom Gipfel des Hauptstammes entspringen; in diesem System würde *Z. alternans* in Anbetracht seiner monopodialen Verästelung allein stehen. Oder wir bilden zwei

Gruppen: eine der dimorphen Formen, welche *Z. arbuscula*, *alternans* und *dichotomum*, und eine der homomorphen Arten, welche *Z. affine*, *simplex* und *nutans* umfaßt. So haben wir zwei sehr naheliegende Methoden, die Arten von *Zoothamnium* zu ordnen oder zu klassifizieren, und es erhebt sich nunmehr die Frage, welche von diesen — wenn überhaupt eine — ist die richtige? Giebt es irgend ein Merkmal, auf Grund dessen man die Berechtigung einer gegebenen Klassifikation dieser oder anderer Organismen erkennen könnte, oder hängt alles von der Laune des Klassifikators ab, wie etwa die Anordnung der Bücher in einer Bibliothek? Mit andern Worten, sind alle möglichen Systeme der Lebewesen mehr oder weniger künstlich, oder giebt es etwas, wie eine natürliche Klassifikation?

Nehmen wir an, wir hätten alle Glieder einer gegebenen Familie zu mustern und zu klassifizieren. — Eltern und Großeltern, Onkel und Tanten, nähere und entferntere Vettern u. f. w. Offenbar giebt es hundert Methoden, nach denen man sie möglicherweise einteilen könnte — in Dunkle und Blonde, Große und Kleine, Kraushaarige und Glatthaarige u. f. w. Aber es ist ebenso klar, daß alle diese Einteilungen durchaus künstlich fein würden, und daß der einzige natürliche Weg, d. h. der einzige Weg, der uns zur Erkenntnis des wirklichen Zusammenhanges der einzelnen Familien miteinander führt, die Klassifikation derselben nach ihrer Blutsverwandtschaft fein würde, mit andern Worten, es müßte unsere Anordnung die Form eines Stammbaumes annehmen.

Man könnte nun fragen: was hat dies mit dem in Rede stehenden Gegenstande, mit der Klassifikation der Arten von *Zoothamnium* zu thun?

Zwei Theorien giebt es, welche das Dasein der zahllosen Arten lebender Wesen, welche unsere Erde bewohnen, zu erklären versuchen: Die Schöpfungstheorie und die Entwicklungstheorie.

Der Schöpfungstheorie zufolge stammen alle Individuen jeder gegenwärtig lebenden Art — die Zehntausende von Hunden, Eichbäumen, Amöben u. dergl. m. — auf natürlichem Wege von einem einzelnen Individuum, oder von einem Paar derselben her, welches in jedem Falle in allen wesentlichen Beziehungen seinen jetzt lebenden Nachkommen ähnlich war, und welches durch einen außerhalb des gewöhnlichen Naturverlaufes liegenden Vorgang ins Leben gerufen wurde, den man als Schöpfungsakt bezeichnet. Nach dieser Annahme würde die Geschichte der Gattung *Zoothamnium* durch das nebenstehende Schema (Fig. 28) veranschaulicht werden; jede Art würde von einem einzelnen Individuum herkommen, welches, unabhängig von den Stammeltern aller übrigen Arten, in irgend einer fernliegenden Periode der Erdgeschichte ins Leben trat.

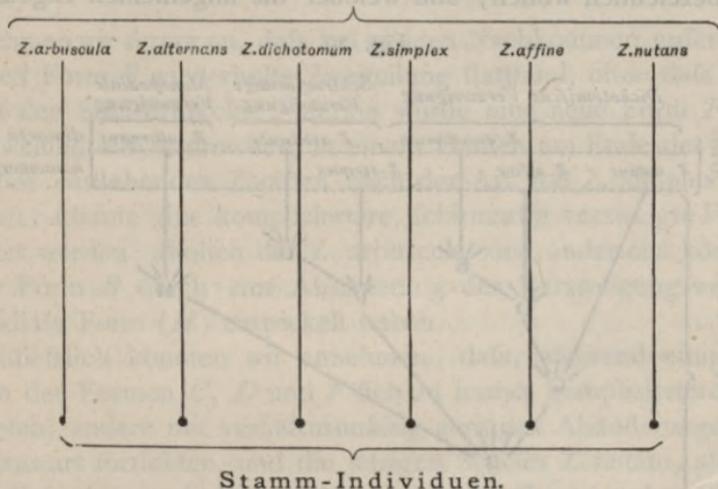
Zu beachten ist, daß nach dieser Theorie zwischen den verschiedenen Arten nicht mehr wirkliche Verwandtschaft bestände, als zwischen einer derselben und einer *Vorticella*, oder auch beispielsweise einem Menschen. Die Individuen jeder einzelnen Art sind wirklich verwandt,

da sie von gemeinsamer Abstammung sind, aber zwischen den Individuen zweier unabhängig voneinander erschaffenen Arten besteht nicht mehr Verwandtschaft, als zwischen zwei unabhängig voneinander gefertigten Stühlen oder Tischen. Das Wort Verwandtschaft, insofern es auf verschiedene Arten angewandt wird, ist der Schöpfungstheorie zufolge rein bildlich, und bedeutet nicht mehr, als das Vorhandensein einer gewissen Gleichheit oder Gemeinsamkeit des Baues, gerade so wie wir sagen können, daß ein Lehnstuhl näher mit einem Küchenstuhl verwandt ist, als jeder derselben mit einem Schemel.

Wir sehen demnach, daß die verschiedenen Abstufungen der Gleichheit und Ungleichheit zwischen den Arten in der Schöpfungstheorie

Fig. 28.

## Jetzt lebende Individuen.



Schema zur Veranschaulichung des Ursprungs der Arten von *Zoothamnium* durch selbständige Schöpfung.

keine Erklärung finden und daß wir durch diese kein allgemein gültiges Kriterium für die Klassifikation derselben erhalten; wir mögen die Organismen, soweit unsere Kenntnis es gestattet, nach ihren Ähnlichkeiten und Verschiedenheiten ordnen, aber die verhältnismäßige Wichtigkeit der Charaktere, auf die wir uns dabei stützen, bleibt eine rein subjektive Sache.

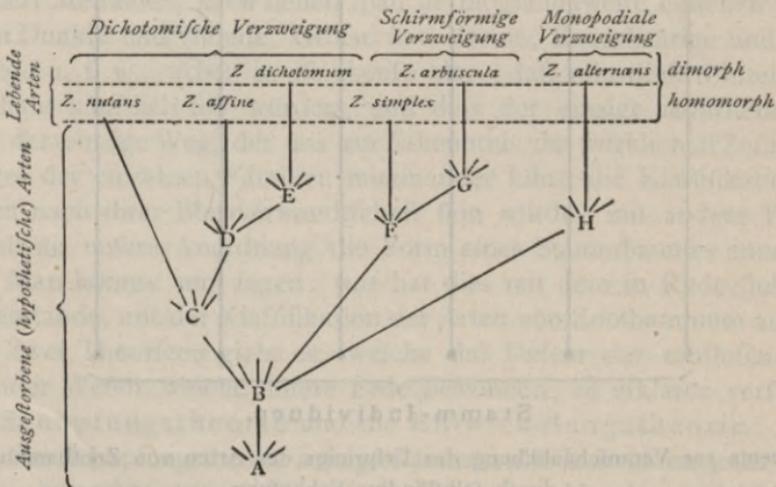
Nach der entgegengesetzten Theorie — der Descendenz- oder der organischen Entwicklungstheorie — leitet sich jede heute existierende Art auf dem Wege natürlicher Abstammung von einer andern Art her, welche in einer früheren Periode der Erdgeschichte lebte. Wenn wir die Individuen einer jetzt lebenden Art von Generation zu Generation verfolgen könnten, so würden wir nach dieser Hypothese ihre Charaktere in allmählicher Umwandlung begriffen sehen, bis wir endlich einen Zeitpunkt erreicht haben, in welchem die Unterschiede so beträchtlich ge-

worden sind, daß wir uns genötigt sehen, die Stammform zu einer andern Art zu zählen, als ihre gegenwärtig lebenden Nachkommen. Und in gleicher Weise würden wir finden, wenn wir die Arten einer einzelnen Gattung rückwärts verfolgen könnten, daß dieselben sich in ihrem Bau einander nähern, bis sie endlich in eine einzige Art zusammenlaufen, welche von den jetzt existierenden abweicht, aber in wahrhaft stammelterlichem Verhältnis zu allen steht.

Erläutern wir dies, indem wir wieder auf *Zoothamnium* Bezug nehmen. Thatächlich wissen wir nichts von der Geschichte dieser Gattung, aber das Verständnis dessen, was man unter Entwicklung der Arten versteht, wird wesentlich erleichtert, wenn wir eine Hypothese aufstellen.

Nehmen wir an, es habe in einer weit zurückliegenden Periode der Erdgeschichte ein der *Vorticella* ähnlicher Organismus existiert, den wir mit *A* bezeichnen wollen, und welcher die allgemeinen Eigenschaften

Fig. 29.



Schema zur Veranschaulichung des Ursprungs der Arten von *Zoothamnium* durch Entwicklung.

eines einzelnen, gefielten Zooids von *Zoothamnium* (vergl. Fig. 26,  $F^2$ ) befaßt hätte, und nehmen wir weiter an, daß von den zahlreichen Nachkommen dieser Form, welche durch die von *A* ausgehenden Linien angedeutet werden, einige waren, bei welchen beide durch die Längsteilung des Körpers entstandene Individuen auf dem Stiel angeheftet blieben, anstatt daß, wie bei den *Vorticellen*, eins derselben frei fort schwamm. Es müßte dann das Resultat — wodurch dasselbe veranlaßt wurde, kommt für unsere augenblickliche Absicht nicht in Betracht — eine einfache Kolonie gewesen sein, welche aus zwei dem Ende eines einzigen, ungeteilten Stieles angewachsenen Zooiden bestand. Nennen wir diese Form *B*.

Denken wir uns nun zunächst, daß bei einigen Nachkommen von *B* — welche wiederum, wie vorher, durch divergierende Linien an-

gedeutet wurden — die Teilungsebene sich weiter nach abwärts, bis in das distale Ende des Stieles hinein erstreckte, so würde die Folge davon die Entstehung einer aus zwei auf einem gegabelten Stiel sitzenden Zooiden bestehenden Form (*C*) sein, welche dem *Zoothamnium nutans* ähnelt. Würde sich bei einigen Descendenten von *C* derselbe Vorgang wiederholen, indem sich jedes der beiden Zooide wiederum in zwei fest-sitzende Individuen teilte und die Teilung auch den Stiel beträfe, so würden wir zu einer Art gelangen, welche, wie *Z. affine*, vier Zooide auf einem dichotomisch verzweigten Stamme trägt. Lassen wir denselben Prozeß von Generation zu Generation sich fortsetzen, so daß die Kolonie immer zahlreicher wird, so gelangen wir schliesslich zu einer Art *E*, welche aus zahlreichen Zooiden auf einem vielfach dichotomisch sich verzweigenden Stamm besteht und demnach an *Z. dichotomum* erinnert.

Nehmen wir ferner an, daß bei einigen Nachkommen unserer hypothetischen Form *B* wiederholte Zweiteilung stattfand, ohne daß dieselbe sich auf den Stiel erstreckte; hieraus würde eine neue Form *F* hervorgehen, welche aus zahlreichen, in einem Haufen am Ende des ungeteilten Stieles entstehenden Zooiden nach der Art von *Z. simplex* besteht. Von dieser könnte eine kompliziertere, schirmartig verzweigte Form (*G*) abgeleitet werden, ähnlich der *Z. arbuscula*, und andererseits könnte sich aus der Form *B* durch eine Abänderung der Verzweigungsweise eine monopodiale Form (*H*) entwickelt haben.

Schliesslich könnten wir annehmen, daß, während einige Nachkommen der Formen *C*, *D* und *F* sich zu immer komplizierteren Arten ausbildeten, andere mit verhältnismäßig geringen Abänderungen bis in die Gegenwart fortlebten, und die jetzigen Species *Z. nutans*, *affine* und *simplex* lieferten, und daß in den gleichfalls überlebenden Vertretern der Formen *E*, *G* und *H* eine Differenzierung der einzelnen Zooide eintrat, welche zur Entwicklung der dimorphen Arten *Z. dichotomum*, *arbuscula* und *alternans* führten.

Es ergibt sich, daß bei Zugrundelegung dieser Hypothese die verhältnismäßige Ähnlichkeit und Unähnlichkeit der Species von *Zoothamnium* sich daraus erklärt, daß sie mit größerer oder geringerer Abänderung oder Divergenz ihrer Charaktere aus der Stammform *A* sich entwickelten. Und so gelangen wir zu einer Anordnung oder Klaffifikation in Form eines Stammbaumes, welche unserer Hypothese zufolge eine streng natürliche ist, da sie genau die Verwandtschaft der einzelnen Arten untereinander und mit der Stammform erkennen läßt. So liefert nach der Entwicklungstheorie eine natürliche Klaffifikation irgend einer gegebenen Gruppe verwandter Organismen einfach ihren Stammbaum, oder, wie man gewöhnlich sagt, ihre Phylogenie.

Wir dürfen dabei nicht vergessen, daß die Formen *A*, *B*, *C*, *D*, *E*, *F*, *G* und *H* rein hypothetisch sind; wir haben ihre Existenz angenommen, um die Descendententheorie an einem konkreten Beispiel zu erläutern.

tern. Der einzige Weg, auf welchem wir mit vollkommener Sicherheit zu einer durchaus natürlichen Klaffifikation der Zoothamnium-Arten gelangen könnten, wäre der, daß wir Exemplare aus der weit zurückliegenden Periode auffänden, in welcher die Gattung zuerst ins Leben trat; und hiervon kann nicht die Rede sein, da kleine, zarte Organismen, wie diese, keinerlei Aussicht haben, in fossilem Zustande erhalten zu werden.

Es ist einleuchtend, daß die Entwicklungstheorie vor der Schöpfungstheorie den Vorzug voraus hat, daß sie eine vernünftige Erklärung gewisser Thatfachen bietet. Zunächst werden alle die verschiedenen Grade von Ähnlichkeit und Unähnlichkeit der Arten dadurch erklärt, daß sie sich zu verschiedenen Zeiten voneinander abgezweigt haben; so erklärt sich z. B. der Umstand, daß *Z. affine* und *Z. dichotomum* sich in ihrem Bau ähnlicher sind, als jede dieser beiden einer der andern Arten ist, daraus, daß diese beiden Arten in der Form *D* eine gemeinfame Stammform besitzen, während wir, um eine derselben, sagen wir mit *Z. arbuscula* in Verbindung zu bringen, bis auf *B* zurückgehen müssen. Des weiteren ist die Thatfache, daß alle Arten, so kompliziert sie im ausgebildeten Zustande auch sein mögen, ihr Leben als einfache Zooide beginnen, darin begründet, daß jeder Organismus im Laufe seines individuellen Lebens die Reihe der Umwandlungen wiederholt, welche seine Ahnen im Laufe der Zeit durchgemacht haben. Mit andern Worten, die Ontogenie oder die Entwicklung des Individuums ist in ihren Hauptzügen eine Rekapitulation der Phylogenie oder der Entwicklung des Stammes.

Noch auf einen andern Gegenstand müssen wir zum Schluß dieser Vorlesung eingehen. Es ist offenbar, daß die Entwicklung einer Art aus einer andern das Vorkommen von Abänderungen bei der Stammform voraussetzt. In der That kommen derartige individuelle Abänderungen allenthalben vor; es ist eine täglich zu beobachtende Thatfache, daß nicht zwei Blätter, zwei Muscheln oder zwei menschliche Wesen völlig gleich sind, und in unserer typischen Gattung Zoothamnium ist die Zahl der Zooide, ihre specielle Anordnung, die Einzelheiten ihrer Verzweigung u. s. w., der Variation unterworfen. Man kann dies so ausdrücken, daß die Vererbung, welche in der Nachkommenschaft die Tendenz hervorruft, den Eltern im Wesentlichen ähnlich zu werden, eingeschränkt wird durch die Variabilität, auf Grund deren die Nachkommen sich in Einzelheiten von den Stammeltern zu entfernen streben. Wenn aus irgend einem Grunde eine individuelle Variation beständig bleibt, so führt dies zur Bildung einer sogenannten Varietät der Species, und, zufolge der Theorie von der Entstehung der Arten auf dem Wege allmählicher Entwicklung, kann eine solche Varietät im Laufe der Zeit zu einer neuen Art werden. Demnach ist eine Varietät eine in Entwicklung begriffene Art, und eine Art eine (verhältnismäßig) permanente Varietät.

Es liegt nicht im Plane des vorliegenden Buches, die Urfachen der Variabilität oder die Gründe, welche die Erhebung einer Varietät zum Range einer Species bestimmen, eingehend zu erörtern; beide Fragen sind so verwickelt, dafs sie nur in ausführlicherer Darstellung gründlich erörtert werden können, und eine kurze Skizze könnte nur irreleitend sein. Als Vorbereitung für das Studium von Darwin's »Entstehung der Arten« empfehlen wir dem Leser Romanes' »Evidences of organic evolution«, in welchem Buche die Descendenztheorie so kurz erörtert ist, wie es sich mit der Klarheit und Genauigkeit verträgt.

Foraminifereu, Radiolarien und Diatomeen

In den vier letzten Vorlesungen haben wir gelernt, wie ein einfacher Organismus durch Fortschritte innerhalb seiner Fortpflanzung zu einem erheblich komplizierteren werden kann. In der gegenwärtigen Vorlesung werden wir kurz einige Beispiele betrachten, bei welchen während des Fortschritts der einzelnen Körper-Verhältnisse anderer Veränderungen ist, eine ausserordentliche Mannigfaltigkeit und Verschiedenheit der Form zu Stande kommt. Diese sind die letzten, entweder in Gestalt einer einfachen Zelle oder durch Bildung von Hüllen innerhalb des Cytoplasmas selbst.

Der Name Foraminifereu kommt einer ausserordentlichen Gruppe von Organismen zu, welche im Meere sehr gewöhnlich sind, und deren einige nahe der Oberfläche, andere in verschiedenen Tiefen leben. Ihre Größe reicht von der eines Sandkorns bis zu der eines Schilms. Sie bestehen aus verschiedenen geformten Fortpflanzungsorganen, welche keine Hüllen und die in verschiedenen Fortpflanzungsorganen sind, und ausserordentlich hart und ausserordentlich klebrig sind. Der Zellkörper dieser Organen ist demnach sehr einfach und sehr leicht mit dem eines einfachen Amöbe mit seinen ähnlichen Fortpflanzungsorganen zu vergleichen.

Was jedoch den Foraminifereu ihren besonderen Charakter verleiht, ist die Umhüllung, die das Cytoplasma von einer ausserordentlich harten, gewöhnlich aber mit kohlensaurem Kalk imprägnierten Zellwand umgeben ist, welche im letzten Falle eine sehr dicke Schicht bildet. In einem Falle, wo A. B. in der Gattung *Rotalia* (Fig. 20), ist diese von zahllosen kleinen röhrenförmigen Durchgängen durchsetzt, durch welche die Fortpflanzungsorganen ausströmen können. Bei anderen besteht die nur eine grosse Öffnung (Fig. 21), aus welcher das Fortpflanzungsorgan hervorsticht. In anderen Fällen die äußere Fläche der Schale durchsetzt und besteht, so man die Schale in einem Falle die Stelle einer Zelle und einer oder mehrerer Öffnungen ein, während sie in anderen Fällen nicht im

## Vierzehnte Vorlesung.

### Foraminiferen, Radiolarien und Diatomeen.

In den vier letzten Vorlesungen haben wir gelernt, wie ein einzelliger Organismus durch Differenzierungen innerhalb seines Protoplasma-körpers einen erheblich komplizierten Bau gewinnen kann. In der gegenwärtigen Vorlesung werden wir kurz einige Lebewesen betrachten, bei welchen, während das Protoplasma des einzelligen Körpers verhältnismässig wenig differenziert ist, eine außerordentliche Mannigfaltigkeit und Vielgestaltigkeit der Form zu Stande kommt durch Bildung eines Skelettes, entweder in Gestalt einer erhärteten Zellwand oder durch Bildung von Hartteilen innerhalb des Protoplasmas selbst.

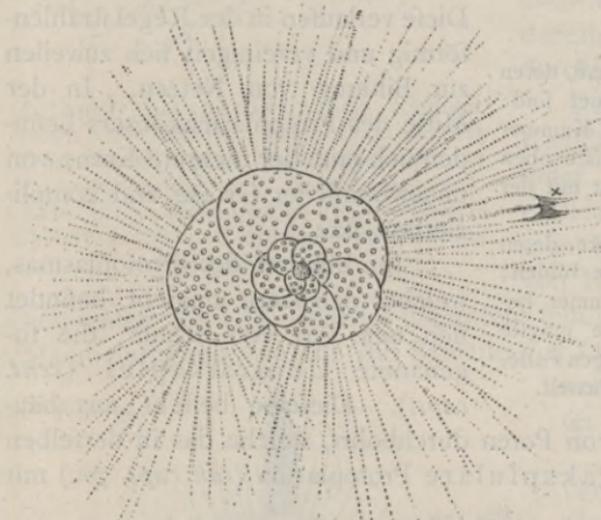
Der Name Foraminiferen kommt einer ausgedehnten Gruppe von Organismen zu, welche im Meere sehr gewöhnlich sind, und deren einige nahe der Oberfläche, andere in verschiedenen Tiefenzonen leben. Ihre Grösse wechselt von der eines Sandkorns bis zu der eines Schillings. Sie bestehen aus verschiedenen gestalteten Protoplasmanmassen, welche Kerne enthalten und sich in zahlreiche Pseudopodien verlängern; diese sind außerordentlich lang und zart und vereinigen sich häufig miteinander zu einem Netz, wie bei  $x$  in Fig. 30. Der Zellkörper dieser Organismen ist demnach sehr einfach und lässt sich mit dem einer vielkernigen Amöbe mit feinen strahligen Pseudopodien vergleichen.

Was jedoch den Foraminiferen ihren besonderen Charakter verleiht, ist der Umstand, dass das Protoplasma von einer zuweilen häutigen, gewöhnlich aber mit kohlenfaurem Kalk imprägnierten Zellwand umgeben ist, welche im letzteren Falle eine Schale darstellt. In einigen Fällen, wie z. B. in der Gattung *Rotalia* (Fig. 30), ist diese von zahlreichen kleinen Öffnungen durchbohrt, durch welche die Pseudopodien ausgestreckt werden, bei andern besitzt sie nur eine grosse Mündung (Fig. 31), aus welcher das Protoplasma hervortritt, Pseudopodien bildet und häufig die äussere Fläche der Schale überfließt und bedeckt. So nimmt die Schale in einigen Fällen die Stelle einer Zellwand mit einer oder mehreren Öffnungen ein, während sie in andern Fällen mehr im

Inneren liegt und vom Protoplasma aufsen bedeckt und innen erfüllt wird.

Die Art des Wachstums der Foraminiferen wird wesentlich durch die harte und keiner Ausdehnung fähige Zellwand bestimmt, welche, wenn sie einmal gebildet ist, nicht mehr erweitert werden kann. Im jugendlichen Zustande bestehen sie aus einer einfachen Protoplasma-masse, welche von einer mehr oder weniger kugeligen Schale mit wenigstens einer Öffnung umgeben ist. In den meisten Fällen tritt jedoch der Zellkörper bei weiterem Wachstum durch die Öffnung der Schale hervor, zuerst als eine nackte Protoplasma-masse, welche aber bald eine

Fig. 30.



Eine lebende Foraminifere (*Rotalia*); zeigt die feinen, strahligen Pseudopodien, welche durch Öffnungen der gekammerten Schale hindurchtreten. Bei  $\times$  sind verschiedene derselben zusammengefasst. (Aus Gegenbaur.)

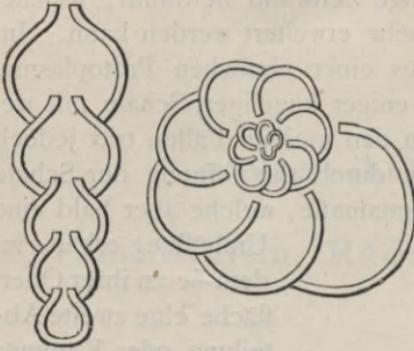
Umhüllung erhält, indem sie an ihrer Oberfläche eine zweite Abteilung oder Kammer der Schale absondert. Letztere besteht nun aus zwei Kammern, welche miteinander durch eine kleine Öffnung in Verbindung stehen, und deren eine — die zuletzt gebildete — sich nach aufsen öffnet. Dieser Vorgang kann sich fast unbegrenzt oft wiederholen, die aufeinander folgenden Kammern

bleiben stets in Verbindung durch schmale Öffnungen, durch welche der Zusammenhang des ganzen Protoplasmakörpers ermöglicht wird, während die zuletzt gebildete Kammer eine terminale Öffnung besitzt, welche dem Protoplasma den freien Verkehr mit der Aufsenwelt ermöglicht.

Die neuen Kammern können sich in einer geraden Linie aneinander reihen (Fig. 31, *A*, a. f. S.), oder in einer leichten Krümmung, oder in einer flachen Spirale (Fig. 31, *B*), oder wie die Kammern einer Nautiluschale, oder mehr oder weniger unregelmäßig. Auf diese Weise kommen Gehäuse von großer Mannigfaltigkeit und Formschönheit zu Stande, welche oft an die Schalen von Mollusken erinnern und zuweilen einen wunderbar komplizierten Bau besitzen (Fig. 32, a. f. S.). Dem Leser sei die Durchmusterung einer Anzahl Präparate einiger der wichtigsten Gattungen und der Tafeln in Carpenters »Introduction to the study of Foraminifera« (Ray Society, 1862) oder in Bradys »Report on the

Foraminifera of the 'Challenger' Expedition« empfohlen, um einen Einblick in die weitgehende Differenzierung zu gewinnen, welche die Schalen dieser so sehr einfachen Organismen aufweisen.

Fig. 31.



A Schema einer Foraminifere, deren Kammern geradlinig angeordnet sind: die kleinste, zuerst gebildete Kammer ist unten, die jüngste und grösste oben gezeichnet. Die letztere steht mit der Aussenwelt in Verbindung.

B Schema einer Foraminifere, deren Kammern eine flache Spirale bilden; die älteste und kleinste Kammer befindet sich in der Mitte, die jüngste und grösste steht, wie im vorigen Falle, in Verbindung mit der Aussenwelt.

tiger Substanz und wird von Poren durchbohrt, welche das in derselben eingeschlossene oder intrakapsulare Protoplasma (*int. caps. pr.*) mit

Die Radiolarien bilden eine andere Gruppe mariner Tierchen, deren zahlreiche Gattungen gleich den Foraminiferen zu den zierlichsten mikroskopischen Objekten gehören. Auch sie bestehen aus einer Protoplastmamaffe (Fig. 33), welche zahlreiche Pseudopodien (*psd.*) abgibt. Diese verlaufen in der Regel strahlenförmig und vereinigen sich zuweilen zur Bildung von Netzen. In der Mitte des Protoplastmakörpers befinden sich ein oder mehrere Kerne von ungewöhnlicher Grösse und kompliziertem Bau.

Im Inneren des Protoplastmas, welches den Kern umgiebt, befindet sich eine Art von Schale, die sogenannte Centalkapsel (*cent. caps.*). Dieselbe besteht aus häu-

Fig. 32.

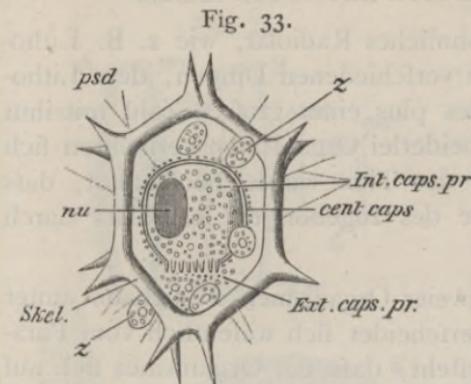


Durchschnitt durch eine kompliziertere Foraminifere (*Alveolina*); zeigt die zahlreichen von (punktierem) Protoplasma erfüllten Kammern, welche durch Zwischenwände (weiss) voneinander getrennt sind. Vergr. 60. (Aus Gegenbaur nach Carpenter.)

dem umgebenden oder extrakapsularen (*extr. caps. pr.*) in Verbindung setzen. Aber aufer dieser einfachen häutigen Schale entwickelt sich oft, namentlich in dem extrakapsularen Protoplasma, ein

in den meisten Fällen aus reiner Kiefelerde gebildetes Skelett, oft von ausnehmender Schönheit und Kompliziertheit. Eine ausgezeichnete Form stellt Fig. 34 dar. Dieselbe besteht aus drei konzentrischen durchbohrten Kugelschalen, welche durch radiale Stacheln miteinander verbunden sind. Das Material, aus welchem dasselbe besteht, gleicht dem durchsichtigsten Glase.

Der Leser sollte Präparate von Kiefelskeletten dieser — auch unter dem Namen der Polycyctinen bekannten — Organismen durchmustern und die Tafeln von Haeckels Radiolarienwerk

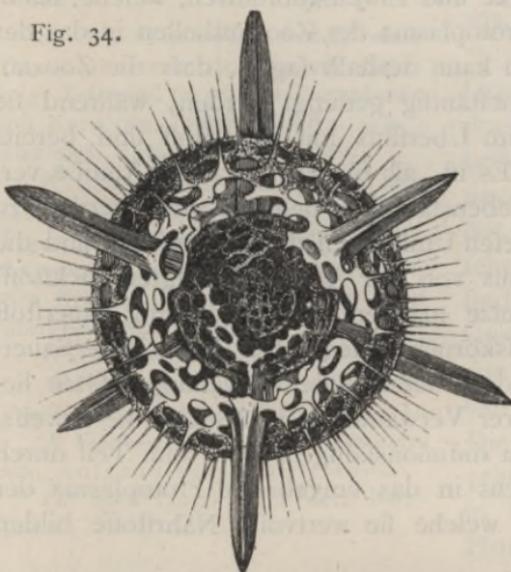


*Lithocircus annularis*, ein Radiolar (nach Bütschli). Zeigt Centralkapsel (*cent. caps*), intra- und extrakapsuläres Protoplasma (*int. caps. pr*, *ext. caps. pr*), Kern (*nu*), Pseudopodien (*psd*), Kiefelskelett (*skel*) und symbiotische Zooxanthella-Zellen (*z*).

betrachten; er wird zweifellos überrascht sein von der Kompliziertheit und Mannigfaltigkeit, welche die Skelette von Organismen erkennen lassen,

welche selbst kaum komplizierter erscheinen als Amöben.

Bevor wir die Radiolarien verlassen, müssen wir noch einen Gegenstand von besonderem Interesse berühren, welcher zur Physiologie dieser Tiergruppe gehört. Es finden sich gewöhnlich in dem extrakapsularen Protoplasma eingebettet gewisse kleine runde Körperchen von gelber Farbe, welche oft als »gelbe Zellen« bezeichnet werden (Fig. 33, *z*). Jeder derselben besteht aus Protoplasma, ist von einer Cellulosewand umgeben und durch Chlorophyll gefärbt, mit welchem noch ein gelber Farbstoff von ähnlicher Beschaffenheit, das sogenannte Diatomin, verbunden ist.



Skelett eines Radiolar (Actinomma), aus drei konzentrischen, durchbohrten Kugelschalen bestehend, welche durch radiale Stacheln miteinander verbunden sind. Die beiden äußeren Schalen zum Teil aufgebrochen, um die innere erkennen zu lassen. (Aus Gegenbaur nach Haeckel.)

Lange Zeit hindurch waren diese Körper den Biologen ein völliges Rätsel, aber es ist nunmehr bündig nachgewiesen, daß es selbständige Organismen sind, welche an die ruhende Form des Haematococcus erinnern und den Namen *Zooxanthella nutricula* führen.

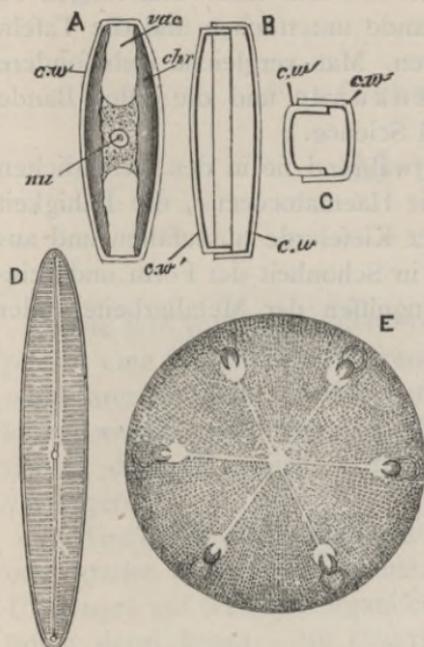
Es besteht demnach ein gewöhnliches Radiolar, wie z. B. *Lithocircus* (Fig. 33), aus zweierlei ganz verschiedenen Dingen, dem *Lithocircus* im engeren Sinne des Wortes plus einer großen Zahl mit ihm verbundener *Zooxanthellen*. Die beiderlei Organismen vermehren sich ganz unabhängig voneinander: in der That wurde beobachtet, daß *Zooxanthellen* sich nach dem Tode des zugehörigen Radiolars durch Teilung vermehrten.

Ein solches Zusammenleben zweier Organismen ist bekannt unter dem Namen *Symbiose*. Es unterscheidet sich wesentlich vom *Parasitismus* (S. 93), welcher darin besteht, daß ein Organismus sich auf Kosten des andern ernährt, so daß der Wirt keinen Vorteil, sondern nur Nachteil von der Anwesenheit des Parasiten hat. Bei der *Symbiose* hingegen befinden sich beide Organismen im Zustande einer wechselseitig vorteilhaften *Genossenschaft*. Die *Kohlenäure* und die *stickstoffhaltigen Zerfallsprodukte*, welche die *Radiolarien* ausscheiden, dienen den *Zooxanthellen* als beständige Nahrungsquelle; gleichzeitig sichern die letzteren den *Radiolarien* durch *Zerfetzung der Kohlenäure* eine beständige *Sauerstoffzufuhr* und versehen sie gleichzeitig mit zwei wichtigen Nahrungsmitteln, mit *Stärke* und *Eiweißsubstanzen*, welche, nachdem sie gelöst sind, aus dem *Protoplasma* der *Zooxanthellen* in das der *Radiolarien* diffundieren. Man kann deshalb sagen, daß die *Zooxanthellen* von den *Radiolarien* beständig gedüngt werden, während sie hinwiederum die *Radiolarien* im Überflusse mit *Sauerstoff* und bereits verdauter Nahrung versehen. Es ist, als ob ein von einer *Amöbe* verzehrter *Haematococcus* seine *Lebensfähigkeit* behielte, statt verdaut zu werden; er würde sich unter diesen Umständen die *Kohlenäure* und die auf dem Wege des *Katabolismus* von der *Amöbe* erzeugten *stickstoffhaltigen Zerfallsprodukte* zu Nutze machen und gleichzeitig *Sauerstoff* abgeben und *Stärke* und *Eiweißkörper* bilden. Der entwickelte *Sauerstoff* würde einen *Zuschuss* zu dem der *Amöbe* notwendigen *Gase* liefern, die *Stärke* würde nach ihrer *Verwandlung* in *Zucker*, die *Eiweißstoffe* nach ihrer *Überführung* in *diffusionsfähige Form*, zum Teil durch die *Zellwand* des *Haematococcus* in das umgebende *Protoplasma* der *Amöbe* hineindiffundieren, für welche sie wertvolle *Nährstoffe* bilden würden.

Es sind also, wie dies schon gesagt wurde, die *Beziehungen* zwischen einem *Radiolar* und den mit ihm gemeinsam lebenden gelben Zellen genau dieselben, welche zwischen dem *Tier- und Pflanzenreiche* im Allgemeinen bestehen.

Die Diatomaceen oder Diatomeen<sup>1)</sup>, wie sie oft der Kürze halber genannt werden, bilden eine Gruppe kleiner Organismen, welche eine große Zahl von Gattungen und Arten umfassen und so gewöhnlich sind, daß es kaum ein stehendes oder fließendes Wasser giebt, in welchem sie nicht zu Millionen vorkommen.

Fig. 35.



A Halbschematische Ansicht einer Diatomee von der flachen Seite, zeigt Zellwand (*c. w.*) und Protoplasma mit Kern (*nu*), zwei Vakuolen (*vac.*) und zwei Chromatophoren (*chr.*).

B Schema des Panzers einer Diatomee von der Seite, d. h. gegen Figur A im rechten Winkel um ihre Längsachse gedreht. Zeigt die beiden Klappen (*c. w.*, *c. w'*) mit ihren übergreifenden Gürteln.

G dasselbe im Querschnitt.

D Flächenansicht des Kieselpanzers von *Navicula truncata*.

E Flächenansicht des Kieselpanzers von *Aulacodiscus follittianus*.

(D nach Donkin, F nach Norman.)

ohne daß sie ihre Form verlieren, das Protoplasma wird dabei natürlich zerstört, aber die kieselige Zellwand bleibt unverfehrt.

Überdies sind die Zellwände der Diatomeen ausgezeichnet durch die Schönheit und Kompliziertheit ihrer Zeichnungen, welche in einzelnen

Die Diatomeen variieren in ihrer Form fast unbegrenzt: sie können stabförmig, dreieckig, kreisförmig fein u. f. f. Ihr wesentlicher Bau ist jedoch sehr gleichförmig: Der Zellkörper enthält einen Kern (Fig. 35 A, *nu*) und Vakuolen (*vac.*), sowie zwei große Chromatophoren (*chr.*) von brauner oder gelber Farbe; es hat sich gezeigt, daß dieselben Chlorophyll enthalten, dessen charakteristische grüne Färbung wie bei Zooxanthella durch Diatomin verdeckt ist. Die Zelle ist beweglich, sie führt eigentümliche langsame, stofsweise oder gleitende Bewegungen aus, deren Ursache noch dunkel ist.

Der interessanteste Punkt in der Organisation der Diatomeen ist jedoch der Bau der Zellwand: dieselbe besteht aus zwei Teilen oder Klappen (B, C, *c. w.*, *c. w'*), deren jede mit einem Rande oder Gürtel versehen ist, und die so angeordnet sind, daß in der ganzen Zelle der Gürtel der einen Klappe (*c. w.*) über den der andern (*c. w'*) übergreift, wie der Deckel einer Pillenschachtel. Die Zellwand ist mit Kieselerde imprägniert, so daß man Diatomeen in starker Säure kochen oder der Hitze einer Flamme aussetzen kann,

<sup>1)</sup> Auch Bacillarien genannt. Anm. d. Übersetzers.

Fällen so zierlich sind, daß noch jetzt die Mikroskopiker nicht einzig in Betreff der genauen Interpretation der unter den stärksten Vergrößerungen der Mikroskope sichtbaren Bilder. Zwei Arten sind in Fig. 35, *D* und *E* dargestellt; um jedoch einen ungefähren Begriff von ihrer außerordentlichen Mannigfaltigkeit in Form und Verzierungen zu gewinnen, muß man präparierte Zellwände untersuchen und die Tafeln eines illustrierten Werkes zu Rate ziehen. Man vergleiche insbesondere Schmidts Atlas für Diatomaceenkunde und die ersten Bände des Quarterly Journal of Microscopical Science.

Wir sehen, daß die Diatomeen, während sie in den wesentlichen Zügen ihres Baues so einfach sind wie Haematococcus, die Fähigkeit besitzen, aus dem umgebenden Wasser Kieselerde auszufällen und aus derselben Gebilde herzustellen, welche in Schönheit der Form und Feinheit der Muster mit den besten Erzeugnissen der Metallarbeiter oder Elfenbeinschnitzer wetteifern.



## Fünfzehnte Vorlesung.

# M u c o r.

---

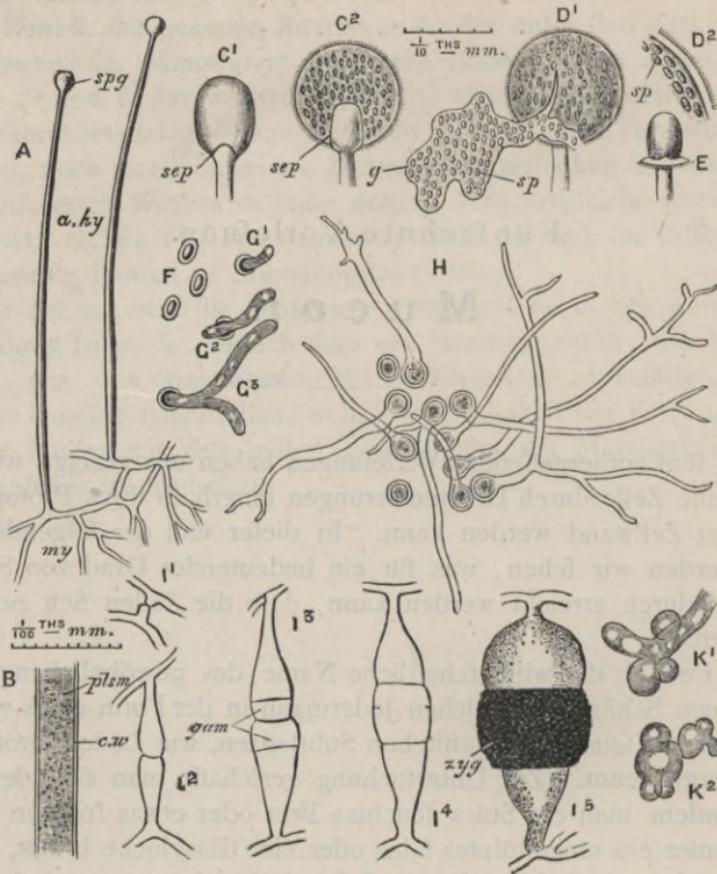
Die fünf vorhergehenden Vorlesungen haben uns gezeigt, wie kompliziert eine Zelle durch Differenzierungen innerhalb ihres Protoplasmas oder ihrer Zellwand werden kann. In dieser und der folgenden Vorlesung werden wir sehen, was für ein bedeutender Grad von Spezialisierung dadurch erreicht werden kann, daß die Zellen sich zu Fäden verlängern.

*Mucor* ist der wissenschaftliche Name des gewöhnlichen weissen oder grauen Schimmels, welchen Jedermann in der Form eines wolligen Überzuges auf feuchten organischen Substanzen, wie Leder, Brot, Obstsaft u. dergl. kennt. Zur Untersuchung verschafft man sich denselben leicht, indem man ein Stück feuchtes Brot oder etwas frischen Pferdedünger unter ein umgestülptes Glas oder eine Glasglocke bringt, so daß die Verdunstung und dadurch veranlasste Austrocknung vermieden wird. Nach Verlauf von zwei oder drei Tagen wird man eine Anzahl zarter weisser Fäden nach allen Seiten aus dem Brote oder dem Dünger hervorsprossen sehen; das sind Schimmelfäden. Die auf dem Brote wachsende Art heisst *Mucor stolonifer*, die auf dem Dünger wachsende *M.ucedo*.

Die allgemeine Struktur und Wachstumsweise des Schimmels läßt sich leicht mit bloßem Auge erkennen. Er erscheint zunächst, wie bereits gesagt, in der Form sehr feiner, weisser Fäden, welche von der Oberfläche der betreffenden Substanz ausgehen; und diese feinen Fäden (Fig. 36, *A, a, hy*, a. f. S.) stehen, wie man sich leicht überzeugen kann, in Verbindung mit andern (*my*), welche ein in der Substanz des Brotes oder des Pferdemistes verzweigtes Netzwerk bilden. Dieses Netzwerk heisst ein Mycelium; die Fäden, aus denen es sich zusammensetzt, heissen Mycelhyphen, und die Fäden, welche in die Luft hinauswachsen und dem Gewächs das charakteristische flaumige Ansehen geben, sind atmosphärische Hyphen.

Die atmosphärischen Hyphen sind etwas dicker als diejenigen, welche das Mycelium bilden, und besitzen zuerst überall gleichen Durch-

Fig. 36.



Mucor (A, C<sup>2</sup>, D, E, F, G und K nach Howes, I nach De Bary).

A Teil des Mycels von *M. mucedo* (my) mit zwei atmosphärischen Hyphen (a. hy), deren jede in ein Sporangium (spg) endigt.

B kleiner Teil einer atmosphärischen Hyphe, stark vergrößert, zeigt Protoplasma (plsm.) und Zellwand (c. w). Der Maßstab darüber gehört nur zu dieser Figur.

C<sup>1</sup> unreifes Sporangium, zeigt die Querwand (sep) und das ungeteilte Protoplasma; C<sup>2</sup> reifes Sporangium, in welchem das Protoplasma sich in Sporen geteilt hat; die Querwand ist in distaler Richtung stark konvex geworden und bildet die Columella.

D<sup>1</sup> reifes Sporangium im Augenblicke des Aufspringens, zeigt die von Schleim (g) umgebenen Sporen (sp); D<sup>2</sup> kleiner Teil desselben, stärker vergrößert, zeigt die der Wand eingelagerten Nadeln von oxalsaurem Kalk.

E eine nach völligem Aufspringen des Sporangiums übriggebliebene Columella, zeigt die Ansatzstelle des ersteren als schwarzen Streifen.

Der Maßstab über C<sup>2</sup> gehört zu C<sup>1</sup>, C<sup>2</sup>, D<sup>1</sup> und E.

F Sporen.

G<sup>1</sup>, G<sup>2</sup>, G<sup>3</sup> drei Keimzustände der Sporen.

H eine Gruppe keimender Sporen, welche ein kleines Mycelium bilden.

I<sup>1</sup>—I<sup>5</sup> fünf Konjugationszustände. Zwei Gameten (gam), welche sich zur Bildung einer Zygote (zyg) vereinigen.

K<sup>1</sup>—K<sup>2</sup> Entwicklung von Fermentzellen aus untergetauchten Hyphen.

meffer; sie fahren fort zu wachsen, bis sie (bei *M. mucedo*) eine Länge von 6 bis 8 cm erreichen. Im Laufe des Wachstums sieht man ihre Enden sich erweitern, so dafs jedes in einen kleinen Knopf (*A*, *spg.*) endigt; dieser vergrößert sich und nimmt eine dunkle Färbung an, bis er zuletzt tief schwarz wird. In der ersten Zeit kann man den Knopf vorsichtig berühren, ohne ihn zu verletzen, wenn er jedoch seine volle Gröfse erreicht hat, so bewirkt die leiseste Berührung, dafs er platzt und anscheinend verschwindet — sein wirkliches Schicksal ist für das unbewaffnete Auge völlig unsichtbar. Wie wir sehen werden, enthalten die schwarzen Köpfchen Sporen, und werden daher Sporangien oder Sporenbehälter genannt.

Unter dem Mikroskop untersucht, erscheint eine Hyphe als ein zarter, mehr oder weniger verzweigter Schlauch mit einer hellen, durchsichtigen Wand (*B*, *c. w*) und schwach körnigem Inhalt (*plsm.*); ihr freies Ende verschmälert sich langsam (*H*) und die Wand ist am Ende etwas dünner als anderswo. Könnte man eine einzelne Hyphe ganz und unverletzt erhalten, so würde man finden, dafs das entgegengesetzte Ende ungefähr dieselbe Beschaffenheit besitzt, und jeden Zweig derselben würden wir in gleicher Weise endigen sehen. Der Schimmel besteht demnach aus einem Geflecht verzweigter, cylindrischer Fäden. Jeder von diesen besteht aus einer körnigen Substanz, welche völlig von einer Art dünner Haut aus durchsichtiger Substanz bedeckt ist.

Durch Anwendung der gewöhnlichen Reagentien kann man sich davon überzeugen, dafs die körnige Substanz Protoplasma und die Wandsubstanz Cellulose ist. Das Protoplasma enthält ausserdem Vakuolen in unregelmässigen Abständen und zahlreiche kleine Kerne.

Eine Hyphe von *Mucor* enthält also genau dieselben Bestandteile, wie eine Hefezelle — Protoplasma mit Kernen und Vakuolen, umhüllt von Cellulose. Denken wir uns eine Hefezelle in die Länge gezogen — etwa wie man eine Thon- oder Gypskugel ausziehen kann —, bis sie die Form eines langen, schmalen Cylinders annimmt; und nehmen wir an, dafs dieselbe auch seitwärts in Zwischenräumen sich in Äste verlängerte, so würden wir auf diese Weise ein ziemlich gutes Abbild einer *Mucor*hyphe erhalten. Wir können daher eine Hyphe als eine verlängerte und verzweigte Zelle ansehen, so dafs *Mucor*, wie *Opalina*, ein vielkerniger, aber einzelliger Organismus ist. Wir werden jedoch sogleich sehen, dafs dies genau genommen für den Pilz nur im jugendlichen Zustande zutrifft.

Wie oben angegeben, sind die Hyphen ursprünglich von gleichmässigem Umfange, aber allmählich schwellen ihre Enden an und bilden Sporangien. Unter dem Mikroskop sieht man, dafs das distale Ende einer Hyphe sich erweitert (Fig. 36, *C*<sup>1</sup>); unmittelbar unter der Erweiterung teilt sich das Protoplasma rechtwinklig zur Längsachse der Hyphe, das Protoplasma des erweiterten Abschnittes trennt sich auf diese Weise von dem übrigen. Zwischen beiden Teilen bildet sich eine

Cellulosewand oder ein Septum (*sep.*), wie bei der gewöhnlichen Teilung einer Pflanzenzelle (Fig. 10, S. 51). Der auf diese Weise abgegrenzte Teil ist die Anlage eines Sporangiums.

Erwägen wir die Bedeutung dieses Vorganges genau. Bevor derselbe sich vollzieht, ist das Protoplasma des ganzen Organismus einheitlich, so dass dieser sich mit der ungeteilten Pflanzenzelle, welche in Fig. 9, *B* dargestellt ist, vergleichen lässt. Wie in diesem Falle, teilt sich das Protoplasma in zwei Teile und es bildet sich zwischen den Tochterzellen eine neue Cellulosewand. Nur sind die Teilungsprodukte, welche bei den gewöhnlichen Pflanzenzellen von gleicher Grösse sind, bei *Mucor* sehr ungleich, indem eins derselben das verhältnismässig kleine Sporangium, das andere die ganze übrige Hyphe darstellt.

Es wird also eine *Mucor*pflanze mit einer einzigen atmosphärischen Hyphe durch die Bildung eines Sporangiums zweizellig; wenn sie, was gewöhnlich der Fall ist, zahlreiche atmosphärische Hyphen trägt, deren jede ihr Sporangium besitzt, so wird sie vielzellig.

Unter ungünstigen Ernährungsbedingungen treten oft Scheidewände in mehr oder weniger unregelmässigen Abständen in den Mycelhyphen auf; der Organismus ist dann sehr deutlich vielzellig, da er von zahlreichen, cylindrischen, Ende an Ende gereihten Zellen gebildet wird.

Das Wachstum des Sporangiums dauert fort und im Verlaufe desselben wölbt sich das Septum mehr und mehr nach oben, bis es zuletzt die Gestalt einer kurzen, keulenförmigen Verlängerung annimmt, der sogenannten Columella, welche in das Innere des Sporangiums hineinragt ( $C^2$ ); zu gleicher Zeit unterliegt das Protoplasma des Sporangiums vielfacher Teilung, indem es in zahlreiche, ovale Körperchen zerfällt, deren jedes sich mit einer Cellulosehaut umgibt und zu einer Spore wird ( $D^1$ ,  $D^2$ , *sp*). Ein gewisser Rest von Protoplasma wird bei der Bildung der Sporen nicht verbraucht und verwandelt sich in eine gallertige, in Wasser aufquellende Substanz (*g*).

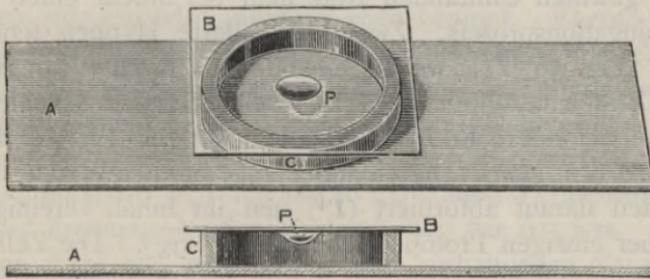
Die ursprüngliche Zellwand des Sporangiums umgibt schliesslich die Sporen als eine ausserordentlich zarte, gebrechliche Hülle; kleine, nadelförmige Krytalle von Kalkoxalat sind in derselben abgelagert und geben ihr ein Ansehen, als ob sie dicht mit kurzen Wimpern bedeckt wäre ( $D^2$ ).

Bei einem reifen Sporangium genügt die leiseste Berührung, um die schwache Wand zu durchbrechen und die Sporen in Freiheit zu setzen, welche durch Aufquellen der durchsichtigen Zwischensubstanz zerstreut werden. Die atmosphärischen Hyphen bleiben dann zurück und tragen am Ende die Columella (*E*), um deren Basis ein schmaler Ring sichtbar bleibt, welcher die Ansatzstelle des Sporangiums anzeigt.

Die Sporen (*F*) sind helle, glänzende, ovale Körper. Sie bestehen aus Protoplasma, welches einen Kern enthält und von einer dicken Zellwand umgeben ist. Eine Spore ist demnach eine gewöhnliche, encystierte Zelle, welche einer Hefezelle durchaus vergleichbar ist.

Die Entwicklung der Sporen ist ein sehr lehrreicher Vorgang und kann sehr leicht auf folgende Weise studiert werden: Ein Glas- oder Metallring (Fig. 37) wird auf einen gewöhnlichen mikroskopischen Objektträger gekittet (*A*), so daß er eine flache cylindrische Kammer bildet. Der obere Rand des Ringes wird geölt und auf denselben ein Deckglas aufgelegt (*B*), welches an seiner Unterseite einen Tropfen Pasteurischer Lösung (vergl. S. 58) trägt. Bevor man das Deckglas an seine Stelle setzt, berührt man ein reifes Sporangium von *Mucor* mit der Spitze einer Nadel, und führt diese dann in dem Tropfen der Pasteurischen Lösung umher, so daß diese mit Sporen befaßt wird. Auf diese Weise wird der Tropfen der Nährlösung am Verdunsten gehindert und man kann die Veränderungen, welche die Sporen durchmachen, verfolgen, indem man sie von Zeit zu Zeit bei starker Vergrößerung beobachtet.

Fig. 37.



Feuchte Kammer, welche durch Aufkitten eines Glas- oder Metallringes (*C*) auf einen gewöhnlichen Objektträger (*A*) und Bedecken desselben mit einem Deckgläschen (*B*) hergestellt wird, an dessen Unterseite sich ein hängender Tropfen Nährlösung (*P*) befindet. Die obere Figur stellt den Apparat perspektivisch, die untere im vertikalen Durchschnitt dar. (Nach Klein.)

Das erste, was einer Spore unter diesen Umständen widerfährt, ist, daß sie durch Imbibition von Flüssigkeit wächst und, statt ihres bisherigen hellen und glänzenden Aussehens, körnig wird und eine oder mehrere Vakuolen bildet. Ihre Ähnlichkeit mit einer Hefezelle ist jetzt auffallender als je. Darauf entwickelt die Spore an einer oder mehreren Stellen Auftreibungen, so daß sie einem knospenden *Saccharomyces* nicht unähnlich sieht (*G*<sup>1</sup>, Fig. 36). Die Knospen lösen sich jedoch nicht los, sondern wachsen in die Länge, bis sie zu Fäden werden, deren Durchmesser kaum geringer ist, als der der Sporen, und welche etwas abgestumpft endigen (*G*<sup>2</sup>). Diese Fäden fahren fort zu wachsen und geben während dessen seitliche Äste ab (*G*<sup>3</sup>), welche sich mit ähnlichen Fäden benachbarter Sporen verflechten (*H*). Die Fäden sind offenbar Hyphen und das Geflecht ist ein Mycelium.

Es wird demnach die weiter oben (S. 121) aufgestellte Behauptung, daß ein *Mucor*pflänzchen einer fadenförmig ausgezogenen Hefezelle vergleichbar sei, durch die Thatfachen der Entwicklung völlig gerechtfertigt, welche darthun, daß die verzweigten Hyphen, welche die *Mucor*-

pflanze bilden, durch Wachstum aus Sporen hervorgehen, deren jede einem einzelnen Saccharomyces durchaus gleichwertig ist.

Es ist zu beachten, daß das Wachstum des Mycels centrifugal ist; jede Spore oder Sporengruppe dient als Centrum, von welchem nach allen Seiten Hyphen ausstrahlen ( $H$ ), welche in radialer Richtung fortwachsen, bis wir zuletzt statt einer oder mehrerer dem unbewaffneten Auge ganz unsichtbarer Sporen einen weissen Fleck von mehr oder weniger kreisförmigem Umriss haben, welcher in seiner Mitte die Sporen enthält, von denen das Wachstum ausging. Infolge dieses centrifugalen Wachstums ist das Mycel in der Mitte stets dicker als gegen den Umfang hin, da es die ältesten und am meisten central gelegenen Teile der Hyphen sind, welche die längste Zeit gehabt haben, sich zu verzweigen und miteinander zu verflechten.

Unter gewissen Umständen trifft man bei Mucor einen eigentümlichen Konjugationsprozeß. Zwei benachbarte Hyphen senden kurze Zweige aus (Fig. 36,  $I^1$ ), welche einander mit ihren etwas angeschwollene freien Enden berühren ( $I^2$ ). In jedem tritt eine Scheidewand auf, so daß eine besondere Endzelle von dem übrigen Teil der Hyphe abgegrenzt wird ( $I^3$ , *gam*). Die einander zugewandten Wände der beiden Zellen werden darauf abforbiert ( $I^4$ ) und ihr Inhalt vereinigt sich zur Bildung einer einzigen Protoplasmanasse ( $I^5$ , *zyg*). Die Zellwand derselben verdickt sich stark und teilt sich in zwei Schichten, eine innere, zarte und durchsichtige, und eine äussere dunkel gefärbte von beträchtlicher Dicke, welche häufig mit Stacheln versehen ist.

Offenbar sind die angeschwollenen Endzellen (*gam*) der kurzen seitlichen Hyphen Gameten oder Konjugationskörper und das grosse sporenähnliche Gebilde (*zyg*), welches aus ihrer Vereinigung hervorgeht, ist eine Zygote. Die charakteristische Eigentümlichkeit dieses Prozesses besteht darin, daß die Gameten unbeweglich sind, abgesehen davon, daß das Entgegenwachsen der beiden eine Art von Bewegung darstellt. Bei Heteromita (S. 31) sind beide Gameten aktiv und frei beweglich, bei Vorticella ist einer derselben frei schwimmend, der andere angeheftet, aber noch einer aktiven Bewegung fähig (S. 99); hier führen beide konjugierende Körper nur die langsame Bewegung in einer Richtung aus, welche eine Folge des Wachstums ist.

Gleich wichtige Unterschiede treten in den drei Fällen bei dem Erzeugnis dieses Vorganges auf. Bei Heteromita zerfällt das Protoplasma der Zygote fast unmittelbar in Sporen; bei Vorticella ist die Zygote beweglich und die Folge der Konjugation ist nur vermehrte Lebhaftigkeit der Ernährung und Teilung; bei Mucor bleibt die Zygote längere oder kürzere Zeit in Ruhe, und keimt dann unter günstigen Umständen ungefähr in derselben Weise, wie eine gewöhnliche Spore, indem sie ein Mycelium entwickelt, von welchem Sporangien tragende Hyphen ausgehen. Eine ruhende Zygote dieser Art, welche durch die Kon-

jugation zweier gleich großer Gameten entsteht, wird häufig als Zygospore bezeichnet.

Es ist bemerkenswert, daß bei *Mucor* eine Differenzierung sehr wichtiger Art auftritt. Im Einklange mit seiner vergleichsweise bedeutenden Größe wird die Fortpflanzung nicht von dem ganzen Organismus ausgeübt, wie bei den bisher studierten Typen, sondern ein bestimmter Teil des Protoplasmas sondert sich von dem übrigen, und ihm wird — als einem Sporangium oder einem Gameten — die Aufgabe der Fortpflanzung des ganzen Organismus übertragen. So finden wir hier zum erstenmal wirkliche Fortpflanzungsorgane, welche von zweierlei Art sein können: ungeschlechtliche oder Sporangien und geschlechtliche oder Gameten<sup>1)</sup>.

Bei der Beschreibung der Vermehrung der Amöben wurde gezeigt (S. 15), daß man von einer Amöbe niemals sagen kann, sie sterbe eines natürlichen Todes, da der ganze Organismus sich in zwei Tochterzellen teilt, deren jede ein selbständiges Leben beginnt. Ebenso verhält sich dies bei den übrigen von uns betrachteten einzelligen Formen, bei deren Mehrzahl der ganze Organismus durch einfache Teilung zwei neue Individuen hervorbringt<sup>2)</sup>. Bei *Mucor* ist die Sachlage völlig anders. Ein verhältnismäßig kleiner Teil des Organismus gliedert sich zum Zwecke der Reproduktion ab und nur die so gebildeten Vermehrungszellen — Sporen oder Zygoten — pflanzen das Leben der Art fort. Der übrige Organismus stirbt ab, nachdem er die vorhandenen Nahrungsvorräte erschöpft und die größtmögliche Zahl von Vermehrungskörpern hervorgebracht hat. Das heißt, alle Lebenserscheinungen, wie z. B. die Ernährung, hören auf und die Zersetzung beginnt, das Protoplasma wird in immer einfachere Verbindungen zerlegt und die Endprodukte sind hauptsächlich Kohlenäure, Wasser und Ammoniak.

*Mucor* kann sowohl in Pasteurischer Lösung als in irgend einer ähnlichen Nährflüssigkeit, oder auf verschiedenen organischen Substanzen wachsen, wie Brot, Obstsaft, Dünger u. f. w. In den letzteren Fällen scheint er eine fermentative Wirkung auszuüben, da »schimmelnde« Nahrungsmittel eine bestimmte Veränderung in ihrem Aussehen und Geruch zeigen, ohne daß wirkliche Fäulnis stattfindet. Wenn *Mucor*,

1) Bei *Mucor* läßt sich kein Unterschied machen zwischen dem konjugierenden Körper (dem Gameten) und dem Organ, welches denselben erzeugt (der Gonade). Vergl. die Beschreibung des Sexualprozesses bei *Vaucheria* (Vorlesung XVI) und *Spirogyra* (Vorlesung XIX).

2) Eine Ausnahme machen die koloniebildenden Formen, wie *Zoothamnium*, bei welchen nur die Mehrzooide das Leben von einer Generation zur andern fortpflanzen. Aller Wahrscheinlichkeit nach stirbt die Kolonie selbst, gleich einer einjährigen Pflanze, nach kürzerer oder längerer Zeit ab. Außerdem hat man beobachtet, wie bereits mitgeteilt wurde (S. 87), daß die Wimperinfusorien hinfällig werden, wenn sie sich durch eine lange Reihe von Generationen durch einfache Teilung vermehrt haben.

wie dies oft der Fall ist, auf organischen Substanzen wächst, so ist seine Ernährung saprophytisch, aber in einigen Fällen, z. B. wenn er auf Brot wächst, scheint dieselbe sich sehr der holozoischen Weise zu nähern. Von *M. stolonifer* wissen wir auch, daß er seine Hyphen ins Innere reifer Früchte hineintreibt und sie zum Faulen veranlaßt, sich also wie ein Parasit verhält. Der Parasitismus ist jedoch in diesem Falle offenbar nicht derselbe, wie bei *Opalina* (S. 93): *Mucor* nimmt nicht die bereits verdaute Nahrung seines Wirtes auf, sondern dessen eigentlich lebendige Körpersubstanz, welche er unter dem Einfluß seiner eigenen Fermente verdaut. So ist ein parasitischer Pilz, wie *Mucor*, ungleich einem endoparasitischen Tier, wie *Opalina* oder ein Bandwurm, nicht weniger zur Verdauungsarbeit genötigt, als ein Hund oder ein Schaf: der Organismus, auf dessen Kosten er lebt, ist eher als sein Opfer, denn als sein Wirt zu betrachten.

Es ist eine bemerkenswerte Tatsache, daß *Mucor* unter gewissen Umständen in einer zuckerhaltigen Lösung alkoholische Gärung hervorzurufen vermag. An Hyphen, welche in einer solchen Flüssigkeit untergetaucht sind, hat man beobachtet, daß sie zerfallen und runde Zellen bilden (Fig. 36,  $K^1$ ,  $K^2$ ), welche nicht allein in ihrem Aussehen an Hefezellen erinnern, sondern gleich diesen im Stande sind, alkoholische Gärung zu veranlassen.

Die atmosphärischen Hyphen von *Mucor* zeigen in interessanter Weise sogenannten Heliotropismus, d. h. eine Neigung, sich dem Lichte zuzuwenden. Dies tritt sehr deutlich hervor, wenn ein Schimmelrasen in einen einseitig beleuchteten Raum gebracht wird: die langen atmosphärischen Hyphen wenden sich alle dem Fenster zu. Es rührt dies daher, daß das Wachstum auf der vom Lichte abgewendeten Seite jeder Hyphe ein schnelleres ist, als auf der stärker beleuchteten Seite.

## Sechzehnte Vorlesung.

### Vaucheria und Caulerpa.

---

Stagnierende Teiche, Pfützen und andere Arten stehender, süßer Gewässer enthalten gewöhnlich eine Quantität grünen Schaumes, welcher im Ruhezustande für das unbewaffnete Auge keinerlei Bestandteile erkennen läßt, sondern als gleichmäßiger Schleim erscheint, der, dem Sonnenlicht ausgesetzt, zahlreiche Bläschen entwickelt. Breitet man etwas von dem Schaum in einem Wassergefäße aus, so sieht man, daß derselbe aus zahlreichen, locker verflochtenen grünen Fäden besteht.

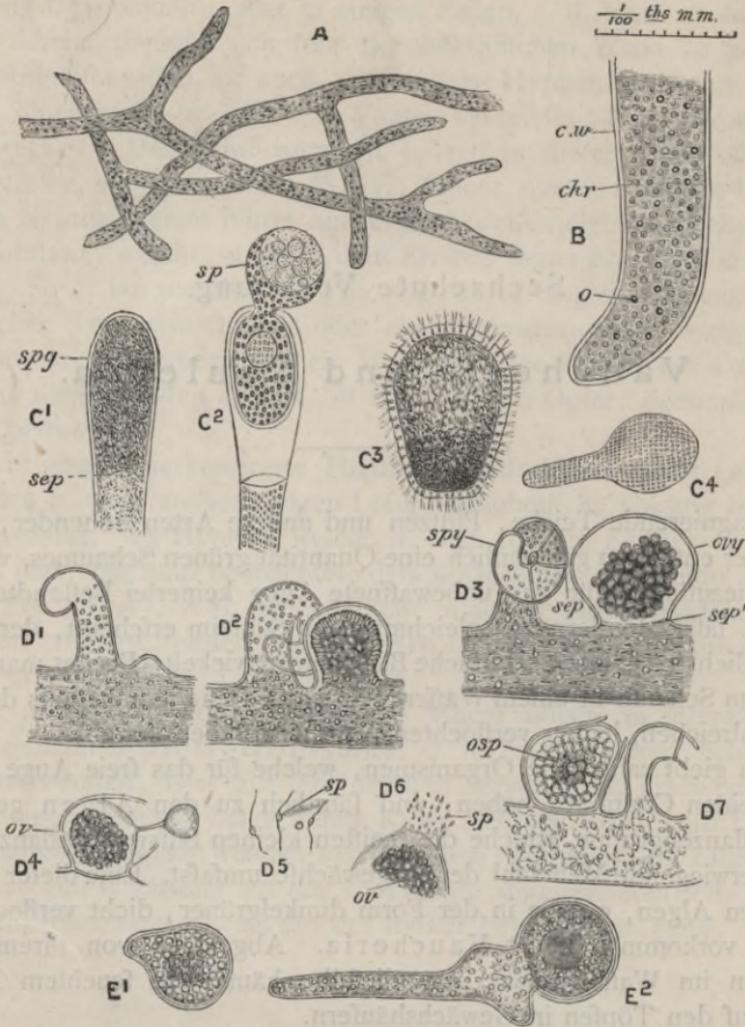
Es giebt zahlreiche Organismen, welche für das freie Auge diesen allgemeinen Charakter haben, und sämtlich zu den Algen gehören, einer Pflanzengruppe, welche die meisten kleinen Süßwasserpflanzen und die überwiegende Mehrzahl der Seegewächse umfaßt. Eine dieser fadenförmigen Algen, welche in der Form dunkelgrüner, dicht verflochtener Fäden vorkommt, heißt *Vaucheria*. Abgesehen von ihrem Vorkommen im Wasser findet man dieselbe häufig auf feuchtem Boden, z. B. auf den Töpfen in Gewächshäusern.

Bei mikroskopischer Untersuchung findet man, daß der Organismus aus cylindrischen Fäden mit abgerundeten Enden besteht, die gelegentlich verzweigt sind (Fig. 38, *A*, a. f. S.). Jeder Faden besitzt eine äußere Bedeckung von Cellulose (*B*, *c*, *w*). Innerhalb derselben befindet sich Protoplasma, welches eine so große Vakuole umschließt, daß das Protoplasma wie eine die Cellulosewand auskleidende Haut erscheint. Zahlreiche kleine Kerne kommen in dem Protoplasma vor, ebenso Ölkügelchen (*o*) und kleine, dicht gedrängte, eiförmige Chromatophoren (*ch*), die durch Chlorophyll gefärbt sind und Stärke enthalten.

So läßt sich eine *Vaucheria*pflanze, gleich einer Schimmelpflanze, mit einer einzelnen vielkernigen Zelle vergleichen, welche in einer Richtung des Raumes verlängert ist, so daß sie einen Faden bildet.

Verschiedene Arten ungeschlechtlicher Vermehrung kommen bei verschiedenen Arten von *Vaucheria* vor; wir brauchen von diesen nur diejenigen zu betrachten, welche wir bei *V. seffilis* antreffen. Bei dieser

Fig. 38.



Vaucheria. (*C<sup>1</sup>* u. *C<sup>3</sup>* nach Strasburger, *C<sup>2</sup>* u. *C<sup>4</sup>* nach Sachs, *D* u. *E* nach Pringsheim).

*A* verflochtene Fäden der lebenden Pflanze, die Art der Verzweigung zeigend. *B* Ende eines Fadens, zeigt Zellwand (*c. w.*) und Protoplasma mit Chromatophoren (*chr*) und Öltropfen (*o*). Der Maßstab oben gehört nur zu dieser Figur.

*C<sup>1</sup>* unreifes Sporangium (*spg*), von dem Faden durch eine Scheidewand (*sep*) getrennt; *C<sup>2</sup>* reifes Sporangium mit der eben ausschöpfenden Spore (*sp*); *C<sup>3</sup>* frei schwimmende Spore, zeigt Wimpern, farbloses Ektoplasma mit Kernen und Endoplasma mit grünen Chromatophoren; *C<sup>4</sup>* dieselbe bei Beginn der Keimung.

*D<sup>1</sup>* früheres und *D<sup>2</sup>* späteres Stadium in der Entwicklung der Gonaden, das Spermarium links, das Ovarium rechts; *D<sup>3</sup>* das völlig ausgebildete Spermarium (*spy*) und Ovarium (*ovy*), jedes durch eine Scheidewand (*sep*) von dem Faden getrennt; *D<sup>4</sup>* das Ovarium nach dem Aufspringen, zeigt das Ei (*ov*) mit einem kleinen, abgetrennten Teil des Protoplasmas; *D<sup>5</sup>* Sperma, *D<sup>6</sup>* distales Ende des reifen Ovariums, zeigt durch die Öffnung in das Ei eindringende Spermien; *D<sup>7</sup>* die Gonaden nach der Befruchtung; zeigt die noch in dem Ovarium eingeschlossene Oospere (*osp*) und das aufgeprungene Spermarium.

*E<sup>1</sup>* Oospere im Begriff zu keimen; *E<sup>2</sup>* weiteres Keimungsstadium.

Species schwillt das Ende eines Astes an ( $C^1$ ) und wird durch ein Septum (*sep*) abgegliedert, so dafs es ein Sporangium (*spg*) bildet, welches dem von Mucor im Prinzip gleich ist, sich jedoch in der Gestalt von ihm unterscheidet. Das Protoplasma des Sporangiums teilt sich nicht, sondern es löst sich von der Wand und nimmt die Form einer einzigen, nackten, eiförmigen Spore an ( $C^2$ ). Diese besteht aus einer farblosen Rindenschicht, welche zahlreiche Kerne enthält und paarweise angeordnete Wimpern trägt, und einer inneren oder Marksubstanz, welche zahlreiche Chromatophoren einschließt.

Die Wand des Sporangiums springt an ihrem distalen Ende auf ( $C^2$ ) und die eingeschlossene Spore (*sp*) schlüpft aus und schwimmt einige Zeit lang durch die Schwingungen der Wimpern frei im Wasser umher ( $C^3$ ). Nach einem kurzen freibeweglichen Leben kommt sie zur Ruhe, entwickelt eine Zellwand und keimt ( $C^4$ ), d. h. sie treibt einen oder mehrere Ausläufer, welche sich strecken und die Form gewöhnlicher Vaucheriefäden annehmen. So beweist in diesem Falle, wie bei Mucor, die Entwicklung der Pflanze, dafs sie eine einzige, vielkernige Zelle ist.

In der Art der geschlechtlichen Vermehrung unterscheidet sich Vaucheria auffallend nicht allein von Mucor, sondern von allen bisher von uns studierten Organismen.

Man findet häufig, dafs die Fäden kleine feitliche, paarweise angeordnete Fortsätze tragen, deren jeder eine kleine, aus dem Faden entspringende und mit diesem zusammenhängende Knospe darstellt. Es sind dies die Anlagen der geschlechtlichen Vermehrungsorgane oder Gonaden. Die kürzere der beiden schwillt an, rundet sich ab ( $D^2$ ) und bekommt später eine stumpfe Spitze ( $D^3$ , *ovy*); ihr Protoplasma trennt sich von dem des Fadens und zwischen beiden bildet sich ein Septum ( $D^3$ , *sep*); die auf diese Weise gebildete neue Zelle ist das Ovarium<sup>1)</sup>. Die längere der beiden Knospen wächst noch weiter in die Länge und krümmt sich auf sich selbst zurück ( $D^2$ ), darauf grenzt sich ihr distaler Teil durch eine Scheidewand ab ( $D^3$ , *sep*) und bildet ebenfalls eine besondere Zelle, das Spermarium<sup>2)</sup>.

Noch weitere Veränderungen finden statt, welche in den beiden Organen sehr verschieden verlaufen. An dem stumpf zugespitzten Distalende des Ovariums wandelt sich die Zellwand in Gallerte um und das Protoplasma dringt durch dieselbe hindurch in Form einer kleinen Hervorragung, welche sich abtrennt und verloren geht ( $D^4$ ). Der Rest des Protoplasmas löst sich darauf von der Wandung des Ovariums und wird zu einer nackten Zelle, dem Ovum<sup>3)</sup> oder der Eizelle ( $D^4$ , *ov*), welche

1) Gewöhnlich Oogonium genannt.

2) Gewöhnlich Antheridium genannt.

3) Häufig Oosphæra genannt.

infolge der Verflechtung und des späteren Verschwindens eines Teiles der Wand des Ovariums in freier Verbindung mit dem umgebenden Wasser steht.

Zu gleicher Zeit unterliegt das Protoplasma des Spermariums mehrfacher Teilung, und verwandelt sich in zahlreiche, kleine grüne Körper ( $D^5$ ), deren jeder zwei Geißeln trägt, und welche Spermien<sup>1)</sup> heißen. Diese gelangen durch Aufspringen des Spermariums an seinem distalen Ende ins Freie und schwimmen frei im Wasser umher.

Einige der Spermien finden ihren Weg zu einem Ovarium und scheinen, wie man es wohl ausgedrückt hat, nach der Öffnung umherzutasten, durch welche sie endlich hindurchpassieren ( $D^6$ ). Darauf sieht man sie sich lebhaft in dem Raume zwischen der Öffnung und dem farblosen Distalende des Eies umherbewegen. Eins derselben, und wahrscheinlich nur eins, heftet sich darauf selbst an das Ei an und vereinigt sich vollständig mit diesem. So bildet sich das Oosperm<sup>2)</sup>, ein Körper, welcher sorgfältig von dem Ei unterschieden werden muß, da er trotz der Übereinstimmung mit dem letzteren in Gestalt und Größe doch dadurch von ihm abweicht, daß er mit demselben auch die Substanz eines Spermias in sich begreift.

Fast unmittelbar darauf umgibt sich das Oosperm ( $D^7$ , *osp*) mit einer Cellulosewand und in seinem Inneren bilden sich zahlreiche Ölkügelchen. Es löst sich von dem Ovarium und keimt nach einer Ruheperiode, um neue Vaucheriapflanzen zu erzeugen ( $E^1$ ,  $E^2$ ).

Es ist klar, daß die Verschmelzung des Spermias mit dem Ei ein Konjugationsvorgang ist, bei welchem die konjugierenden Körper sich in Gestalt und Größe auffallend unterscheiden, indem einer — der Megagamet oder das Ei — groß, feststehend und mehr oder weniger amöboid, der andere — der Mikrogamet oder das Sperma — klein, beweglich und geißeltragend ist. Mit andern Worten, wir haben einen deutlicheren Fall sexueller Differenzierung als bei Vorticella (S. 100). Die große, inaktive Eizelle, welche den bei Weitem größten Teil der Substanz des Oosperms liefert, ist der weibliche, die kleine aktive Spermazelle, deren Aufgabe es wahrscheinlich ist (vergl. Vorlesung XXIV), einen Zuwachs an Kernsubstanz zu liefern, ist der männliche Gamet.

Ebenso ist das Oosperm offenbar eine Zygote, aber eine Zygote, welche durch die Vereinigung der hoch differenzierten Gameten, des Eies und des Spermias gebildet wird, gerade wie eine Zygospore (S. 125), eine durch die Vereinigung zweier gleich großer Gameten gebildete Zygote ist.

Wie wir sehen werden, findet sich diese Form der Konjugation — häufig als Befruchtung bezeichnet — bei einem großen Teil der

1) Oft Spermatozoide oder Antherozoide genannt.

2) Oft Oospore genannt.

blütenlosen Pflanzen, z. B. Moosen und Farnen (Vorlesung XXVIII und XXIX), und ebenso bei allen Tieren, aufser den niedersten. Von niederen Wasserpflanzen aufwärts bis zu den Farnen und Bärlappgewächsen, und von den Schwämmen und Polypen aufwärts bis zum Menschen ist der Vorgang der geschlechtlichen Fortpflanzung im Wesentlichen derselbe. Er besteht aus der Konjugation eines Mikrogameten oder eines Spermias mit einem Megagameten oder Ei, und es wird eine Zygote, das Oosperm oder der einzellige Embryo gebildet, welcher sich später

Fig. 39.



*Caulerpa scalpelliformis*. (Nach Harvey.)  
 $\frac{2}{3}$  nat. Gr. Zeigt die stamm-,  
 wurzel- und blattähnlichen  
 Teile der einzelligen Pflanze.

Differenzierung mag durch eine kurze Beschreibung einer Seepflanze veranschaulicht werden, welche der Gattung *Caulerpa* angehört.

*Caulerpa* (Fig. 39) findet sich gewöhnlich in Felslöchern zwischen den Flutmarken und hat die Gestalt eines kriechenden Stengels, von welchem wurzelähnliche Fasern nach abwärts und blattähnliche Organe nach aufwärts abgegeben werden. Diese »Blätter« können eine Länge von 30 cm oder mehr erreichen. So erscheint *Caulerpa* bei oberflächlicher Betrachtung als ein ebenso komplizierter Organismus wie ein Moos (vergl. Fig. 39 mit Fig. 82, A), aber die mikroskopische Untersuchung zeigt, dass die Pflanze aus einer einzigen, zusammenhängenden Masse von mit Vakuolen durchsetztem Protoplasma besteht, welches zahlreiche Kerne und grüne Chromatophoren enthält und von einer einheitlichen Zellwand bedeckt wird. So groß und kompliziert gestaltet sie ist, ist die ganze Pflanze doch nicht mehr als eine einzige verzweigte Zelle, oder, wie man es auch ausdrücken kann, eine einheitliche Protoplasma-masse, in welcher keine zellige Struktur vorhanden ist.

## Siebzehnte Vorlesung.

# Die unterscheidenden Merkmale der Tiere und Pflanzen.

Bisher haben wir die Worte »Tier« und »Pflanze« entweder ganz vermieden, oder wir haben sie beiläufig gebraucht, ohne den Versuch einer Definition. Nunmehr sind wir jedoch in der Lage, die präcise Bedeutung der beiden Worte etwas genauer ins Auge zu fassen, da wir in dem letzten halben Dutzend Vorlesungen einige Organismen besprochen haben, welche ohne Schwanken der einen oder der andern der beiden großen Gruppen der Lebewesen zugezählt werden können. Niemand wird daran denken, *Paramaecium* und *Stylonychia* Pflanzen oder *Mucor* und *Vaucheria* Tiere zu nennen, und wir können daher diese Formen als Ausgangspunkt für den Versuch benutzen, uns eine klare Vorstellung davon zu bilden, was die Namen Pflanze und Tier eigentlich bezeichnen und bis zu welchem Grade es möglich ist, die in den ersten Vorlesungen beschriebenen niederen Organismen entweder in das Pflanzen- oder in das Tierreich einzureihen.

Betrachten wir zuerst vor Allem die wichtigsten übereinstimmenden und unterscheidenden Merkmale zwischen dem unzweifelhaften Tier *Paramaecium* einerseits und den beiden unzweifelhaften Pflanzen *Mucor* und *Vaucheria* andererseits.

Zunächst ist der wesentliche Bestandteil aller drei Organismen Protoplasma, in welchem ein oder mehrere Kerne enthalten sind. Bei *Paramaecium* jedoch wird das Protoplasma nur von einer zarten, am Munde und After unterbrochenen Cuticula bedeckt, während bei *Mucor* und *Vaucheria* die äußere Schicht aus einer festen, einheitlichen Cellulosebedeckung besteht.

Wir erhalten daher als ersten morphologischen Unterschied zwischen unsern ausgewählten tierischen und pflanzlichen Organismen die Abwesenheit einer Cellulosezellwand bei den ersteren und ihr Vorhandensein bei den letzteren. Es ist dies ein fundamentaler Unterschied und er trifft ebensowohl bei den höheren Formen zu. Die konstituierenden

Zellen der Pflanzen sind fast in allen Fällen von einer Cellulosewand umgeben (S. 46), während bei höheren Tieren kein Beispiel von Zellen bekannt ist, welche eine solche Umhüllung besitzen.

Nehmen wir demnächst ein physiologisches Merkmal. In allen drei Organismen findet ein beständiger Stoffverbrauch statt, welcher durch Umwandlung von Nahrungstoffen in Protoplasma ausgeglichen werden muß; mit andern Worten: Konstruktiver und destruktiver Metabolismus vollziehen sich unausgesetzt. Gehen wir jedoch auf die Beschaffenheit der Nahrung und auf die Art ihrer Aufnahme ein, so treffen wir sofort auf einen sehr fundamentalen Unterschied. Bei *Paramaecium* besteht die Nahrung aus lebenden Organismen, welche ganz ins Innere des Körpers aufgenommen werden, und die Verdauung dieser festen, eiweißhaltigen Nahrung ist das notwendige Vorpiel des konstruktiven Metabolismus. Bei *Vaucheria* besteht die Nahrung aus wässriger Lösung von Kohlenäure und Mineralsalzen, d. h. sie ist flüssig und anorganisch, der Stickstoff ist in Form von Nitraten oder einfachen Ammoniumverbindungen vorhanden. *Mucor* enthält, wie *Paramaecium*, kein Chlorophyll, und ist daher nicht im Stande, Kohlenäure als Nahrung aufzunehmen; wie *Vaucheria*, ist er durch seine zusammenhängende Celluloseumhüllung verhindert, feste Nahrung aufzunehmen und auf wässrige Lösungen angewiesen. Er nimmt seinen Kohlenstoff in Form von Zucker oder einer ähnlichen Verbindung auf, während er Stickstoff entweder in der einfachen Form eines Nitrates oder eines Ammoniumsalzes, oder in der komplizierten Form von Proteiden oder Peptonen aufnehmen kann.

Auch in diesem Falle stimmen unsere ausgewählten Organismen mit der Gesamtheit der Tiere und Pflanzen überein. Die Tiere nehmen, mit Ausnahme einiger innerer Parasiten, feste Nahrung zu sich, und sie müssen alle ihre Stickstoffzufuhr in Form von Proteiden erhalten, da sie nicht im Stande sind, ihr Protoplasma aus einfacheren Verbindungen herzustellen. Die Pflanzen nehmen ihre Nahrung in Form wässriger Lösungen auf; diejenigen, welche Chlorophyll besitzen, erhalten ihren Kohlenstoff in Form von Kohlenäure und ihren Stickstoff in Form von Nitraten oder Ammoniumsalzen; die chlorophyllfreien können — ausgenommen einige Bakterien — Kohlenäure nicht als Nahrungsmittel verwerten, und vermögen Stickstoff entweder aus einfachen Salzen oder aus Proteiden zu gewinnen. Chlorophyllfreie Pflanzen nähren sich demnach teils wie grüne Pflanzen, teils wie Tiere.

Dieser Unterschied in der Beschaffenheit der Nahrung hängt mit einer morphologischen Verschiedenheit zusammen. Die Tiere haben in der Regel eine Einfuhröffnung oder einen Mund und irgend eine Art von Verdauungshöhle, sei dieselbe beständig (Magen) oder vergänglich (Nahrungsvakuole). Bei den Pflanzen existiert kein Gebilde dieser Art.

Ein weiterer Unterschied, dessen wir bereits in einer früheren Vorlesung (S. 24) ausführlich gedachten, besteht genau genommen nicht zwischen Pflanzen und Tieren, sondern zwischen Organismen mit und

ohne Chlorophyll, der nämlich, daß bei den Pflanzen der Ernährungsprozefs auf eine Desoxydation hinausläuft, insofern mehr [freier] Sauerstoff abgegeben als aufgenommen wird, während bei den Tieren gerade das Gegenteil der Fall ist.

Ebenso besteht ein Unterschied in der Art der Exkretion. Bei *Paramecium* existiert ein besonderes Gebilde, die kontraktile Vakuole, welche das überflüssige, mit der Nahrung aufgenommene Wasser sammelt und entleert, ohne Zweifel gleichzeitig mit stickstoffhaltigen und andern Zerfallsprodukten. Bei *Vaucheria* und *Mucor* existiert keine kontraktile Vakuole und die Exkretion geschieht einfach durch Diffusion von der ganzen Oberfläche des Organismus in das umgebende Medium.

Auch dieses Merkmal ist von allgemeiner Wichtigkeit. Die große Mehrzahl der Tiere besitzt ein besonderes Ausscheidungsorgan, die Pflanzen haben nichts der Art.

Ein fernerer Unterschied zeigt sich in der allgemeinen Gestalt des Organismus. *Paramecium* besitzt eine bestimmte und beständige Form und bringt, einmal fertig ausgebildet, keine neuen Teile hervor. *Vaucheria* und *Mucor* bilden beständig neue Äste, so daß ihre Form sich fortwährend verändert und ihr Wachstum niemals als abgeschlossen angesehen werden kann.

Endlich kommen wir zu dem vielleicht offenbarsten und auffallendsten aller Unterscheidungsmerkmale: *Paramecium* besitzt in deutlichem Grade die Fähigkeit selbständiger Bewegung; sowohl bei *Mucor*, als bei *Vaucheria* zeigt der Organismus als Ganzes keine Eigenbeweglichkeit, sondern nur die langsamen Bewegungen des Wachstums. Die Sporen und Spermien von *Vaucheria* sind jedoch aktiv beweglich.

So können wir, wenn wir *Paramecium* als Typus der Tiere, und *Mucor* und *Vaucheria* als Typen der Pflanzen annehmen, die folgenden Definitionen aufstellen:

Tiere sind Organismen von bestimmter und unveränderlicher Form, deren Zellkörper nicht von einer Cellulosewand umgeben ist. Sie nehmen feste, eiweißhaltige Nahrung auf, ihr Ernährungsprozefs führt zu einer Oxydation, sie haben ein bestimmtes Exkretionsorgan und sind selbständiger Bewegung fähig.

Pflanzen sind Organismen von beständig wechselnder Form, deren Zellkörper von einer Cellulosewand umhüllt ist; sie können keine feste Nahrung aufnehmen, sondern nähren sich von einer wässerigen Lösung von Nährstoffen. Enthalten sie Chlorophyll, so dient ihnen die Kohlensäure der Luft als Nahrungsquelle, Stickstoff erhalten sie in Form einfacher Salze und die Ernährungsprozesse laufen auf eine Desoxydation hinaus; ist kein Chlorophyll vorhanden, so entnehmen sie ihre Kohlensäure dem Zucker oder ähnlichen Verbindungen, den Stickstoff entweder einfachen Salzen oder Proteiden und ihr Ernährungsprozefs ist ein Oxydationsprozefs. Ein specielles Ausscheidungsorgan fehlt, und — ab-

gesehen von gewissen Fortpflanzungskörpern — zeigen sie in der Regel keine Ortsbewegung.

Wenden wir nun diese Definition auf die in den ersten acht Vorlesungen besprochenen einfachen Organismen an, und sehen wir zu, wieweit sie uns in den Stand setzen, diese Organismen einem oder dem andern der beiden »Reiche«, in welche man die lebenden Wesen einteilen pflegt, zuzuweisen.

*Amoeba* besitzt im Ruhezustande eine, wahrscheinlich stickstoffhaltige, Zellwand; sie nimmt feste Nahrung auf, ihre Ernährung ist demnach holozoisch; sie besitzt eine kontraktile Vakuole und führt amöboide Bewegungen aus. Sie kann daher recht wohl als Tier angesehen werden.

*Haematococcus* besitzt eine Cellulosewand; er enthält Chlorophyll, und seine Ernährung ist rein holophytisch; eine kontraktile Vakuole ist vorhanden bei *H. lacustris*, fehlt aber bei *H. pluvialis*, und seine Bewegungen sind Wimperbewegungen.

*Euglena* besitzt im eingekapselten Zustande eine Cellulosewand; vermöge ihres Chlorophyll ernährt sie sich durch Absorption von Kohlenäure und Mineralsalzen, sie kann jedoch auch mittels eines besondern Mundes oder Schlundes feste Nahrung aufnehmen; sie besitzt eine kontraktile Vakuole und führt euglenoide und Wimperbewegungen aus.

Bei diesen beiden Organismen treten offenbar widersprechende Merkmale auf; die Cellulosewand und die holophytische Ernährungsweise stellen beide zu den Pflanzen, während wir sie auf Grund der kontraktilen Vakuole und der aktiven Bewegungen beider Gattungen, sowie auf Grund der holozoischen Ernährung bei *Euglena* unter die Tiere verweisen müßten. Dafs die Schwierigkeit keineswegs leicht zu überwinden ist, kann man aus der Thatfache ersehen, dafs beide Gattungen bis heute sowohl von Zoologen als von Botanikern in Anspruch genommen werden. So betrachtet beispielsweise Professor Huxley den *Haematococcus* als Pflanze und äufsert Zweifel betreffs der *Euglena*; Saville-Kent rechnet *Haematococcus* zu den Pflanzen und *Euglena* zu den Tieren; Professor Sachs und Thifelton Dyer stellen beide Gattungen zum Pflanzenreich, während Professor Ray Lankester und Professor Bütschli beide unter die Tiere zählen.

Bei *Heteromita* ist die einzige Zellwand die zarte Cuticula, welche in der Zygote fest genug ist, um die Sporen bis zum Augenblick ihres Auschlüpfens festzuhalten; Nahrung wird nur auf dem Wege der Absorption aufgenommen und die Ernährung ist völlig saprophytisch; es existiert eine kontraktile Vakuole und die Bewegungen sind Wimperbewegungen.

Auch hier widersprechen sich die Charaktere: das wahrscheinliche Fehlen der Cellulose, die kontraktile Vakuole und die Wimpern haben ein »tierisches« Aussehen, aber die Ernährungsweise ist die eines Pilzes.

Bei *Protomyxa* finden wir ein entschiedenes Überwiegen animalischer Charaktere: Aufnahme lebender Nahrung, und fowohl amöboide als Wimperbewegung. Chlorophyll ist nicht vorhanden und die Zusammenfassung der Zellwand ist nicht bekannt.

Bei den Mycetozoen, deren Entwicklungsgefhichte der der *Protomyxa* so sehr ähnlich ist, besteht die Cyste im Ruhezustande aus Cellulose, und dasselbe gilt von der Zellwand der Spore; die Ernährungsweise ist holozoisch, eine kontraktile Vakuole findet sich bei der Flagellula, und es werden fowohl amöboide als Wimperbewegungen ausgeführt. Auch hier haben wir also wieder eine verwirrende Kombination tierischer und pflanzlicher Merkmale und infolgedessen sehen wir, dafs diese Organismen von Sachs und Göbel — unter dem Namen Myxomyceten oder Schleimpilze — den Pflanzen zugerechnet werden, während De Bary, Büttchli und Ray Lankester sie in das Tierreich verweisen.

Bei *Saccharomyces* herrscht ein deutliches Übergewicht pflanzlicher Merkmale. Die Zellwand besteht aus Cellulose, die Nahrung wird durch Absorption aufgenommen, Eiweiskörper sind nicht notwendige Bestandteile derselben, es ist keine kontraktile Vakuole und kein freibewegliches Stadium vorhanden.

Bei den Bakterien endlich besteht die Zellwand aus Cellulose, die Ernährung ist gewöhnlich saprophytisch, eine kontraktile Vakuole fehlt und die Bewegungen sind Wimperbewegungen. Es stimmen demnach die Bakterien in allen angegebenen Merkmalen, abgesehen von dem Vorhandensein der Cellulose und dem Fehlen der kontraktilen Vakuole, mit *Heteromita* überein, sie werden jedoch von Allen — mit Ausnahme von Prof. Claus — zu den Pflanzen gestellt, während *Heteromita* so gut wie allgemein zu den Tieren gezählt wird.

Wir sehen also, dafs, während es ganz leicht ist, die höheren Organismen in die beiden verschiedenen Gruppen der Tiere und Pflanzen zu trennen, eine derartige Teilung bei den niedersten Lebensformen keineswegs leicht durchführbar ist. In Würdigung dieser Thatfache schlug Haeckel vor längeren Jahren vor, ein drittes »Reich«, das sogenannte Protistenreich, zu begründen, welches alle einzelligen Organismen umfassen sollte. Wenn sich auch der Durchführung dieses Vorschlages manche Einwände entgegenstellen, so läfst sich doch recht viel für denselben sagen. Vom streng wissenschaftlichen Standpunkte aus ist es ganz ebenso gerechtfertigt, die lebenden Wesen in drei Abteilungen zu teilen, wie in zwei; die Grenzlinie zwischen Tieren und Pflanzen ist gerade so willkürlich, wie die zwischen Protisten und Pflanzen oder zwischen Protisten und Tieren, und nicht mehr; der Haupteinwand gegen die Neuerung ist der, dafs sie die Schwierigkeiten verdoppelt, indem sie statt der einen zwei künstliche Grenzlinien schafft.

Wichtig für den Leser ist vor Allem die Erkenntnis, daß diese Grenzen künstlich sind, und daß es wissenschaftliche Grenzlinien in der Natur nicht giebt. Wie es bei der Verflüßigung der Gase einen »kritischen Punkt« giebt, in welchem die Versuchssubstanz weder gasförmig noch flüßig ist, wie es in einer Gebirgsgegend unmöglich ist, anzugeben, wo der Berg aufhört und das Thal anfängt, wie es bei der Entwicklung eines Tieres ein eitles Bemühen wäre, genau den Zeitpunkt bestimmen zu wollen, in welchem beispielsweise das Ei zur Kaulquappe oder die Kaulquappe zum Frosch wird, so ist es auch bei unserm in Rede stehenden Falle. Der Unterschied zwischen den höheren Pflanzen und Tieren ist vollkommen scharf und deutlich, aber wenn man die beiden Gruppen abwärts verfolgt, findet man, daß sie ganz allmählich in eine Gemeinschaft von Organismen übergehen, welche an den Charakteren beider Reiche Anteil haben und nicht ohne eine gewisse Gewalt einem derselben angeschlossen oder von demselben ausgeschlossen werden können. Wohin irgend ein gegebenes Protist klassifiziert werden soll, die Frage ist nach seinem individuellen Verhalten zu entscheiden; der Organismus muß bis ins Einzelne mit allen denjenigen verglichen werden, welche ihm im Bau, in den Lebenserscheinungen und der Entwicklungsgeschichte nahestehen; und es muß dann abgewogen und die zweifelhafte Form in das Reich verwiesen werden, mit welchem sie, Alles in Allem, die meisten Charaktere gemein hat.

Ohne Zweifel wird der Leser bemerken, daß wir nur auf Grund der Entwicklungstheorie die Thatfache, daß Pflanzen- und Tierreich miteinander verknüpft sind, wie zwei aus gemeinsamer Wurzel entspringende Bäume, durch die Hypothese erklären können, daß die ersten Organismen Protisten waren, und daß aus ihnen sich Tiere und Pflanzen nach verschiedenen Richtungen entwickelten. Und im Zusammenhange hiermit ist die Thatfache, daß einige Bakterien — die einfachsten bekannten, chlorophyllfreien Organismen — in Lösungen zu gedeihen vermögen, die von organischen Substanzen völlig frei sind, von hoher Bedeutung.

## Achtzehnte Vorlesung.

### Penicillium und Agaricus.

---

Einer der gemeinsten und bekanntesten niederen Organismen ist der »grüne Schimmel«, welcher so schnell jede der Feuchtigkeit ausgesetzte organische Substanz, wie Teig, Kleister, Obstsaft, Käse, Leder u. s. w., mit einem dicken, grünen Rasen bedeckt. Dieser Schimmel ist eine Pflanze, welche wie *Mucor* zu der Gruppe der Pilze gehört und *Penicillium glaucum* genannt wird.

Mit bloßem Auge betrachtet, zeigt ein *Penicillium*rasen ein staubartiges Aussehen, und wenn man mit dem Finger darüber hinfährt, so streift man eine Quantität feinen Staubes von grüner Farbe ab. Dieser Staub besteht, wie wir sehen werden, aus den Sporen von *Penicillium*. Der beste Weg, diese Pflanze zu studieren, ist der, daß man einige der Sporen in einem Gefäße mit Pasterurischer Lösung ausfäet, indem man eine Nadel oder einen Pinsel über den Schimmelrasen führt, und mit demselben in der Flüssigkeit umherrührt.

Es ist gut, zunächst die mit bloßem Auge sichtbaren Vorgänge zu studieren. Wenn die Menge der Sporen nicht zu groß ist und sie in der Flüssigkeit genügend verteilt sind, so gewahrt man mit bloßem Auge keine oder kaum eine Spur von ihnen. Nach einigen Tagen jedoch erscheinen an der Oberfläche der Flüssigkeit außerordentlich kleine weiße Punkte; diese nehmen an Größe zu, und man sieht, besonders mit Hilfe einer Handlupe, daß dieselben aus kleinen Scheiben von kreisförmigem oder fast kreisförmigem Umriss bestehen und deutlich in der Mitte dicker sind, als nach dem Rande zu; diese schwimmen auf der Flüssigkeit, so daß ihre obere Fläche trocken ist. Jeder dieser Flecke ist ein junger *Penicillium*rasen, welcher, wie wir später sehen werden, durch Keimung einer Gruppe von Sporen entsteht.

Untersucht man die Gewächse Tag für Tag, so findet man, daß sie stetig an Größe zunehmen und im Verlaufe des Wachstums werden sie in der Mitte dicker und dicker: ihr Wachstum ist offenbar ein centrifugales. Ihr dickerer centraler Teil nimmt ein flaumiges Aussehen an, und, wenn der Rasen im Laufe der Zeit einen Durchmesser von ungefähr

4 bis 5 mm erreicht hat, tritt eine weitere sichtbare Veränderung ein: die Mitte des Fleckes nimmt eine fahlblaue Färbung an, während der Umfang noch rein weiß bleibt. Wenn der Durchmesser bis auf 6 bis 10 mm angewachsen ist, verwandelt sich die Farbe des Centrums in ein dunkles Grün; um dasselbe herum zieht sich ein hellblauer Ring, und endlich ein äußerer weißer Kreis. Aller Wahrscheinlichkeit nach werden einige der Gewächse, von denen sicherlich zahlreiche in dem Gefäße sich finden, um diese Zeit mit ihren Enden zusammentreffen; sie verflechten sich dann vollständig miteinander, und ihre ursprünglichen Grenzen bleiben eine Zeitlang durch ihre weiße Färbung erkennbar. Früher oder später jedoch geht dies Weiß in Blau über und das Blau in Grün, bis die ganze Oberfläche der Flüssigkeit von einem einzigen Rafen von gleichmäßig grüner Färbung bedeckt ist.

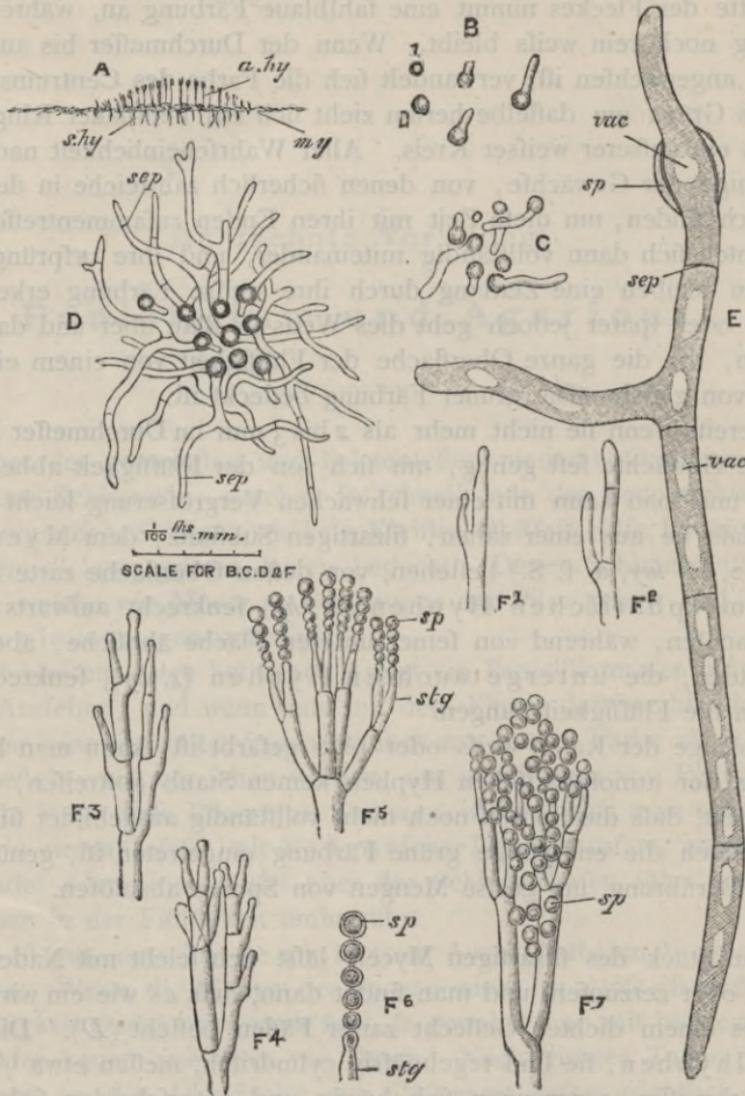
Bereits wenn sie nicht mehr als 2 bis 3 mm im Durchmesser haben, sind die Gewächse fest genug, um sich von der Flüssigkeit abheben zu lassen, und man kann mit einer schwachen Vergrößerung leicht erkennen, daß sie aus einer zähen, filzartigen Substanz, dem Mycelium (Fig. 40, *A, my*, a. f. S.) bestehen, von dessen Oberfläche zarte Fäden, die atmosphärischen Hyphen (*A, hy*) senkrecht aufwärts in die Luft wachsen, während von seiner unteren Fläche ähnliche, aber kürzere Fäden, die untergetauchten Hyphen (*s. hy*), senkrecht abwärts in die Flüssigkeit hängen.

Solange der Rafen weiß oder blau gefärbt ist, kann man bei Berührung der atmosphärischen Hyphen keinen Staub abstreifen, woraus hervorgeht, daß die Sporen noch nicht vollständig ausgebildet sind, sobald jedoch die endgültige grüne Färbung eingetreten ist, genügt die leiseste Berührung, um große Mengen von Sporen abzulösen.

Ein Stück des filzartigen Mycels läßt sich leicht mit Nadeln ausbreiten oder zerpfen, und man findet dann, daß es wie ein wirklicher Filz aus einem dichten Geflecht zarter Fäden besteht (*D*). Dies sind Mycelhyphen, sie sind regelmäßig cylindrisch, messen etwa  $\frac{1}{100}$  mm im Durchmesser, verzweigen sich häufig und unterscheiden sich durch eine wichtige Eigentümlichkeit von den im Ganzen ähnlichen Hyphen des *Mucor* (S. 121). Das Protoplasma ist nicht einheitlich, sondern in regelmäßigen Abständen durch Querwände oder Septa (*D, E, sep*) unterbrochen. Mit andern Worten, bei einer *Penicillium*hyphye ist normal, was bei einer *Mucor*hyphye unter ungünstigen Bedingungen eintritt (S. 122), sie ist vielzellig, die Septen teilen sie in getrennte Teile, deren jeder morphologisch einer einzelnen Hefezelle gleichwertig ist.

*Penicillium* zeigt daher in seinem Bau einen sehr wesentlichen Fortschritt gegenüber den bisher betrachteten Organismen. Während bei letzteren der ganze Körper eine einzige Zelle darstellt, ist er bei *Penicillium* ein Zellaggregat, eine Vereinigung zahlreicher Zellen, welche alle miteinander in organischem Zusammenhange stehen. Da die

Fig. 40.



*Penicillium glaucum.*

*A* schematischer Durchschnitt eines jungen Rasens (Vergr. 5), zeigt Mycel (*my*), untergetauchte (*s. hy*) und atmosphärische Hyphen (*a. hy*).

*B* Gruppe von Sporen: 1 vor Beginn der Keimung; 2 durch Imbibition von Flüssigkeit gewachsen; die drei übrigen haben zu keimen begonnen.

*C* sehr junges, von einer Gruppe keimender Sporen gebildetes Mycel.

*D* weiter vorgeschrittenes Mycel: die Hyphen sind in die Länge gewachsen, haben begonnen sich zu verzweigen und es sind Septen aufgetreten.

*E* keimende Spore (*sp*), sehr stark vergrößert, eine kurze und eine lange Hyphe austreibend, letztere mit einem kurzen feitlichen Ast und mehreren Septen (*sep*). Sowohl die Spore als die Hyphen enthalten Vakuolen (*vac*) in ihrem Protoplasma.

*F*<sup>1</sup>—*F*<sup>4</sup> Entwicklung der sporentragenden Pinsel durch wiederholte Verzweigung einer atmosphärischen Hyphe; die kurzen Endzweige oder Sterigmata schütren sich bereits zur Sporenbildung zusammen.

$F^5$  ein völlig entwickelter Pinfel, an jedem Sterigma (*stg*) eine Reihe Sporen tragend.

$F^6$  ein einzelnes Sterigma (*stg*) mit feinen Sporen (*sp*).

$F^7$  ein überreifer Pinfel, dessen Bau durch Sporen, welche von den Sterigmen abgefallen sind, verdeckt wird.

Vergr.  $B-D$ ,  $F^1-F^5$  und  $F^7 \times 150$ ,  $F^6 \times 200$ ,  $E \times 500$ .

Zellen in einer Längsreihe angeordnet sind, so ist Penicillium ein Beispiel eines linearen Zellaggregates.

Jede Zelle wird, wie bereits beschrieben, von einer Cellulosewand umgeben; ihr Protoplasma ist mehr oder weniger vakuolisiert ( $E$ , *vac*), manchmal so stark, dass es nur eine dünne Lage auf der Innenfläche der Zellwand bildet, während das ganze Innere der Zelle von einer grossen Vakuole eingenommen wird. Neuerdings wurden, durch Färbung mit Hämatoxylin, zahlreiche Kerne nachgewiesen, so dass die Penicilliumzelle gleich einer Oxytricha (S. 90) oder einem Mucor- oder Vaucheriafaden vielkernig ist.

Die untergetauchten Hyphen haben denselben Bau, aber ihre Enden sind leichter aufzufinden, als bei den Mycelhyphen. Die freien Enden verschmälern sich zu einer stumpfen Spitze, an welcher die Cellulosewand dünner ist als anderswo ( $E$ ).

Die atmosphärischen Hyphen aus dem jüngsten (weissen) Teil des Rafens bestehen aus unverzweigten Fäden; nimmt man jedoch solche aus einem Rafen, der sich eben blau zu färben beginnt, so zeigen diese ein sehr charakteristisches Aussehen ( $F^1-F^4$ ). Jede teilt sich an ihrem distalen oder oberen Ende in eine grössere oder kleinere Zahl von Zweigen, welche kurz bleiben und in paralleler Richtung nebeneinander wachsen; die primären Zweige ( $F^1-F^2$ ) bilden sekundäre ( $F^3$ ) und die sekundären tertiäre ( $F^4$ ), so dass die Hyphe schliesslich das Aussehen eines kleinen Bündels oder Pinfels, oder genauer eines kleinen Kaktus mit dichtstehenden, gabeligen Ästen bekommt. Die äussersten oder distalen Zweige sind kugelige Zellen und werden Sterigmen ( $F^5$ , *stg*) genannt.

Nächst dem schnüren sich die Enden der Sterigmen ab, genau als ob ein Faden um sie herumgelegt und allmählich zusammengezogen würde ( $F^1$ ,  $F^6$ ). Das Resultat ist, dass das distale Ende sich in Form einer kugeligen Tochterzelle abgliedert, in sehr ähnlicher Weise wie bei Saccharomyces eine Knospe sich abtrennt (S. 55). Auf diese Weise wird eine Spore gebildet. Der Vorgang wiederholt sich, das Ende des Sterigmas schnürt sich wiederum ab und eine neue Spore wird gebildet, während die alte weiter nach aussen gedrängt wird. Durch beständige Wiederholung desselben Prozesses entsteht eine Längsreihe von Sporen ( $F^5$ ,  $F^6$ ), deren proximale oder unterste die jüngste und deren distale oder oberste die älteste ist. Die Sporen wachsen noch eine Zeitlang nach ihrer Bildung, und man sieht daher, dass sie grösser und grösser werden, je mehr man vom proximalen Ende der Kette zum distalen fort-

schreitet (*F*<sup>6</sup>). Früher oder später geben sie ihre Verbindung miteinander auf, lösen sich los und fallen ab, so daß sie das ganze Gewächs mit einem feinen Staube bedecken, welcher vermöge der etwas klebrigen Beschaffenheit der Sporen leicht überall haftet. In diesem Stadium ist es durchaus unmöglich, den Bau der Pinselfäden zu erkennen, da sie durch die Menge der ihnen anhaftenden Sporen völlig bedeckt werden (*F*<sup>7</sup>).

In dieser Periode der völligen Ausbildung der Sporen nimmt der Rafen die grüne Färbung an. Diese Farbe verdankt er nicht der Gegenwart von Chlorophyll. Bei starker Vergrößerung erscheinen die Sporen völlig farblos, während eine gleich große durch Chlorophyll gefärbte Zelle hellgrün erscheinen würde.

Die Keimung der Sporen kann man leicht beobachten, wenn man sie in einem Tropfen Pasteur'scher Lösung in einer feuchten Kammer ausfäet (Fig. 37, S. 123). Die Sporen, deren gewöhnlich mehrere zusammenhängen, sind zunächst hell und durchsichtig (Fig. 40, *B*<sup>2</sup>), bald schwellen sie beträchtlich an und das Protoplasma wird körnig und vakuolisiert (*B*<sup>2</sup>); in diesem Stadium sind sie kaum von Hefezellen (vergl. Fig. 12, S. 55) zu unterscheiden. Darauf entspringen aus jeder derselben eine oder mehrere Knospen und verlängern sich zu Hypphen (*B*, *C*), gerade wie bei *Mucor*. Aber der Unterschied zwischen den beiden Schimmelarten tritt bald deutlich hervor: sobald eine Hyphe ungefähr die sechs- oder achtfache Länge ihres eigenen Durchmessers erreicht hat, erfährt das Protoplasma derselben eine Querteilung und es bildet sich eine Cellulosewand (*D*, *E*, *sep*), welche die junge Hyphe in zwei Zellen teilt (vergl. Fig. 36, *H*, S. 120). Die distale Zelle verlängert sich darauf und teilt sich von Neuem, und auf diese Weise bestehen die Hypphen fast von Anfang an aus Zellen von ungefähr gleicher Größe.

Das Wachstum der distalen oder Scheitelzelle einer Hyphe geschieht wahrscheinlich in folgender Weise: Das freie Ende verschmälert sich allmählich (*E*) und die Cellulosewand wird in der Nähe des Scheitels dünner. Das Volumen des Protoplasmas, in dem sich der konstruktive Metabolismus mit größerer Schnelligkeit vollzieht als der destruktive, vergrößert sich und das Bestreben desselben ist, sich nach allen Seiten auszudehnen. Da jedoch die umhüllende Cellulosemembran am Scheitel dünner ist als anderswo, so dehnt es sich natürlich, nach dem Prinzip des geringsten Widerstandes, in dieser Richtung aus, und so vergrößert sich die Länge der Zelle, ohne gleichzeitige Zunahme ihres Umfanges. So ist das Wachstum einer Hyphe ein apikales oder Scheitelwachstum, d. h. es vollzieht sich nur am distalen Ende, die einmal fertig gebildeten Zellen wachsen nicht mehr. So sind also die ältesten Zellen diejenigen, welche der ursprünglichen Spore, aus der die Hyphe hervorging, am nächsten liegen, die jüngsten diejenigen, welche am weitesten von ihr entfernt sind.

Auch ein geschlechtlicher Vermehrungsvorgang, welcher zuweilen, aber offenbar sehr selten bei *Penicillium* vorkommt, ist beschrieben

worden; derselbe soll im Wesentlichen in der Konjugation zweier Gameten von der Form verflochtener Hyphen und der darauf folgenden Entwicklung von Sporen in der verzweigten Zygote bestehen. Da die Details dieses Vorganges jedoch komplizierter Natur sind und der sexuelle Charakter desselben noch zweifelhaft ist, so halten wir es für genügend, hier nur darauf hinzuweisen. Wir verweisen den Leser auf Brefeld's Originalmitteilung im *Quarterly Journal of microscopical Science* XV p. 342<sup>1)</sup>. Die sogenannte geschlechtliche Fortpflanzung des nahe verwandten *Eurotium* ist beschrieben in Huxley und Martin's *Elementary Biology* (neue Auflage) und abgebildet in Howe's *Atlas of elementary Biology*, Tafel 19, Fig. 26 u. 27.

Die Ernährung von *Penicillium* ist im Wesentlichen gleich der von *Mucor* (S. 125). Aber, wie gesagt worden ist, »es ist oft mit der ärmlichsten Nahrung zufrieden, welche für höhere Pilze zu ungenügend fein würde. Es lebt im menschlichen Ohr, es verschmäht nicht abgelegte Kleider, feuchte Stiefel oder eingetrocknete Tinte. Zuweilen begnügt es sich mit einer Zuckerlösung mit nur sehr wenig (stickstoffhaltiger) organischer Substanz, ein ander Mal scheint es die reinste Lösung eines Salzes vorzuziehen, in welcher nur Spuren organischer Materie vorhanden sind. Es widersteht sogar den schädlichen Einwirkungen giftiger Lösungen von Kupfer und arseniger Säure.« Es gedeiht am besten in einer Lösung von Peptonen und Zucker.

Diese Wahlfreiheit in Bezug auf seine Nahrungsmittel ist eine naheliegende Erklärung für die allgemeine Verbreitung des *Penicillium*, eine andere liefert uns die außerordentliche Lebensfähigkeit der Sporen. Sie keimen bei jeder Temperatur zwischen 1,5° und 43° C., ihr Optimum liegt bei 22° C. Sie werden durch trockene Hitze von 108° nicht getötet und einzelne widerstehen sogar einer Temperatur von 120° und behalten ihre Keimfähigkeit, wenn man sie zwei Jahre lang aufbewahrt.

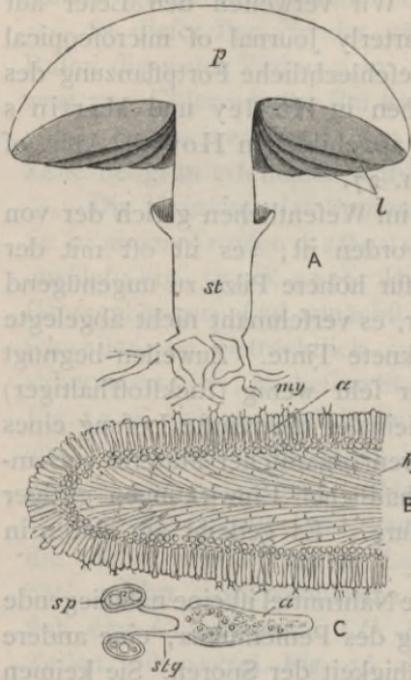
Wir haben gesehen, daß die Form eines *Penicillium*rasens unregelmäßig ist und durch die Oberfläche, auf welcher er wächst, bestimmt wird. Es giebt jedoch gewisse Pilze, welchen eine ganz beständige und bestimmte Form und Größe zukommt und deren genaue Untersuchung dennoch ergibt, daß sie ausschließlich aus verflochtenen Hyphen be-

1) Der deutsche Leser sei auf Brefeld's vorläufige Mitteilung in der *Regensburger »Flora«* von 1873 hingewiesen, sowie auf desselben Verfassers ausführlichere Darstellung im zweiten Hefte seiner *»Schimmelpilze«*, Leipzig 1874. Weiteres über diesen Gegenstand, sowie über die weiter unten erwähnten Vorgänge bei *Eurotium* findet sich in De Bary's *»Studien zur Morphologie und Biologie der Pilze«* (Frankfurt a. M. 1870, in den *Abh. der Senckenberg. Gesellschaft*) und in desselben Verfassers *»Vergleichende Morphologie und Biologie der Pilze, Mycetozoen und Bakterien«*, Leipzig 1884. — Eine gute übersichtliche Darstellung findet sich auch in Göbel's *»Grundzüge der Systematik und speciellen Pflanzenmorphologie«*, Leipzig 1882. — Anm. d. Übersetzers.

stehen, d. h. dafs sie zum Typus der linearen Zellaggregate gehören. Zu den auffallendsten dieser Formen gehören die Hutpilze oder Schwämme.

Ein Blätterpilz (Agaricus) besteht aus einem steifen, vertikalen Stiel (Fig. 41, *A*, *st*), der an seinem oberen oder distalen Ende eine schirmartige Scheibe oder einen Hut (pileus, Fig. 41, *A*, *p*) trägt. Das untere oder proximale Ende des Stieles steht in Verbindung mit einem unterirdischen Mycel (*my*), aus welchem es hervorgeht.

Fig. 41.



#### Agaricus campestris.

*A* schematischer Vertikalschnitt, zeigt den aus einem Mycelium (*my*) hervordachsenden und in einen Hut (*p*) sich ausbreitenden Stiel (*st*). An der Unterseite des Hutes befinden sich radiale Lamellen (*l*).

*B* Querschnitt durch eine Lamelle, zeigt die Hyphen (*hy*), welche nach aufsen umbiegen und die Schicht keulenförmiger Zellen bilden, von denen die Sterigmen entspringen.

*C* eine der keulenförmigen Zellen (*A*), stark vergrößert, zeigt die zwei Sterigmen (*stg*), deren jedes eine Spore (*sp*) trägt.

*B* und *C* nach Sachs.

An der Oberfläche der Lamellen wenden sich die Hyphen nach aufsen, so dafs ihre Enden senkrecht zur freien Oberfläche der Platte stehen. Ihre Endzellen sind erweitert oder keulenförmig (*B*, *C*, *a*) und

An der Unterseite des Hutes befinden sich zahlreiche, radiale, fenkrechte Platten oder Lamellen (*l*), welche sich durch die ganze Entfernung zwischen dem Umfange des Hutes und dem Stiel, oder durch einen Teil derselben erstrecken. Beim gewöhnlichen essbaren Champignon (*A. campestris*) sind diese Lamellen in der Jugend rot und werden später dunkelbraun.

Ein solcher Pilz ist zu zähe, als dafs man ihn, gleich dem Mycel von Penicillium, bequem auseinanderzupfen könnte, und fein Bau läfst sich am besten erkunden, wenn man aus verschiedenen Teilen dünne Schnitte anfertigt und bei starker Vergrößerung untersucht.

Solche Schnitte lassen erkennen, dafs der ganze Pilz aus einer ungeheuren Zahl eng verflochtener, verzweigter Hyphen (*B*) besteht, die durch zahlreiche Septen in Zellen geteilt sind. In dem Stiel verlaufen die Hyphen in der Längsrichtung, im Hute wenden sie sich nach auswärts, verlaufen von der Mitte desselben gegen den Umfang hin und senden Zweige nach abwärts, um die

geben zwei kleine Zweige oder Sterigmen (*C, stg*) ab, deren Enden anschwellen und sich als Sporen (*sp*) abspinnen. Diese fallen zu Boden, keimen und bilden ein Mycel, aus welchem in bestimmter Folge mehr oder weniger neue Pilze hervorgehen.

So steht, was seinen Bau angeht, ein Hutpilz in fast derselben Beziehung zu Penicillium, wie Caulerpa (S. 131) zu Vaucheria. Caulerpa zeigt den Höhepunkt der Entwicklung, deren eine einzelne, verzweigte Zelle fähig ist; ein Hutpilz zeigt, wie kompliziert und formbeständig ein einfaches lineares Zellenaggregat werden kann.

Spizogya

Unter den zahlreichsten Pilzen, welche in feuchten und langsam fließenden Gewässern einen grünen Überzug bilden, ist Spizogya viel leicht die häufigste. Man erkennt sie bei genauer Vergrößerung auf den ersten Blick daran, dass die langen, zarten, grünen Fäden, aus denen sie besteht, durch ein regelmäßiges, veränderliches grünes Spitzband auszeichnet sind.

Unter dem Mikroskop betrachtet, erscheinen die Fäden gleich den Penicillium-Hyphen als büschelartige Nadelstrahlen, die in der ersten Reihe Ende an Ende geordneter Zellen. Bei Penicillium sind jedoch die Hyphen vielfach verzweigt, und es ist immer möglich, das verästelte Büschelchen von dem Fadenstrahl zu unterscheiden, welches entweder aus einer anderen Hyphe oder aus einer Spore hervorgeht. Die Spizogya fäden hingegen verzweigen sich nicht und es besteht kein Zweifel über die Identität der beiden entgegengesetzten Fäden.

Die Zellen, welche die Fäden zusammensetzen (Fig. 42, A), sind cylindrisch, von einer Cellulosewand (C) umgeben und durch Querwände (W) von derselben Substanz von den angrenzenden Zellen getrennt. Der protoplasmatische Zellkörper weißt einige charakteristische Eigenheiten auf.

Es wurde schon mehr als einmal bemerkt, dass in den größeren Pflanzenzellen die Vakuolenbildung so intensiv ist, dass das Protoplasma auf eine dünne, der Zellwand anliegende Schicht reduziert erscheint (Fig. 13 u. 14). In der Verbindung ist bei Spizogya die vom Zellkern umschlossene, der centrale Vakuolen so groß, dass das Protoplasma nur noch den Charakter einer zarten Hülle, die unmittelbar der Zellwand angeschlossen ist, bewahrt hat. Um sie erkennen zu können, muss das Innere mit einer Flüssigkeit behandelt werden, welche eine gewisse Löslichkeit besitzt als Wasser, etwa mit einer sauren Kochsalzlösung, welche, indem sie die Wand der Vakuole auflöst, das Protoplasma verflüssigt, sich unter Aufschwemmung von der Zellwand

## Neunzehnte Vorlesung.

# Spirogyra.

---

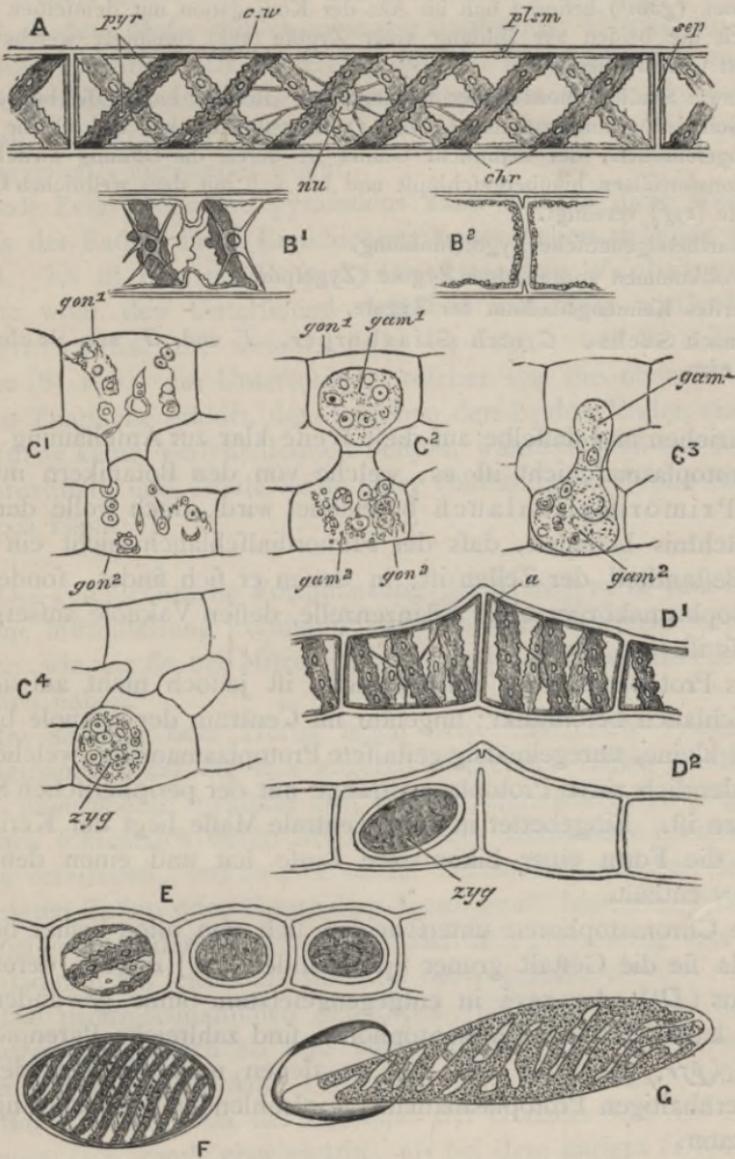
Unter den zahlreichen Pflanzen, welche in stehenden und langsam fließenden Gewässern einen grünen Überzug bilden, ist Spirogyra vielleicht die häufigste. Man erkennt sie bei starker Vergrößerung auf den ersten Blick daran, daß die langen, zarten, grünen Fäden, aus denen sie besteht, durch ein regelmäßig verlaufendes grünes Spiralband ausgezeichnet sind.

Unter dem Mikroskop betrachtet, erscheinen die Fäden gleich den Penicillium-Hyphen als lineare Zellenaggregate, d. h. als einzelne Reihen, Ende an Ende gereihter Zellen. Bei Penicillium sind jedoch die Hyphen vielfach verzweigt, und es ist immer möglich, das verschmälerte Distalende von dem Proximalende zu unterscheiden, welches entweder aus einer andern Hyphe oder aus einer Spore hervorgeht. Die Spirogyrafäden hingegen verzweigen sich nicht und es besteht keinerlei Unterschied zwischen den beiden entgegengesetzten Enden.

Die Zellen, welche die Fäden zusammensetzen (Fig. 42, A), sind cylindrisch, von einer Cellulosewand (*c. w*) umgeben und durch Querwände (*sep*) von derselben Substanz von den anstossenden Zellen getrennt. Der protoplasmatische Zellkörper weist einige charakteristische Eigentümlichkeiten auf.

Es wurde schon mehr als einmal bemerkt, daß in den größeren Pflanzenzellen die Vakuolenbildung so intensiv ist, daß das Protoplasma auf eine dünne, der Zellwand anliegende Schicht reduziert erscheint (S. 127 u. 141). Dieses Verhältnis ist bei Spirogyra bis zum Äußersten entwickelt: die centrale Vakuole ist so groß, daß das Protoplasma nur noch den Charakter einer zarten, farblosen, die Innenfläche der Zellwand auskleidenden Membran hat. Um es erkennen zu können, muß das Individuum mit einer Flüssigkeit behandelt werden, welche eine größere Dichtigkeit besitzt als Wasser, etwa mit einer 10proz. Kochsalzlösung, welche, indem sie das Wasser der Vakuole absorbiert, das Protoplasma veranlaßt, sich unter Einschrumpfung von der Zellwand

Fig. 42.



Spirogyra.

A kleiner Teil eines lebenden Fadens, zeigt eine einzelne Zelle mit Zellwand (*c. w*), Querwände (*sep*), welche sie von den Nachbarzellen trennen, die peripherische Protoplasmaschicht (*plsm*), welche durch Fäden mit der den Kern (*nu*) enthaltenden Centralmasse verbunden ist, zwei spiral gewundene Chromatophoren (*chr*) und Pyrenoide (*pyr*).

*B*<sup>1</sup>, *B*<sup>2</sup> mittlerer Teil einer Zelle in zwei Teilungsstadien.

*C* vier Stadien diöcischer Konjugation. Bei *C*<sup>1</sup> sind die Gonaden (*gon*<sup>1</sup>, *gon*<sup>2</sup>) durch kurze Fortsätze ihrer einander zugewandten Wände verbunden; bei *C*<sup>2</sup> hat sich der aktive oder männliche Gamet (*gam*<sup>1</sup>) von der Wand der Gonade (*gon*<sup>1</sup>) zurückgezogen und ist bereit, durch den Verbindungskanal zu dem stationären oder weiblichen Gameten (*gam*<sup>2</sup>) hinüberzuzuschlüpfen, welcher sich noch nicht von der ihn umschließenden Gonade (*gon*<sup>2</sup>) gelöst hat; bei *C*<sup>3</sup> hat sich der

weibliche Gamet ( $gam^2$ ) ebenfalls von der Wand zurückgezogen und der männliche Gamet ( $gam^1$ ) befindet sich im Akt der Konjugation mit demselben; in  $C^4$  haben sich die beiden zur Bildung einer Zygote ( $zyg$ ) vereinigt, welche in der weiblichen Gonade liegt.

$D$  zwei Stadien monöcischer Konjugation. Bei  $D^1$  haben die benachbarten Zellen (Gonaden) Konjugationsfortsätze ( $A$ ) ausgesteckt; bei  $D^2$  ist die Konjugation abgeschlossen, der männliche Gamet ist durch die Öffnung zwischen den Konjugationsfortsätzen hinübergeschlüpft und hat sich mit dem weiblichen Gameten zur Zygote ( $zyg$ ) vereinigt.

$E$  parthenogenetische Zygotenbildung.

$F$  vollkommen ausgebildete Zygote (Zygotspore).

$G$  erstes Keimungsstadium der Zygote.

$B$  nach Sachs,  $C$  nach Strasburger,  $F$  und  $G$  aus Sachs nach Pringsheim.

zurückzuziehen und dasselbe auf diese Weise klar zur Anschauung bringt. Diese Protoplasmaschicht ist es, welche von den Botanikern mit dem Namen Primordialschlauch bezeichnet wird, doch wolle der Leser im Gedächtnis behalten, dass der Primordialschlauch nicht ein eigenartiger Bestandteil der Zellen ist, in denen er sich findet, sondern nur der Protoplasmakörper einer Pflanzenzelle, dessen Vakuole außerordentlich groß ist.

Das Protoplasma der Spirogyrazelle ist jedoch nicht auf den Primordialschlauch beschränkt; ungefähr im Centrum der Vakuole befindet sich eine kleine, unregelmäßig gestaltete Protoplasma-*masse*, welche durch außerordentlich zarte Protoplasmastränge mit der peripherischen Schicht verbunden ist. Eingebettet in diese centrale *Masse* liegt der Kern ( $nu$ ), welcher die Form einer bikonvexen Linse hat und einen deutlichen Nucleolus enthält.

Die Chromatophoren unterscheiden sich von allen bisher betrachteten, da sie die Gestalt grüner Spiralbänder ( $chr$ ) zeigen, deren jede Zelle eins ( $D^1$ ) oder zwei in entgegengesetztem Sinne gewundene ( $A$ ) besitzen kann. In die Chromatophoren sind zahlreiche Pyrenoide eingebettet ( $pyr$ , vergl. S. 20), bis zu denen man die von der centralen kernhaltigen Protoplasma-*masse* ausstrahlenden Plasmastränge verfolgen kann.

Das Wachstum der Spirogyra erfolgt durch Zweiteilung der konstituierenden Zellen. Diese findet unter gewöhnlichen Bedingungen nachts statt (11 bis 12 Uhr abends), kann jedoch dadurch, dass man die Pflanze während der Nacht kalt stellt, bis zum Morgen verzögert werden.

Der Kern teilt sich auf dem in feinen allgemeinen Zügen bereits beschriebenen (S. 49) komplizierten Wege der Karyokinese, so dass zwei Kerne in gleicher Entfernung vom Mittelpunkte der Zelle gebildet werden. Der Zellkörper beginnt sich darauf quer durch die Mitte zu teilen ( $B^1$ ), ein Prozef, welcher an der Zellwand anfängt und allmählich einwärts fortchreitet. Während desselben wird zwischen den Hälften des sich teilenden Protoplasmas Cellulose abgefondert, so dass ein Ring

von Cellulose in der Mitte der Zelle gebildet wird, welcher äusserlich kontinuierlich in die Zellwand übergeht ( $B^2$ ). Der Ring ist zuerst sehr schmal, in dem Masse jedoch, wie die ringförmige Furche um den sich teilenden Zellkörper sich vertieft, nimmt der Ring an Breite zu, und in dem Augenblicke, in welchem das Protoplasma sich völlig geteilt hat, ist er zu einer vollständigen Wand geworden, welche die neu gebildeten Tochterzellen voneinander trennt.

Jede Zelle eines Spirogyrafadens kann sich auf diese Weise teilen, so dass der Faden durch Einschlebung neuer Zellen zwischen den alten wächst. Es ist dies ein Beispiel interstitiellen Wachstums. Man beachte wohl den Unterschied desselben von dem apikalen oder Scheitelwachstum, welches, wie wir sahen, bei *Penicillium* vorkommt (S. 142), ein Unterschied, welcher uns die oben (S. 146) erwähnte Tatsache erklärt, dass zwischen den beiden Enden eines Spirogyrafadens keine Verschiedenheit besteht, während man bei *Penicillium* das proximale und distale Ende einer vollständigen Hyphe stets unterscheiden kann.

Die geschlechtliche Fortpflanzung der *Spirogyra* ist interessant, da sie eine Mittelstellung einnimmt zwischen den sehr verschiedenen Vorgängen, wie wir sie bei *Mucor* (S. 124) und bei *Vaucheria* (S. 129) angetroffen haben.

Im Sommer oder Herbst legen sich benachbarte Fäden parallel nebeneinander und die sich gegenüberliegenden Zellen beider senden kurze, abgerundete Fortsätze aus, welche zusammentreffen (Fig. 43,  $C^1$ ) und sich schliesslich durch Absorption der aneinander stossenden Zellwände vereinigen, und so eine offene Verbindung zwischen den beiden vereinigten Zellen oder Gonaden ( $gon^1$ ,  $gon^2$ ) herstellen. Wenn mehrere Zellenpaare derselben beiden Fäden sich gleichzeitig vereinigen, so wird dadurch ein leiterähnliches Bild hervorgerufen.

Die protoplasmatischen Zellkörper ( $C^2$ ,  $gam^1$ ,  $gam^2$ ) der beiden Gonaden runden sich ab und bilden Gameten oder Konjugationskörper (vergl. S. 125, Anm. 1); es lässt sich beobachten, dass der Prozess der Ablösung von der Zellwand der Gonade stets bei dem einen Gameten ( $C^2$ ,  $gam^1$ ) eher eintritt, als bei dem andern ( $C^2$ ,  $C^3$ ,  $gam^2$ ). Darauf schlüpft der Gamet, welcher zuerst fertig gebildet ist ( $gam^1$ ), durch den Verbindungskanal ( $C^3$ ), konjugiert mit dem andern ( $gam^2$ ) und bildet mit diesem eine Zygote ( $C^4$ ,  $zyg$ ), welche sich alsbald mit einer dicken Zellwand umgiebt. Es ist festgestellt, dass die Kerne der beiden Gameten sich zur Bildung des einen Kerns der Zygote vereinigen.

So sind also die Gameten, wie bei *Mucor*, ähnlich und gleich gross, und das Ergebnis des Prozesses ist eine ruhende Zygote oder Zygospore. Während jedoch bei *Mucor* jeder Gamet mit dem andern auf halbem Wege zusammentrifft, so dass durchaus kein Sexualunterschied

zu erkennen ist, bleibt bei Spirogyra, wie bei Vaucheria, der eine Gamet passiv, und die Konjugation wird durch die Aktivität des andern bewirkt. So haben wir hier den allereinfachsten Fall geschlechtlicher Differenzierung: die Gameten, obwohl von gleicher GröÙe und ähnlichem Aussehen, lassen eine aktive oder männliche Zelle, welche dem Sperma der Vaucheria, und eine passive oder weibliche Zelle, welche dem Ei entspricht, unterscheiden. Auch wird der Leser bemerkt haben, daß bei Spirogyra das gesamte Protoplasma jeder Gonade zur Bildung eines einzigen Gameten verbraucht wird, während dies bei Vaucheria nur im Ovarium der Fall ist, aus dem Protoplasma des Spermariums dagegen zahlreiche Gameten (Spermen) gebildet werden.

Bei einigen Formen von Spirogyra findet die Konjugation nicht zwischen gegenüberliegenden Zellen verschiedener Fäden, sondern zwischen benachbarten Zellen desselben Fadens statt. Jede dieser Gonaden sendet einen kurzen Fortsatz aus ( $D^1$ ,  $a$ ), welcher an einen entsprechenden Fortsatz der angrenzenden Zelle anstößt; diese beiden Fortsätze treten durch eine kleine Öffnung ( $D^2$ ) miteinander in Verbindung, durch welche der männliche Gamet seinen Weg nimmt, um mit dem weiblichen zu konjugieren und eine Zygote (*zyg*) zu bilden.

Bei der gewöhnlichen leiterförmigen Art der Konjugation scheinen die konjugierenden Fäden von verschiedenem Geschlecht zu sein, indem der eine nur männliche, der andere nur weibliche Gameten hervorbringt; in diesem Falle bezeichnet man die Pflanze als diöcisch, d. h. die Geschlechter sind auf verschiedene Individuen verteilt, und die Konjugation ist eine Kreuzbefruchtung. Bei der im vorhergehenden Absatze beschriebenen Konjugationsweise dagegen erscheinen die Individuen als monöcisch, d. h. jedes produziert sowohl männliche als weibliche Zellen, und die Konjugation ist eine Selbstbefruchtung.

Zuweilen finden sich Fäden, in denen das Protoplasma gewisser Zellen sich von der Wand zurückzieht und mit einer dicken Cellulosehülle umgiebt, so daß ein Körper gebildet wird, welcher von einer Zygote durchaus nicht zu unterscheiden ist ( $E$ ). Es scheint noch zweifelhaft, ob solche Zellen jemals keimen, aber sie haben ganz das Aussehen weiblicher Zellen, welche ohne vorhergehende Befruchtung aus irgend einem Grunde sich zu Zygoten-ähnlichen Körpern entwickelt haben. Eine derartige Entwicklung aus einem unbefruchteten weiblichen Gameten ist, wenn auch bei Spirogyra noch nicht bewiesen, doch in manchen andern Fällen bekannt, und wird als Jungfernzeugung oder Parthenogenese bezeichnet.

Wenn die Zygote völlig ausgebildet ist, spaltet sich die Zellwand in drei Schichten, deren mittlere eine besondere Veränderung erfährt, infolge deren sie wasserdicht wird; zu gleicher Zeit wird die Stärke im Protoplasma derselben durch Öl ersetzt. In diesem Zustande macht sie eine längere Ruheperiode durch, und ihr Bau befähigt sie, der Trockenheit, dem Frost u. s. w. großen Widerstand zu leisten. Schließlich keimt

fie; die zwei äußeren Häute werden durchbrochen, und das von der inneren Schicht umgebene Protoplasma dringt als keulenförmiger Fortsatz hervor (*G*), welcher allmählich die Form eines gewöhnlichen Spirogyradens annimmt, indem er sich gleichzeitig in zahlreiche Zellen teilt.

So ist in diesem Falle, wie bei *Penicillium* und den Hutpilzen, der im ausgewachsenen Zustande vielzellige Organismus ursprünglich einzellig.

Die Ernährung der *Spirogyra* ist rein holophytisch; wie *Haemato-coccus* und *Vaucheria* lebt sie von Kohlenäure und in dem umgebenden Wasser gelösten Mineralsalzen. Gleich diesen Organismen vermag sie auch nur unter dem Einflusse des Sonnenlichtes Kohlenäure zu zersetzen und Stärke zu bilden.

## Zwanzigste Vorlesung.

### Monostroma, Ulva, Laminaria etc.

---

In einer früheren Vorlesung (S. 144) wurde gezeigt, daß die höchsten und kompliziertesten Pilze, wie beispielsweise die Blätterpilze, sich bei näherer Untersuchung als aus linearen Zellaggregaten zusammengesetzt erweisen —, daß sie aus Hyphen bestehen, welche so miteinander verflochten sind, daß sie Gebilde von oft beträchtlicher Größe und von bestimmter und regelmäßiger Form darstellen.

Das ist nicht der Fall bei den Algen, den niedrigsten grünen Pflanzen — der Gruppe, zu welcher *Vaucheria*, *Caulerpa*, *Spirogyra*, die Diatomeen und nach der Ansicht einiger Autoren auch *Haematococcus* und *Euglena* gehören. Diese stimmen mit den Pilzen darin überein, daß die niedersten von ihnen (z. B. *Zooxanthella*) einzellig, und andere (z. B. *Spirogyra*) einfache lineare Zellaggregate sind; die höheren Formen dagegen, wie die meisten im Meere lebenden Arten, sind, was ihren Bau anbetrifft, sozusagen über die Pilze hinausgegangen, und haben eine wesentlich höhere Stufe morphologischer Differenzierung erreicht. Dies wird uns durch das Studium dreier typischer Arten klar werden.

Unter der ungeheuren Mannigfaltigkeit von Seepflanzen, welche sich in den Wasserlöchern zwischen den Flutmarken finden, giebt es einige Formen, welche die Gestalt flacher, unregelmäßiger Ausbreitungen haben, hellgrün gefärbt und sehr durchscheinend sind. Eine derselben ist die Gattung *Monostroma*, welche im süßen Wasser durch die Species *M. bullosum* vertreten ist.

Bei mikroskopischer Untersuchung erweist sich die Pflanze (Fig. 43) aus einer einzigen Schicht dichtgedrängter, grüner Zellen zusammengesetzt, deren Zellwände sich unmittelbar berühren, so daß sie in eine zusammenhängende Schicht durchsichtiger Cellulose eingebettet erscheinen. So besitzt *Monostroma* wie *Spirogyra* nur die Dicke einer Zelle, aber ungleich dieser Gattung nicht die Breite einer, sondern vieler Zellen. Mit andern Worten, sie ist kein lineares, sondern ein flächenhaftes Zellaggregat.

Um sich eines geometrischen Vergleichs zu bedienen: ein einzelliger Organismus, wie *Haematococcus*, läßt sich mit einem Punkte, ein lineares Zellaggregat, wie *Penicillium* oder *Spirogyra*, mit einer Linie, ein flächenhaftes Aggregat, wie *Monostroma*, mit einer Ebene vergleichen.

Das Wachstum erfolgt durch Zweiteilung der Zellen (*A*), aber auch hier zeigt sich ein wichtiger Unterschied gegen *Spirogyra*. Bei letzterer liegt die Teilungsebene immer rechtwinklig zur Längsachse des Fadens, so daß das Wachstum immer nur nach einer Richtung des

Raumes, nämlich der Länge nach, fortschreitet. Bei *Monostroma* kann die Teilungsebene jede beliebige Richtung haben, wenn sie nur senkrecht zur Oberfläche der Pflanze steht, so daß Wachstum nach zwei Dimensionen des Raumes, nach der Länge und nach der Breite, stattfinden kann.

Ein anderes flaches, blattförmiges, grünes Seegewächs ist die sehr gewöhnliche Gattung *Ulva*, auch Meerkohl genannt. Sie besteht aus unregelmäßigen, mehr oder weniger lappigen Ausbreitungen mit gekrümmten Rändern und ähnelt bei mikroskopischer Betrachtung sehr dem *Monostroma*, jedoch mit einem wichtigen Unterschiede: sie besteht nicht aus einer, sondern aus zwei Zellschichten, und ist demnach kein flächenhaftes, sondern ein körperliches Zellaggregat. Um auf unsern obigen geometrischen Vergleich zu-

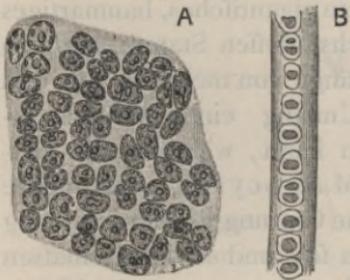
rückzukommen, sie ist nicht mit einer Fläche, sondern mit einem Körper zu vergleichen.

Wie bei *Monostroma*, erfolgt das Wachstum durch Zweiteilung der Zellen. Diese teilen sich jedoch nicht nur nach verschieden gerichteten Teilungsebenen senkrecht zur Oberfläche der Pflanze, sondern auch in einer parallel zur Oberfläche liegenden Ebene, so daß das Wachstum nach allen drei Dimensionen des Raumes — nach der Länge, Breite und Dicke — erfolgt.

*Ulva* kann als einfachstes Beispiel eines körperlichen Zellaggregates betrachtet werden; die größten und kompliziertesten Meeresalgen sind die großen olivenbraunen Formen, welche als »Tange« bekannt und in der Ebbezone so häufig sind. Sie gehören zu verschiedenen Gattungen, von denen *Laminaria* an den britischen Küsten die gewöhnlichste Form ist.

*Laminaria* (Fig. 44, *A*, a. f. S.) besitzt einen cylindrischen Stamm, welcher mehr als 2 m lang werden und 5 bis 6 cm im Durchmesser haben kann; sein proximales Ende ist durch ein verzweigtes,

Fig. 43.



Monostroma.

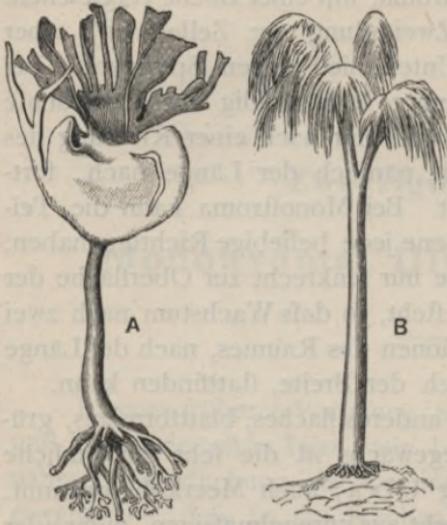
*A* Oberflächenansicht von *M. bulbosum*; zeigt die in eine gemeinsame Cellulosefibrille eingebetteten Zellen, einige derselben in verschiedenen Teilungsstadien.

*B* Vertikalschnitt durch *M. laceratum*, zeigt die Anordnung der Zellen in einer einzigen Schicht.

*A* nach Reinke, *B* nach Cooke.

wurzelähnliches Gebilde an dem Felsen befestigt, während es sich distalwärts in einen grossen, flachen, unregelmässig gespaltenen, blattartigen Körper verbreitert, welcher 2 bis 3 m lang und 70 bis 80 cm breit werden kann.

Fig. 44.



A *Laminaria clanstoni*, junge Pflanze, zeigt den Stamm mit verzweigtem, wurzelartigem Klammerorgan und tief eingeschnittenem Blatte (ungefähr  $\frac{1}{6}$  natürl. Grösse). Nach Sachs.

B *Leffonia fuscescens*, baumartige Form (ungefähr  $\frac{1}{30}$  natürl. Grösse). Nach Maout u. Decaisne.

Baume oder Strauche sehr in die Augen: schneidet man sie quer durch, so zeigt sich, dass sie aus einer nahezu homogenen Substanz von der Konsistenz weichen Knorpels bestehen, weder Rinde, noch Holz oder Mark sind zu unterscheiden. Unter dem Mikroskop jedoch zeigt sich, dass die Zellen, welche sie zusammensetzen, in Form und Grösse beträchtlich variieren, und dass einige derselben sogar den Charakter der Gebilde annehmen, welche wir bei unferm Studium der höheren Pflanzen (Vorlesung XXIX) als Siebröhren kennen lernen werden.

Andere Gattungen der Tange erreichen noch grössere Dimensionen. Eine gewöhnliche neuseeländische Art, *Leffonia* (Fig. 44, B) ist ein gigantisches, baumartiges Gewächs, dessen Stamm zuweilen eine Länge von mehr als 3 m und den Umfang eines Mannes erreichen kann, während die zierliche *Makrocystis*, eine andere südliche Gattung, über 200 m lang werden soll und erwiesenermassen in sechs Monaten um mehr als  $5\frac{1}{2}$  m wächst.

Aber ungeachtet ihrer ungeheuren Grösse sind diese olivenfarbigen Seegewächse verhältnismässig einfache körperliche Zellaggregate. Schon mit blossem Auge betrachtet, fällt der Unterschied zwischen ihnen und einem

## Einundzwanzigste Vorlesung.

# Nitella.

---

Der Organismus der in den drei vorhergehenden Vorlesungen besprochenen linearen, flächenhaften und körperlichen Zellaggregate war aus Zellen zusammengesetzt, welche sich in den meisten Fällen nur wenig voneinander unterschieden. Alle Komplikationen des Baues waren auf beständige Wiederholung des Prozesses der Zellvervielfältigung zurückzuführen, welche — Laminaria und ihre Verwandten ausgenommen — von geringer oder keiner Zelldifferenzierung begleitet war. In der gegenwärtigen Vorlesung werden wir ein körperliches Zellaggregat eingehend studieren, dessen konstituierende Zellen sich in Form und Grösse sehr beträchtlich voneinander unterscheiden.

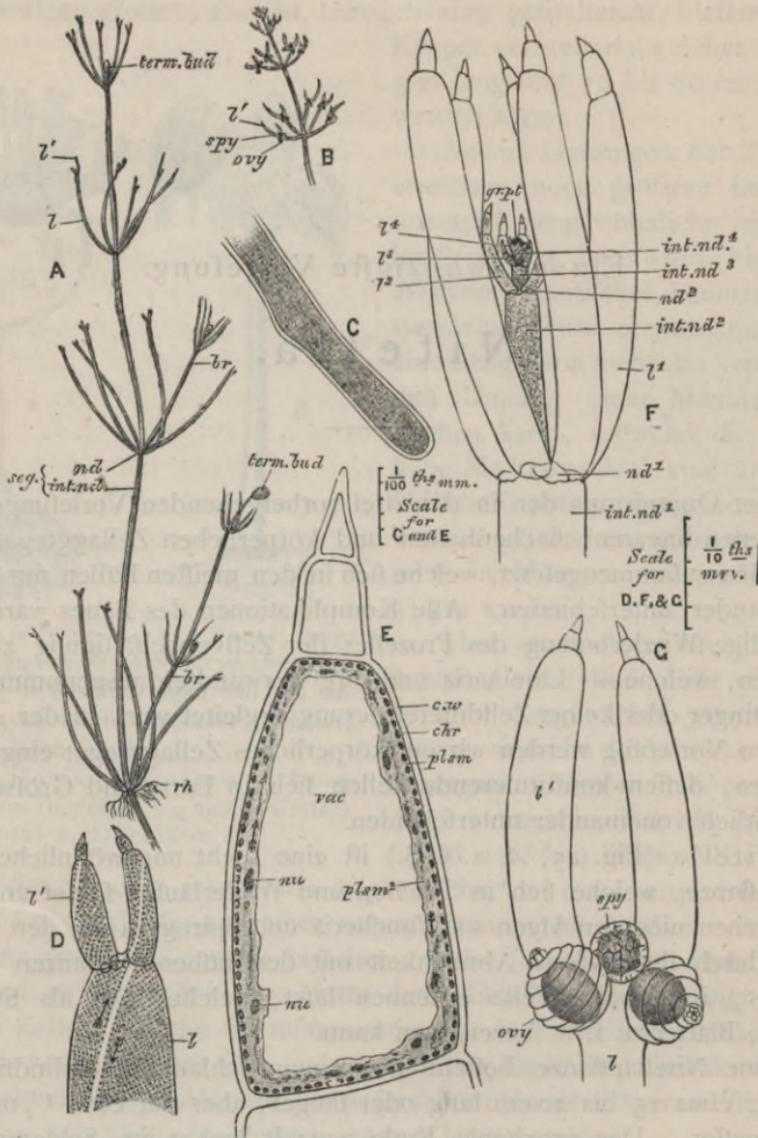
Nitella (Fig. 45, A, a. f. S.) ist eine nicht ungewöhnliche Süßwasserpflanze, welche sich in Teichen und Wasserläufen findet und sich von solchen niederen Algen wie Vaucheria und Spirogyra auf den ersten Blick durch ihre äußere Ähnlichkeit mit den höheren Pflanzen unterscheidet, indem sie Teile erkennen läßt, welche man als Stamm, Zweige, Blätter u. f. w. bezeichnen kann.

Eine Nitellapflanze besteht aus einem schlanken, cylindrischen Stamm, etwa 15 bis 20 cm lang oder länger, aber nur etwa  $\frac{1}{2}$  mm im Durchmesser. Das proximale Ende wurzelt locker im Schlamm am Boden des Flusses oder Teiches mittels zarter Wurzelfasern oder Rhizoide (A, rh), das Distalende ist frei. In Zwischenräumen entspringen von demselben Kreise oder Wirtel zarter, zugespitzter Blätter (l).

Infolge der regelmässigen Anordnung der Blätter erscheint der Stengel in aufeinander folgende Glieder oder Segmente (seg) geteilt, deren jedes aus einem sehr kurzen Abschnitt, dem Knoten (n), aus welchem die Blätter entspringen, und einem verlängerten proximalen Abschnitt, dem Internodium (int. nd), besteht, welches keine Blätter trägt.

Am größeren Teil des Stammes stehen die Blattwirtel in annähernd gleichen Zwischenräumen voneinander, so daß die Internodien von gleicher Länge sind; gegen das Distalende jedoch werden die Internodien

Fig. 45.

Nitella<sup>1)</sup>.

*A* die ganze Pflanze (nat. Gr.), zeigt den gegliederten Stamm, dessen Glieder (*seg*) aus einem proximalen Internodium (*int. nd*) und einem distalen Knoten (*nd*) bestehen, die in Wirteln stehenden Blätter (*l*), welche in Blättchen (*l'*) auslaufen, die Rhizoide (*rh*), und zwei Äste (*br*), deren jeder aus der Achsel eines Blattes entspringt und, gleich dem Hauptstamme, mit einer Gipfelknospe (*term. bud*) endigt.

*B* Ende eines Triebes mit an den Blättern sitzenden Gonaden. *ovy*, Ovarien. *spy*, Spermarien.

*C* Distalende eines Rhizoides.

<sup>1)</sup> Diese und die folgenden Figuren stellen eine neufeeländische Species dar, welche mit der britischen [auch in Deutschland gewöhnlichen] *N. flexilis* nahe verwandt, aber nicht identisch ist.

*D* Distalende eines Blattes (*l*) mit zwei Blättchen (*l'*); zeigt die Chromatophoren und die weiße Linie. Die Pfeile bezeichnen die Rotationsrichtung des Protoplasmas.

*E* Distalende eines Blättchens, zeigt den allgemeinen Bau einer typischen Nitellazelle im optischen Durchschnitt. *c. w* Zellwand, *p1sm*<sup>1</sup> die ruhende, äußere Protoplasmaschicht mit Chromatophoren (*chr*); *p1sm*<sup>2</sup> die innere, in der durch die Pfeile angedeuteten Richtung rotierende Schicht mit Kernen (*nu*); *vac* die große Vakuole.

*F* Gipfelknospe, zum Teil zerlegt, zeigt die Knoten (*nd*), Internodien (*int. nd*) und Blattwirtel (*l*), welche vom proximalen Ende beginnend, mit den Zahlen 1 bis 4 numeriert sind; *gr. pt* Vegetationspunkt.

*G* Distalende eines Blattes (*l*) mit zwei Blättchen (*l'*), an deren Basis ein Spermarium (*spy*) und zwei Ovarien (*ovy*) sitzen.

schnell kürzer und die Wirtel rücken infolgedessen enger zusammen, bis wir an dem eigentlichen Distalende einen Quirl finden, dessen Blätter, statt sich gleich den übrigen seitlich auszubreiten, aufwärts gekrümmt sind, so daß sich ihre Spitzen berühren. Auf diese Weise wird eine Gipfelknospe gebildet (*term. bud*), welche den unverletzten Stengel stets distalwärts abschließt.

Der Winkel zwischen dem Stamm und einem Blatt, oberhalb (distalwärts) der Einfügungsstelle des letzteren, heißt die Achsel des Blattes. Es kommt häufig vor, daß aus der Achsel eines der Blätter eines Wirtels ein Zweig oder Sproß (*sh*) hervorgeht, welcher den Bau des Hauptstammes wiederholt, d. h. aus einer Achse besteht, aus welcher Blattwirtel entspringen und welche mit einer Gipfelknospe abschließt. Die Achse oder der Stamm eines solchen Sproßes heißt die sekundäre Achse, während der Hauptstamm der Pflanze die primäre Achse ist. Es ist wohl zu bemerken, daß beide, die primäre und die sekundäre Achse, immer mit Gipfelknospen abschließen, und sich hierdurch von den Blättern, welche zugespitzte Enden besitzen, unterscheiden.

Die Rhizoide oder Wurzelfasern (*rh*) entspringen, gleich den Blättern und Zweigen, ausschließlich aus Knoten.

Im Herbst gewähren die weiter distal stehenden Blätter einen eigentümlichen Anblick, da sich an ihnen die Gonaden oder die Organe der geschlechtlichen Fortpflanzung (Fig. 45, *B* und *G*) entwickeln. Von diesen sehen die Spermarien (Antheridien) kleinen Orangen sehr ähnlich, da sie kugelige Gebilde (*spy*) von lebhafter orangeroter Färbung sind; die Ovarien (Oogonien) sind flaschenförmige Körper (*ovy*) von gelblichbrauner Farbe, so lange sie unreif sind, färben sich jedoch nach der Befruchtung der Eier schwarz.

Bei mikroskopischer Betrachtung gewahrt man, daß jedes Internodium aus einer einzigen gigantischen Zelle (*F*, *int. nd*<sup>2</sup>) besteht, welche in den älteren Teilen der Pflanze oft wohl 3 bis 4 cm lang ist. Ein Knoten hingegen stellt einen Querboden von kleinen Zellen dar (*nd*<sup>1</sup>), welcher zwei angrenzende Internodien voneinander trennt. Jedes der

Blätter besteht aus einer verlängerten proximalen, einem Internodium gleichenden Zelle ( $D, I$ ;  $F, I^1$ ), ferner aus einigen kleinen Zellen von dem Charakter eines Knotens und endlich aus zwei oder drei Blättchen ( $D, G, I'$ ), deren jedes gewöhnlich aus drei Zellen gebildet wird, von welchen die distal stehende klein und zugespitzt ist.

So ist die Nitellapflanze ein körperliches Aggregat, dessen Zellen eine sehr bestimmte und charakteristische Anordnung zeigen.

Die Einzelheiten des Baues einer einzelnen Zelle erkennt man leicht, wenn man ein Blättchen bei starker Vergrößerung untersucht. Die Zelle wird von einer Cellulosewand von beträchtlicher Dicke umgeben ( $E, c. w$ ). Die Innenseite derselben bedeckt eine Protoplasmafschicht (Primordialschlauch, S. 148), welche eine große centrale Vakuole ( $vac$ ) einschließt, und deutlich in zwei Lagen zerfällt, eine äußere ( $plsm^1$ ), welche die Zellwand unmittelbar berührt, und eine innere ( $plsm^2$ ), welche die Vakuole begrenzt.

In der äußeren Protoplasmafschicht liegen die Chromatophoren oder Chlorophyllkörperchen ( $chr$ ), denen die Pflanze ihre grüne Farbe verdankt. Es sind dies eiförmige, ungefähr  $1/100$  mm lange, in schiefen Längsreihen angeordnete Körper ( $D$ ). Auf entgegengesetzten Seiten der cylindrischen Zelle befinden sich zwei schmale, schiefe Bänder, welche keine Chromatophoren enthalten und infolgedessen farblos sind ( $D$ ). Die Chromatophoren enthalten kleine Stärkekörner.

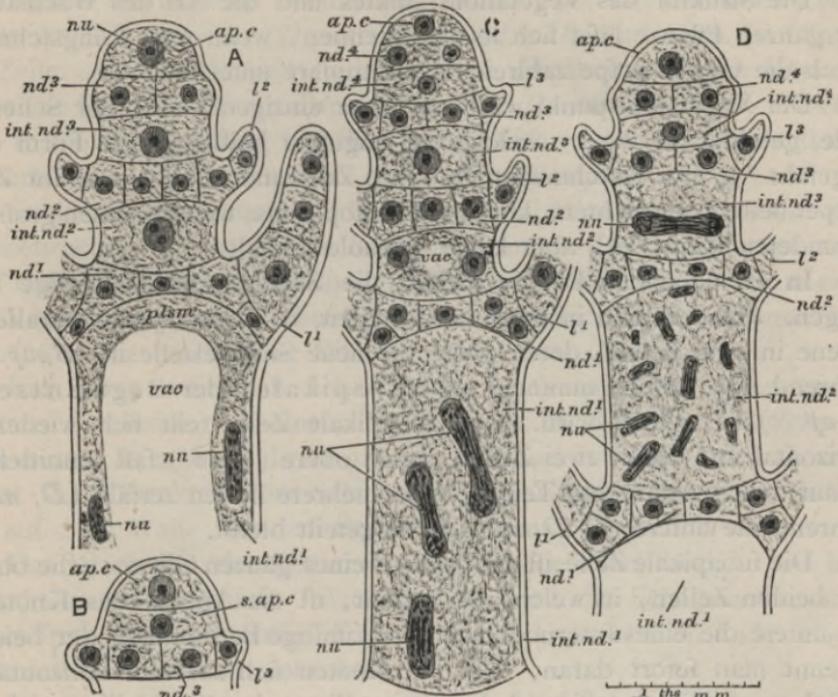
Die innere Protoplasmafschicht enthält keine Chlorophyllkörper, sondern nur unregelmäßige, farblose Körnchen, unter welchen sich zahlreiche Kerne befinden ( $E, nu$ , vergl. unten S. 161). Wenn die Temperatur nicht zu niedrig ist, so sieht man diese Schicht in lebhaft rotierender Bewegung, indem sie auf einer Seite der Zelle aufwärts, auf der andern abwärts strömt ( $E$ ). Die Grenze zwischen dem aufwärts und abwärts gerichteten Strome wird durch die soeben erwähnten farblosen Bänder bezeichnet, längs denen keine Bewegung stattfindet ( $D$ ). Diese Rotation des Protoplasmas ist eine in Pflanzenzellen sehr verbreitete Form der Kontraktilität, da hier wegen der begrenzenden Zellwand eine freiere Bewegung nicht möglich ist.

Die zahlreichen Kerne ( $E, nu$ ) sind stabförmig und häufig gekrümmt; man kann sie gut nur nach vorhergehender Färbung erkennen (Fig. 46). Da sie in der inneren Protoplasmafschicht liegen, so werden sie mit dem rotierenden Strome umhergeführt.

In der allgemeinen Beschreibung der Pflanze wurde erwähnt, daß der Stamm distalwärts mit einer Gipfelknospe abschließt (Fig. 45,  $A, term. bud$ ), welche von einem Quirl mit ihren Spitzen zusammengeneigter Blätter gebildet wird. Schneidet man diese Blätter ( $F, I^1$ ) ab, so sieht man, daß der Knoten ( $nd^1$ ), aus welchem sie entspringen, distalwärts ein sehr kurzes Internodium trägt ( $int. nd^2$ ), oberhalb dessen sich ein Knoten ( $nd^2$ ) befindet, aus dem ein Quirl sehr kleiner Blätter ( $I^2$ ) entspringt, welche gleichfalls einwärts gekrümmt sind und eine Knospe

bilden. Innerhalb derselben findet man ein weiteres Stengelglied, welches aus einem noch kleineren Internodium (*int. nod*<sup>3</sup>) und einem Knoten

Fig. 46.



Nitella.

Längsschnitte durch den Vegetationspunkt in vier aufeinander folgenden Stadien. Die Knoten (*nd*), Internodien (*int. nd*) und Blattquirle (*l*) sind alle vom proximalen zum distalen Ende der Knospe fortlaufend numeriert, die Nummern entsprechen sich in allen Figuren. Das proximale Segment (*int. nd*<sup>1</sup>, *nd*<sup>1</sup>, *l*<sup>1</sup>) dieser Figuren entspricht dem dritten Segment (*int. nd*<sup>3</sup>, *nd*<sup>3</sup>, *l*<sup>3</sup>) in Fig. 45, F.

A auf die Scheitelzelle (*ap. c*) folgt ein sehr rudimentärer Knoten (*nd*<sup>3</sup>) ohne Blätter; *int. nd*<sup>1</sup> erscheint im Längsschnitt, zeigt Protoplasma (*pls*), Vakuole (*vac*) und zwei Kerne (*nu*).

B die Scheitelzelle hat sich transversal geteilt, und eine neue Scheitelzelle (*ap. c*) und subapikale Zelle (*s. ap. c*) gebildet; die Blätter (*l*<sup>3</sup>) an *nd*<sup>3</sup> werden sichtbar.

C die Subapikalzelle hat sich horizontal in ein proximal gelegenes Internodium (*int. nd*<sup>4</sup>) und einen distal gelegenen Knoten (*nd*<sup>4</sup>) eines neuen Segmentes geteilt; in dem Knoten bereitet die Teilung des Kernes die Zellteilung vor. Die vorher gebildeten Segmente sind gewachsen; *int. nd*<sup>2</sup> hat eine Vakuole entwickelt (*vac*) und sein Kern hat sich geteilt (vergl. *int. nd*<sup>2</sup> in A); *int. nd*<sup>1</sup> erscheint in Flächenansicht mit drei sich teilenden Kernen (*nu*).

D *nd*<sup>4</sup> hat sich vertikal geteilt, bildet eine transversale Zellplatte und ist so weit entwickelt wie *nd*<sup>3</sup> in Fig. A; der Kern von *int. nd*<sup>3</sup> ist in Teilung begriffen, während *int. nd*<sup>2</sup>, von der Fläche gesehen, nunmehr zahlreiche Kerne enthält; davon einige gleichfalls in Teilung begriffen sind.

besteht, der außerordentlich kleine Blätter (*l*<sup>3</sup>) trägt und innerhalb dieser noch ein Glied, welches so klein ist, daß seine Teile (*int. nd*<sup>4</sup>, *l*<sup>4</sup>) nur unter dem Mikroskop sichtbar sind. Die kleinen stumpfen Hervor-

ragungen, welche die Blätter dieses Quirles sind, umgeben eine stumpfe, halbkugelige Anschwellung (*gr. pt*), das eigentliche distale Ende der Pflanze — den Vegetationspunkt.

Die Struktur des Vegetationspunktes und die Art des Wachstums der ganzen Pflanze läßt sich leicht erkennen, wenn man Längschnitte durch die Gipfelknospe zahlreicher Exemplare untersucht.

Der Vegetationspunkt wird von einer einzigen Zelle, der Scheitelzelle, gebildet (*A, ap. c*), welche von ungefähr halbkugeligter Form und ungefähr  $\frac{1}{20}$  mm Durchmesser ist. Ihre Zellwand ist dick und ihr Zellkörper besteht aus dichtem, körnigem Protoplasma, welches einen großen, gerundeten Kern (*nu*), aber keine Vakuole enthält.

In der lebenden Pflanze erfährt die Scheitelzelle beständige Teilungen. Sie teilt sich in einer horizontalen, d. h. ihrer Basis parallelen Ebene in zwei Zellen, deren obere die neue Scheitelzelle ist (*B, ap. c*), während die untere nunmehr als subapikale oder Segmentzelle (*s. ap. c*) bezeichnet wird. Die subapikale Zelle teilt sich wiederum horizontal und bildet zwei Zellen, deren obere (*C, nd<sup>1</sup>*) fast unmittelbar darauf durch senkrechte Teilungen in mehrere Zellen zerfällt (*D, nd<sup>4</sup>*), während die untere (*C, D, int nd<sup>4</sup>*) ungeteilt bleibt.

Die subapikale Zelle ist die Anlage eines ganzen Gliedes; die obere der beiden Zellen, in welche sie zerfällt, ist die Anlage des Knotens, die untere die eines Internodiums. Die künftige Bestimmung der beiden erkennt man sofort daran, daß der Knoten sich zu einer horizontalen Zellplatte umbildet, während das Internodium einzellig bleibt.

Bald beginnen die Zellen des Knotens kurze stumpfe Fortsätze in quirlförmiger Anordnung zu entwickeln; diese vergrößern sich, teilen sich und bilden Blätter (*A—D, l<sup>2</sup>, l<sup>3</sup>*).

Diese Vorgänge wiederholen sich beständig, die Scheitelzelle produziert beständig neue Subapikalzellen, jede derselben teilt sich in eine nodiale und eine internodiale Zelle, letztere wird durch Teilung zu einer horizontalen Zellenplatte und giebt Blätter ab, während die Internodialzelle ungeteilt bleibt.

Der besondere Charakter der völlig ausgebildeten Teile der Pflanze wird durch ungleiches Wachstum der neuen Zellen erreicht. Die Knotenzellen hören frühzeitig auf zu wachsen und erfahren nur noch geringfügige Veränderungen (vergl. *nd<sup>1</sup>* und *nd<sup>3</sup>*), während die Internodien sich außerordentlich verlängern und im ausgewachsenen Zustande gut 3000 mal so lang sind, als bei ihrer ersten Trennung von der subapikalen Zelle. Ebenso verlängern sich die Blätter, die zuerst nur stumpfe Vorsprünge sind (*A, l<sup>2</sup>*), bald so weit, daß sie sich über den Vegetationspunkt hinüberwölben und so die charakteristische Gipfelknospe bilden; allmählich öffnen sie sich und nehmen ihre normale Stellung an, während ihre Nachfolger von dem nächstjüngeren Quirl sich inzwischen so weit entwickelt haben, daß sie ihren Platz als Schutzorgane des Vegetationspunktes einnehmen können.

Die Vielkernigkeit der ausgewachsenen Internodien ist ebenso das Ergebnis allmählicher Veränderungen. Im Jugendzustande besitzt eine Internodienzelle einen einzigen runden Kern (*A, int. nd<sup>2</sup>, int. nd<sup>3</sup>*), aber sobald sie ungefähr ebenso lang als breit ist, hat der Kern schon begonnen, sich zu teilen (*D, int. nd<sup>3</sup>, C, int. nd<sup>2</sup>*), und wenn die Länge der Zelle ungefähr doppelt so groß ist als die Breite, ist der Kern in zahlreiche Bruchstücke zerfallen (*C, int. nd<sup>1</sup>, D, int. nd<sup>2</sup>*), deren manche noch in lebhafter Teilung begriffen sind. Diese wiederholte Kernteilung erinnert uns an das bei *Opalina* beobachtete Verhalten (S. 94).

So ist das Wachstum bei *Nitella* wie bei *Penicillium* (S. 142) ein Scheitelwachstum, neue Zellen bilden sich nur in der Gipfelknospe und nach der ersten Anlage der Knoten, Internodien und Blätter ist die einzige Veränderung, welche diese Teile noch erfahren, ein Längenwachstum, sowie eine beschränkte Differenzierung ihres Charakters.

Ein Zweig entwickelt sich dadurch, daß eine der Zellen eines Knotens distalwärts von einem Blatte, d. h. in der Achsel desselben, einen Auswuchs erzeugt, dieser gliedert sich von der Mutterzelle ab und nimmt den Charakter einer Scheitelzelle des Hauptstammes an, dessen Bau auf diese Weise von dem Seitenpross genau wiederholt wird.

Das Wachstum der Blätter ist, ungleich dem der Zweige, ein beschränktes. In einer sehr frühen Periode wird die Scheitelzelle eines Blattes spitz und dickwandig (Fig. 45, *E*) und von nun an findet keine Vermehrung der Zellen mehr statt.

Die Rhizoide entspringen ebenfalls ausschließlich von Knotenzellen; sie bestehen aus langen Fäden (Fig. 45, *C*), die den Hyphen von *Mucor* nicht unähnlich sind, jedoch gelegentlich durch schiefe Zellwände in linear angeordnete Zellen zerfallen und sich durch Scheitelwachstum verlängern.

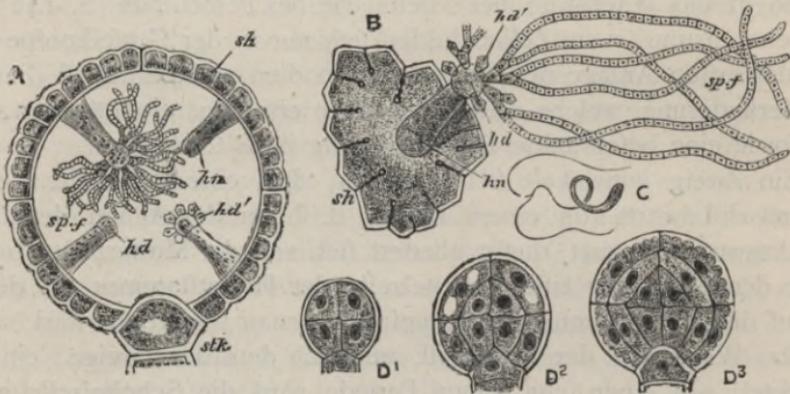
Der Bau der Gonaden ist eigentümlich und ziemlich kompliziert.

Wie wir gesehen haben, ist das Spermarium (Fig. 45, *G, spy*) ein kugeliges, orangefarbenes Körperchen, welches mittels eines kurzen Stieles einem Blatte anhängt. Seine Wand besteht aus acht Stücken oder Schildern, welche mittels gezählter Ränder ineinander greifen. Es läßt sich daher das ganze Spermarium mit einer Orange vergleichen, deren Rinde durch einen äquatorialen und zwei meridionale, aufeinander rechtwinklige Einschnitte in acht dreieckige Felder geteilt ist. Genau genommen sind jedoch nur die vier distalen Felder dreieckig, der untere Winkel der proximalen wird durch den Stengelansatz abgechnitten, so daß sie eigentlich viereckig sind.

Jedes Schild (Fig. 47, *A* und *B, sh*, a. f. S.) ist eine einzige konkav-konvexe Zelle, welche an der inneren Fläche zahlreiche orangefarbene Chromatophoren enthält. Da dieselben nur an der inneren Fläche liegen, so erscheint das Spermarium von einer farblosen, durchsichtigen Außenschicht umgeben, gleich einer in einer dicht anschließenden Glaskapsel eingeschlossenen Orange.

In der Mitte der Innenfläche jedes Schildes ist eine cylindrische Zelle angeheftet, der Handgriff (*hn*, Manubrium), welcher gegen die Mitte des Spermariums gerichtet ist und, wie das Schild selbst, orange-farbene Chromatophoren enthält. Jeder der acht Handgriffe trägt eine farblose Kopfzelle (*hd*), welcher sechs sekundäre Kopfzellen (*hd'*) aufsitzen. Jede der letzteren trägt vier zarte, gekrümmte Fäden (*sp. f.*), welche durch Scheidewände in kleine, Ende an Ende gereihete Zellen geteilt werden, und so den Hyphen eines Pilzes nicht unähnlich sind.

Fig. 47.



*A* schematischer Längsschnitt durch das Spermarium von *Nitella*, zeigt den Stiel (*stk*), vier von den acht Schildern (*sh*), deren jedes auf der inneren Fläche einen Handgriff (*hn*) trägt, welchem eine Kopfzelle (*hd*) aufsitzt; jede Kopfzelle trägt sechs sekundäre Kopfzellen (*hd'*), von deren jeder vier Spermafäden (*sp. f.*) entspringen.

*B* eins der proximalen Felder (*sh*) mit Handgriff (*hn*), Kopfzelle (*hd*), sekundären Kopfzellen (*hd'*) und Spermafäden (*sp. f.*).

*C* einzelnes Sperma.

*D*<sup>1</sup>, *D*<sup>2</sup>, *D*<sup>3</sup> drei Entwicklungsstadien eines Spermariums.

*C* nach Howes.

Es befinden sich also nahezu zweihundert solcher Sporenfäden in jedem Spermarium, welche im Inneren derselben aufgewickelt sind, wie weiße Baumwollfäden.

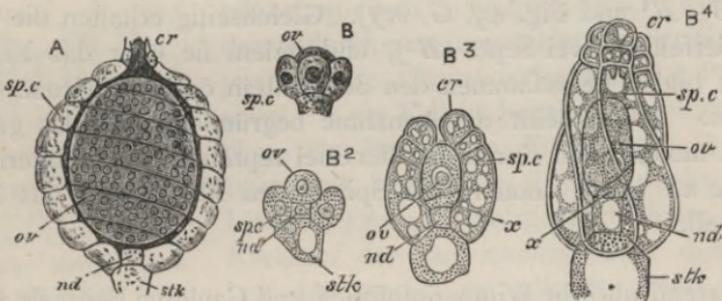
Die Zellen, welche die Fäden zusammensetzen, haben zuerst das gewöhnliche Aussehen, wenn jedoch das Spermarium zur Reife gelangt, so entwickelt sich in jeder derselben ein einziges Sperma (*C*) von der Form eines spiral gewundenen Fädchens, welches an einem Ende dicker ist als am andern und an seinem dünnen Ende zwei lange Geißeln trägt. Aller Wahrscheinlichkeit nach wird das eigentliche Sperma, d. h. der spiral gekrümmte Körper, von dem Kern, die Geißeln von dem Protoplasma der Zelle gebildet. Da jeder der zweihundert Samenfäden aus 100 bis 200 Zellen besteht, so erzeugt ein einziges Spermarium 20 000 bis 40 000 Spermien.

Wenn die Spermien gebildet sind, trennen sich die Schilder voneinander und die Spermienfäden strecken sich zwischen denselben hervor

wie die Baumwollfäden aus der Frucht; die Spermien verlassen die sie umschließenden Zellen und schwimmen frei im Wasser umher.

Das Ovarium (Fig. 45, *G*, *ovy* und Fig. 48, *A*) ist eiförmig, dem Blatte mittels eines kurzen Stieles (*stk*) angefügt, und endigt distalwärts mit einem kleinen schornsteinartigen Aufsatz oder einer Krone (*cr*). Es ist äußerlich mit Spiralfurchen verziert, welche man bis in die Krone verfolgen kann, und an jungen Exemplaren kann man leicht erkennen, daß das Innere desselben von einer umfangreichen, undurchsichtigen Masse eingenommen wird (*ov*). Durchschnitte zeigen, daß dieser centrale Körper das Ei ist, eine große, sehr stärkereiche Zelle; sie wird mit dem einzelligen Stiel durch eine schmale Zelle (*nd*) verbunden, an welche sich fünf spiral gewundene Zellen anschließen (*sp. c*); diese krümmen sich um das Ei herum und ihre freien Enden, deren jedes durch Scheidewände in zwei kleine Zellen geteilt ist, ragen über das

Fig. 48.



*A* Längsschnitt durch das Ovarium von *Nitella*, zeigt den Stiel (*stk*), den kleinen Knoten (*nd*), von welchem die fünf spiral gewundenen Zellen (*sp. c*) entspringen, deren jede in eine der zweizelligen Zacken der Krone (*cr*) ausläuft. Das Ei enthält Stärkekörner und ist durchsichtig gezeichnet, so daß man die Spiralzellen hindurchschimmern sieht.

*B*<sup>1</sup> äußere Ansicht und *B*<sup>2</sup> Längsschnitt durch ein sehr junges Ovarium; *B*<sup>3</sup> späteres Stadium im Längsschnitt; *B*<sup>4</sup> noch späteres Stadium; äußere Ansicht, das Ei durch die durchsichtigen Spiralzellen hindurchscheinend. Bezeichnung wie bei *A*; *x* kleine, durch Teilung an der Basis des Eies erstandene Zellen.

*B*<sup>2</sup>—*B*<sup>4</sup> nach Sachs.

Distalende des Eies hinaus und bilden die Krone. Sie schließen einen schmalen Kanal ein, der das distale Ende des Eies in offene Verbindung mit dem umgebenden Wasser setzt.

Wir sehen, wie die verschiedenen Teile der ausgebildeten Pflanze — Knotenzellen, Internodialzellen, Blätter und Rhizoide — alle durch Modifikation ähnlicher, in der Scheitelknospe gebildeter Zellen gebildet werden. Es ist interessant zu sehen, daß dasselbe auch von den verschiedenen Teilen der Fortpflanzungsorgane gilt.

Das Spermarium entsteht als einzelne, gestielte kugelige Zelle, welche durch Teilung in acht Oktanten zerfällt (Fig. 47, *D*<sup>1</sup>). Jeder derselben

teilt sich in tangentialer (d. h. der Kugeloberfläche paralleler) Richtung in zwei Zellen ( $D^2$ ), deren innere sich wiederum teilt, so daß jeder Oktant nunmehr aus drei Zellen besteht ( $D^3$ ). Von diesen wird die äußere zum Schild, die mittlere zum Handgriff, die innere zur Kopfzelle; aus der letzteren gehen durch Knospung die sekundären Kopfzellen und die Spermafäden hervor. Das ganze Spermarium erscheint als ein modifiziertes Blättchen.

Das Ovarium entsteht gleichfalls als einzelne Zelle, teilt sich aber alsbald und differenziert sich in eine axiale Reihe von drei Zellen (Fig. 48,  $B^2$ ,  $ov$ ,  $nd$ ,  $stk$ ), welche von fünf andern ( $sp. c$ ), als Knospen aus der mittleren Zelle ( $nd$ ) der axialen Reihe hervorgehenden umgeben werden. Diese letzteren sind anfangs knospförmig und aufrecht ( $B^1$ ). Die oberste oder distale Zelle der axialen Reihe wird zum Ei ( $B^3$ ,  $B^4$ ,  $ov$ ), die andern zum Stiel ( $stk$ ) und zu der Verbindungszelle ( $nd$ ,  $x$ ). Die fünf äußeren Zellen verlängern sich und erfahren dabei eine spirale Drehung, welche mit fortschreitendem Wachstum enger und enger wird (vergl.  $B^1$ ,  $B^4$  und Fig. 45,  $G$ ,  $ovy$ ). Gleichzeitig erhalten die distalen Enden derselben zwei Septa ( $B^3$ ), und indem sie über das Ei hinauswachsen, bilden sie zusammen den Schornstein oder die Krone ( $cr$ ) des Ovariums. Es erscheint die Annahme begründet, daß das ganze Ei ein stark modifizierter Spross ist; der Stiel repräsentiert ein Internodium, die Zelle  $nd$  einen Knoten, die Spiralzellen Blätter und das Ei eine Scheitelzelle.

Während also die Wimperinfusorien und Caulerpa Beispiele für eine Zelldifferenzierung ohne Zellvermehrung, und Spirogyra ein Beispiel für Zellvermehrung ohne Zelldifferenzierung liefert, ist Nitella ein einfaches Beispiel eines Organismus, welcher die Kompliziertheit seines Baues dem Handinhandgehen beider Prozesse verdankt. Sie ist ein körperliches Zellaggregat, dessen Zellen so angeordnet sind, daß sich eine scharf bestimmte, äußere Form ergibt, während einzelne derselben eine mehr oder weniger auffallende Differenzierung erfahren, entsprechend der Stellung, welche sie einzunehmen, und der Funktion, welche sie zu erfüllen haben.

Die Befruchtung findet in derselben Weise statt, wie bei Vaucheria (S. 130). Ein Spermium nimmt seinen Weg durch den Kanal innerhalb der schornsteinförmigen Krone der das Ovarium begrenzenden Zellen, konjugiert mit der Eizelle und wandelt dieselbe so in ein Oospermium um.

Nach der Befruchtung löst sich das Ovarium samt dem darin enthaltenen Oospermium ab und fällt zu Boden, wo es nach einer Periode der Ruhe keimt. Der Keimungsprozeß von Nitella ist noch nicht bekannt, er ist jedoch bei der nahe verwandten Gattung Chara genau bis ins Einzelne verfolgt worden.

Das Oosperm treibt einen Faden aus, welcher zuerst aus einer einzigen Reihe von Zellen besteht (Fig. 49), und an seinem proximalen



Ende eine Wurzelfaser abgibt (*rh*). Als bald bilden sich zwei Knoten (*nd*) an dem Faden oder Proembryo. Der untere derselben erzeugt Rhizoide (*rh*), an dem oberen entstehen einige nicht quirlförmig angeordnete Blätter und ein kleiner Auswuchs, welcher anfangs einzellig ist, bald jedoch, gleich einer Scheitelzelle von Nitella, zu einer Gipfelknospe (*term. bud*) wird und zu einer gewöhnlichen, beblätterten Pflanze heranwächst.

Wir haben hier einen Fall sogenannter Generationswechsels. Die Charapflanze — und muthmaßlich auch die Nitellapflanze — bringt auf dem Wege geschlechtlicher Fortpflanzung einen Proembryo hervor, welcher wiederum durch einen ungeschlechtlichen Knospungsprozefs eine Chara- (oder Nitella-) Pflanze erzeugt. Kein Fall ist bekannt geworden, in welchem ein Proembryo direkt einen Proembryo, oder eine beblätterte Pflanze direkt eine beblätterte Pflanze hervorgebracht hätte. Um den Kreislauf der Entwicklung oder den Lebenslauf der Species zu vollenden, sind zwei miteinander alternierende Generationen notwendig: eine geschlechtliche Generation oder ein Gamobium, welche sich durch die Konjugation zweier Gameten (Ei und Sperma), und eine ungeschlechtliche Generation oder ein Agamobium, welche sich durch Knospung fortpflanzt.

Proembryo von Chara, zeigt das Ovarium (*ovy*), aus dessen Oosperm der Proembryo hervorgegangen ist, die beiden Knoten (*nd*), die Scheitelzelle (*ap. z*), die Rhizoide (*rh*) und Blätter (*l*) des Proembryo, und die Anlage der beblätterten Pflanze, welche mit der charakteristischen Gipfelknospe (*term. bud*) abschließt. Nach Howes, etwas verändert.

## Zweiundzwanzigste Vorlesung.

# Hydra.

---

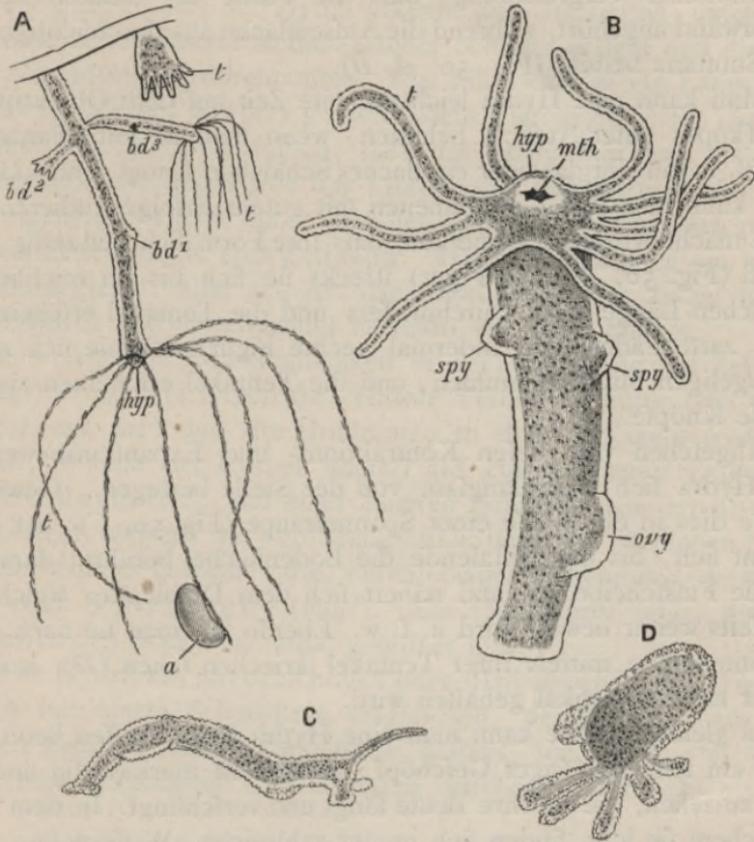
Wir haben gesehen, daß bei den Pflanzen, sowohl den Algen als den Pilzen, die nächste Stufe morphologischer Differenzierung nach der einfachen Zelle ein lineares Zellaggregat ist. Unter den Tieren kennen wir keine Formen, welche auf dieser Stufe stehen, sondern unmittelbar über den höchstentwickelten einzelligen Tieren, wie z. B. den bewimperten Infusorien, finden wir wahre körperliche Zellaggregate. Die Eigentümlichkeiten eines der einfachsten von diesen und die fundamentalen Unterschiede desselben von den in den beiden vorhergehenden Vorlesungen beschriebenen Pflanzen werden uns bei dem Studium eines der kleinen Organismen klar werden, welche unter dem Namen der »Süßwasserpolypen« bekannt sind und der Gattung Hydra angehören.

Wenn auch in stehenden Gewässern durchaus nicht selten, ist Hydra doch nicht immer leicht zu finden, da sie selten in großen Mengen vorkommt und keineswegs augenfällig ist. Das beste Verfahren beim Aufsuchen derselben ist, daß man in eine durchsichtige Glasflasche oder ein Becherglas oder eine weiße Schale Wasser und Pflanzen aus einem stehenden Gewässer bringt, und dasselbe einige Minuten ruhig stehen läßt. War die Jagd erfolgreich, so sieht man alsdann an den Wänden des Glases, auf dem Boden der Schale oder an den Pflanzen angeheftet kleine weiße, braune oder grüne Körper, ungefähr so dick, wie feines Nähgarn und 2 bis 6 mm lang. Sie hängen mit dem einen Körperende ziemlich fest daran, und Beobachtung mit einer Taschenlupe läßt uns erkennen, daß das freie Ende eine Zahl sehr zarter, mit bloßem Auge eben sichtbarer Fäden abgibt.

Unter der schwachen Vergrößerung eines zusammengesetzten Mikroskopes sieht man, daß Hydra (Fig. 50, B) einen cylindrischen, mit flacher Basis oder Fußscheibe einer Pflanze oder einem andern im Wasser befindlichen Gegenstande angehefteten Körper besitzt, welcher an dem entgegengesetzten oder distalen Ende ein kegelförmiges Gebilde trägt, den Mundkegel oder das Hypostom (*hyp*), an dessen Scheitel sich

eine kreisförmige Öffnung, der Mund (*mth*), befindet. An der Grenze zwischen dem Mundkegel und dem eigentlichen Körper stehen, im Kreise oder Wirtel angeordnet, sechs bis acht feine Arme oder Tentakel (*t*).

Fig. 50.



## Hydra.

*A* zwei lebende Tiere von *H. viridis*, einem Pflanzenteil angeheftet. Das gröfsere Tier ist völlig ausgestreckt und zeigt den langgestreckten Körper, welcher distalwärts in das von Tentakeln (*t*) umgebene Hypostom (*hyp*) ausläuft, und drei Knospen (*bd*<sup>1</sup>, *bd*<sup>2</sup>, *bd*<sup>3</sup>) in verschiedenen Entwicklungsstadien. Ein kleiner Wasserfloh (*a*) ist von einem der Tentakel ergriffen. Das kleinere Tier (rechts oben) ist vollständig zusammengezogen, die Tentakel (*t*) erscheinen wie Papillen.

*B* *H. fusca*, zeigt den Mund (*mth*) und das Ende des Hypostoms (*hyp*), den Kranz von Tentakeln (*t*), zwei Spermatarien (*spy*) und ein Ovarium (*ovy*).

*C* eine auf einer ebenen Fläche mittels spannerartiger Bewegungen kriechende Hydra.

*D* ein mittels feiner Tentakel sich fortbewegendes Tier.

*C* und *D* nach Marshall.

Ein Längsschnitt zeigt, dafs der Körper hohl ist und einen geräumigen Hohlraum, die Darmhöhle (Enteron, Fig. 51, *A*, *ent. cav*), enthält, welche mit dem umgebenden Wasser durch den Mund in Verbindung steht. Die Tentakel sind gleichfalls hohl, ihre Höhlungen kommunizieren mit der Darmhöhle.

Es giebt drei häufiger vorkommende Arten von Hydra: eine, *H. vulgaris*, ist farblos oder nahezu farblos, eine andere, *H. fusca*, ist von rötlichgelber oder brauner Farbe, die dritte, *H. viridis*, ist lebhaft grün gefärbt. Bei den beiden letzteren Arten erkennt man schon bei schwacher Vergrößerung, daß die Farbe der inneren Seite der Körperwand angehört, während die Außenfläche aus durchsichtiger, farbloser Substanz besteht (Fig. 50, *A*, *B*).

Man kann eine Hydra leicht längere Zeit auf dem Objektisch des Mikroskopes unter Aufsicht behalten, wenn man sie mit Pflanzenteilen u. dergl. in ein Uhrglas oder ein flaches Schälchen bringt, und auf solche Weise kann man ihre Gewohnheiten mit gutem Erfolge studieren.

Zunächst wird man bemerken, daß ihre Form sich beständig ändert. Einmal (Fig. 50, *A*, linke Figur) streckt sie sich bis zur reichlich fünfzehnfachen Länge ihres Durchmessers und die Tentakel erscheinen wie lange, zarte Fäden; ein andermal (rechte Figur) zieht sie sich zu einer fast kugeligen Masse zusammen, und die Tentakel erscheinen als kleine stumpfe Knöpfe.

Abgesehen von diesen Kontraktions- und Expansionsbewegungen kann Hydra sich auch langsam von der Stelle bewegen. Gewöhnlich thut sie dies in der Weise einer Spannerraupe (Fig. 50, *C*): der Körper krümmt sich, bis das Distalende die Bodenfläche berührt; darauf löst sich die Fuhscheibe los und nähert sich dem Distalende, welches nun feinerseits weiter bewegt wird u. s. w. Ebenso hat man sie nach der Art der Tintenfische mittels ihrer Tentakel kriechen sehen (*D*), wobei der Körper nahezu vertikal gehalten wird.

In gleicher Weise kann man eine Hydra beim Fressen beobachten. Sie ist ein sehr gefrässiges Geschöpf, und es ist merkwürdig und interessant zu sehen, wie sie ihre Beute fängt und verschlingt. In dem Wasser, in welchem sie lebt, finden sich immer zahlreiche »Wasserflöhe«, kleine Tierchen von einem Millimeter Länge und darunter, welche zur Klasse der Crustaceen gehören, einer Tiergruppe, welche die Hummer, Krabben, Garneelen u. a. umfaßt.

Die Wasserflöhe schwimmen sehr schnell und gelegentlich sieht man, wie einer derselben in Berührung mit einem Fangarm der Hydra kommt. Augenblicklich hören alsdann seine lebhaften Bewegungen auf und er bleibt in anscheinend unerklärlicher Weise an dem Tentakel hängen. Wenn die Hydra nicht hungrig ist, so läßt sie gewöhnlich ihre Beute nach einiger Zeit wieder frei, und man kann dann sehen, wie der Wasserfloh ein kurzes Stück weit wie ein Stein durch das Wasser fällt, schließlich aber seine Gliedmaßen ausstreckt und fortswimmt. Wenn jedoch die Hydra nicht vor kurzem gefressen hat, so zieht sie den Fangarm allmählich ein, bis sie ihre Beute nahe an den Mund gebracht hat, während die andern Tentakel dabei gleichfalls zur Unterstützung gebraucht werden. Der Wasserfloh wird auf diese Weise gegen den Gipfel des Mundkegels gepreßt, der Mund öffnet sich weit, erfafst ihn und

schliesslich gelangt er durch denselben hinein in die Verdauungshöhle. Man kann häufig sehen, wie der Körper der Hydren an einer oder mehreren Stellen durch kürzlich verschlungene Wasserflöhe aufgetrieben ist.

Den feineren Bau der Hydra erkennt man am besten, indem man sie in eine Serie ausserordentlich dünner Schnitte zerlegt und diese bei starker Vergrößerung durchmuftert. Das Bild, welches ein Längsschnitt durch die Achse des Körpers gewährt, stellt Fig. 51 (a. f. S.) dar.

Man erkennt an derselben, dass das ganze Tier aus Zellen zusammengesetzt ist, deren jede aus Protoplasma mit einem grossen Kern (*B, C, nu*) und mit oder ohne Vakuolen besteht. Wie bei den meisten tierischen Zellen, fehlt eine Zellwand. Hydra ist demnach ein körperliches Zellaggregat, aber die Art der Anordnung ihrer Zellen ist sehr charakteristisch und unterscheidet sie sofort von einer Pflanze.

Die wesentliche Eigentümlichkeit in der Anordnung der Zellen ist die, dass sie in zwei Lagen die centrale Verdauungshöhle oder Darmhöhle (*A, ent. cav*) und die Hohlräume in den Tentakeln (*ent. cav'*) umgeben, so dass der Körper überall aus einer äusseren Zellschicht, dem Ektoderm (*ect*), und einer inneren Schicht, dem Endoderm (*end*), besteht, welches die Verdauungshöhle begrenzt. Zwischen beiden Schichten befindet sich eine zarte, durchscheinende Membran, die Mesogloea oder Stützlamelle (*msgl*). Ein Querschnitt zeigt, dass die Zellen in beiden Schichten radial geordnet sind.

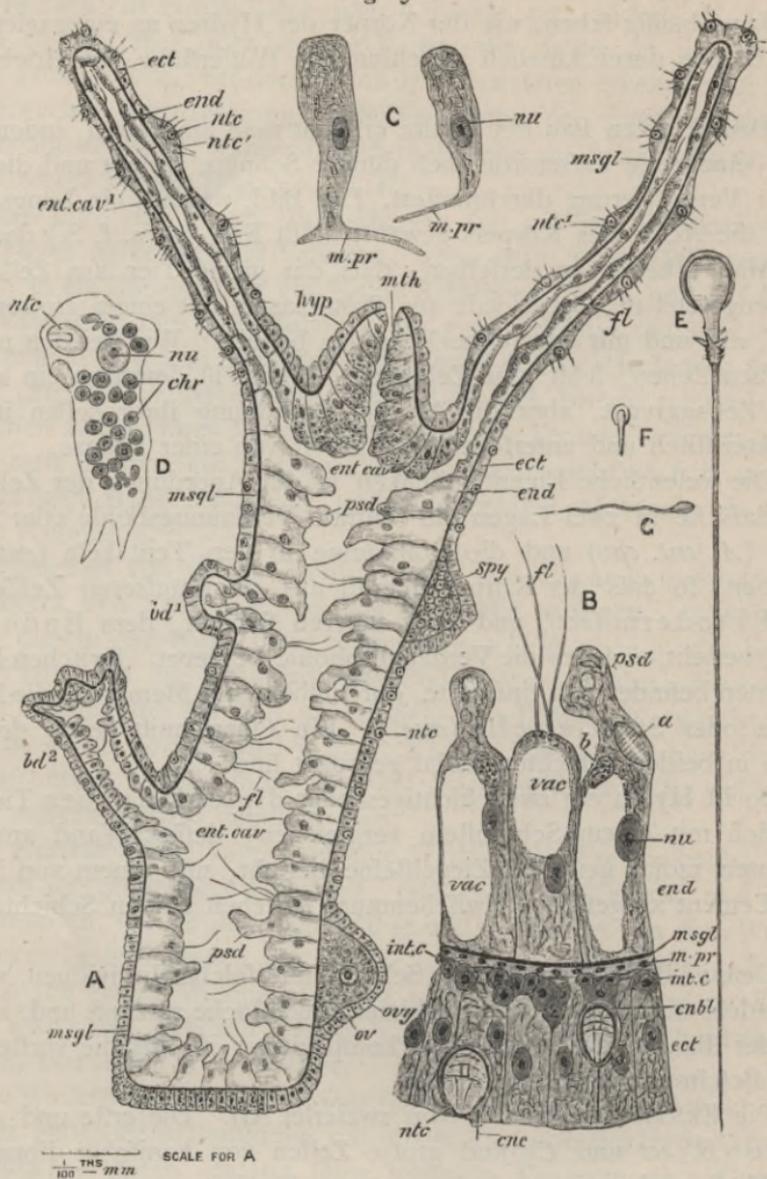
So ist Hydra ein zweischichtiges oder diploblastisches Tier und lässt sich mit einem Schornstein vergleichen, dessen Wand aus zwei Schichten radial gestellter Ziegelsteine besteht, mit einem von Mörtel oder Cement ausgefüllten Zwischenraum zwischen beiden Schichten.

Genauere Betrachtung dünner Schnitte und solcher Individuen, welche mit Nadeln ausgebreitet oder in kleine Bruchstücke zerzupft sind, zeigen, dass der Bau in Wahrheit noch komplizierter ist, als die vorstehende kurze Beschreibung erkennen lässt.

Die Ektodermzellen sind von zweierlei Art. Die erste und augenfälligste (*B, ect* und *C*) sind grosse Zellen von konischer Form, die Grundflächen der Kegel sind auswärts, die Spitzen einwärts gekehrt. Zwischen den inneren, verschmälerten Enden bleiben natürlich Zwischenräume, und diese werden ausgefüllt von den Zellen der zweiten Art (*int. c*), kleinen, gerundeten Körpern, welche dicht zusammengedrängt zwischen ihren grösseren Genossen liegen und als interstitielle Zellen bezeichnet werden.

Die inneren Enden der grossen Ektodermzellen laufen in schmale, zugespitzte Verlängerungen aus (*C, m. pr*), welche rechtwinkelig zu den Zellen selbst und parallel zur Längsachse des Körpers gerichtet sind. Diese longitudinal verlaufenden Muskelfortsätze bilden eine unmittelbar ausserhalb der Stützlamelle liegende Schicht (*B, m. pr*). Sie scheinen,

Fig. 51.



Hydra.

*A* Längsschnitt des ganzen Tieres, zeigt die aus Ektoderm (*ect*) und Endoderm (*end*) zusammengesetzte Körperwand, welche eine Darmhöhle (*ent. cav*) einschließt, die sich gleich den zwei Zellschichten in die Tentakel fortsetzt (*ent. cav<sup>1</sup>*) und am Scheitel des Mundkegels (*hyp*) durch den Mund (*mth*) nach außen öffnet. Zwischen Ektoderm und Endoderm liegt die Mesogloea (*msgl*), angedeutet durch eine schwarze Linie. Im Ektoderm sieht man große (*nct*) und kleine (*nct'*) Nematocysten. Einige Endodermzellen strecken Pseudopodien aus (*psd*), andere tragen Geißeln (*fl*). Auf der linken Seite sieht man zwei Knospen (*bd<sup>1</sup>*, *bd<sup>2</sup>*) in verschiedenen Entwicklungsstadien, auf der rechten Seite ein Spermarium (*spy*) und ein Ovarium (*ovy*) mit einem einzigen Ei (*ov*).

*B* Teil eines Querschnittes, stärker vergrößert, zeigt die großen Ektodermzellen (*ect*) und die interstitiellen Zellen (*int. c*), zwei Cnidoblasten (*cnbl*) mit

Nematocysten (*ntc*), eine derselben mit Cnidocil; die Schicht der Muskelfortsätze (*m. pr*), quer durchschnitten, unmittelbar auferhalb der Mesogloea (*msgl*); Endodermzellen (*end*) mit großen Vakuolen (*vac*), Kernen (*nu*), Pseudopodien (*psd*) und Geißeln (*f*). Die Endodermzelle rechts hat eine Diatomee (*a*) aufgenommen und alle schließsen kleine schwarze Körnchen ein.

*C* zwei große Ektodermzellen mit Kern (*nu*) und Muskelfortsatz (*m. pr*).

*D* Endodermzelle von *Hydra viridis* mit Kern (*nu*), zahlreichen Chromatophoren (*chr*) und einer aufgenommenen Nematocyste (*ntc*).

*E* eine der großen Nematocysten mit ausgefchnelltem, am Grunde mit Widerhaken versehenem Faden.

*F* eine der kleinen Nematocysten.

*G* einzelnes Sperma.

*D* nach Lankester, *F* und *G* nach Howes.

ebenso wie der Achsenfaden der Vorticella (S. 98), einen hohen Grad von Kontraktilität zu besitzen, da die fast augenblickliche Kontraktion des Körpers wenigstens größtenteils durch die schnelle und gleichzeitige Kontraktion dieser Gebilde zu Stande kommt. Es ist wahrscheinlich zutreffend, wenn man sagt, daß die Ektodermzellen gleichzeitig kontraktil und reizbar sind, wobei den Muskelfortätzen ein besonders hoher Grad von Kontraktilität zukommt, während die Zellen selbst außerordentlich reizbar sind, so daß der leiseste auf dieselben wirkende Reiz eine unmittelbare Kontraktion des ganzen Körpers zur Folge hat<sup>1)</sup>.

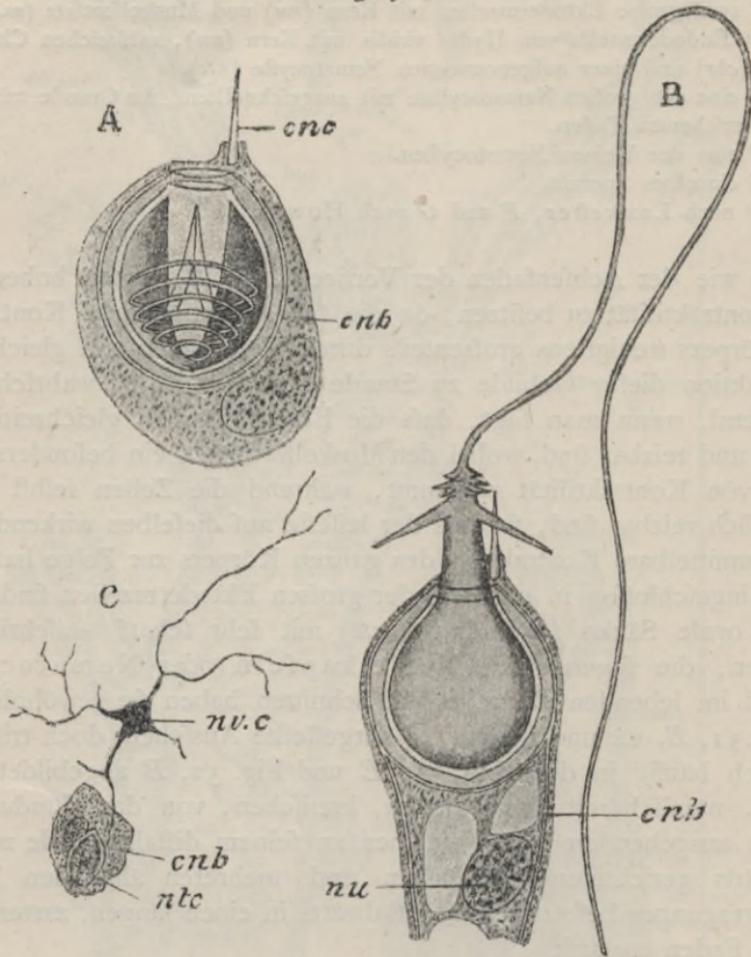
Eingeschlossen in einzelne der großen Ektodermzellen findet man helle, ovale Säcke (*A* und *B*, *ntc*) mit sehr scharf umschriebenen Wänden, die sogenannten Nesselnkapseln oder Nematocysten. Sowohl im lebenden Tiere als auf Schnitten haben sie gewöhnlich das in Fig. 51, *B*, *ntc* und Fig. 52, *A* dargestellte Aussehen, doch trifft man sie auch häufig in dem Fig. 51, *E* und Fig. 52, *B* abgebildeten Zustande, nämlich mit einem kurzen, konischen, von der Mündung des Sackes ausgehenden Rohr, welches an seinem distalen Ende mit drei rückwärts gerichteten Widerhaken und mehreren ähnlichen kleinen Hervorragungen besetzt ist und distalwärts in einen langen, zarten, biegsamen Faden ausläuft.

Genauere Betrachtung der Nematocysten zeigt, daß der Bau dieser merkwürdigen Körper folgender ist: Jede besteht aus einer zähen Kapsel (Fig. 52, *A*), deren eines Ende als hohle Tasche eingefüllt ist. Das freie Ende der letzteren setzt sich in einen hohlen, gewundenen Faden fort und trägt an seiner inneren Fläche Widerhaken. Der ganze Raum zwischen der Kapsel einerseits und der eingefüllten Tasche und dem Faden andererseits ist prall mit Flüssigkeit gefüllt. Wenn ein Druck auf

<sup>1)</sup> Nachdem das Vorhandensein von Ganglienzellen bei *Hydra* nachgewiesen wurde, welche mit den Epithelmuskelzellen in Verbindung stehen, während andererseits mehrfache Gründe dafür sprechen, die Nesselnzellen als reizempfindliche Sinnesorgane anzusehen, erscheint die vom Verfasser gegebene, ursprünglich von Kleinenberg herrührende Erklärung (sogenannte Neuromuskelzellentheorie) nicht mehr hinlänglich begründet. Anm. d. Übersetzers.

die Außenwand der Kapfel ausgeübt wird, so entladet sich der ganze Apparat wie ein Harpunengeschoss (*B*), die zusammengedrückte Flüssigkeit treibt zunächst die mit Widerhaken versehene Tafel und dann

Fig. 52.



Hydra. (Nach Schneider.)

*A* eine Nematocyste in ihrem Cnidoblasten (*cnb*), mit aufgerolltem Faden und Cnidocil (*cnc*).

*B* dieselbe nach Auschnellung des Fadens, zeigt die größeren und kleineren Widerhaken am Grunde des Fadens. *nu*, Kern des Cnidoblasten.

*C* ein Cnidoblast mit darin enthaltener Nematocyste, verbunden mit einem Fortsatz einer Nervenzelle (*nv. c*).

den Faden heraus, bis schliesslich beide, die Innenseite nach aussen gewandt, ausgestülpt werden.

Mit Hülfe der Nematocysten — deren Ähnlichkeit mit den Trichocysten von *Paramecium* (S. 84) dem Leser aufgefallen sein wird — vermag *Hydra* ihre Beute zu lähmen. Wahrscheinlich wird ein spezifisches Gift mit dem Faden in die Wunde eingeführt; die Nematocysten

der grösseren Mitglieder der Tiergruppe, welcher Hydra angehört, wie z. B. der Quallen, üben auf die menschliche Haut eine ähnliche Wirkung aus, wie die Brennhaare der Brennnessel.

Die Nematocyten werden in bestimmten interstitiellen Zellen gebildet, welche Cnidoblasten heissen (Fig. 51, B, *cnbl* und Fig. 52), und befinden sich demnach anfangs in einiger Entfernung von der Oberfläche. Aber die Cnidoblasten wandern auswärts, und gelangen auf diese Weise ganz oberflächlich in oder zwischen die grossen Ektodermzellen. An seiner freien Oberfläche verlängert sich der Cnidoblast in einen zarten, spitzen Fortsatz, das Cnidocil oder »Drückerhaar« (*cnc*). Aller Wahrscheinlichkeit nach veranlasst die leiseste Berührung des Cnidocils die Kontraktion des Cnidoblasten, und die auf diese Weise zusammengedrückte Nematocyste explodiert augenblicklich<sup>1)</sup>.

Nematocyten finden sich im distalen Abschnitte des Körpers, fehlen jedoch dem Fusse oder dem proximalen Abschnitte, wo auch keine interstitiellen Zellen existieren. Sie sind besonders reichlich vorhanden in den Tentakeln, an deren knopfartigen — durch kleine Haufen von interstitiellen Zellen hervorgerufenen — Anschwellungen sie in grosser Zahl zu finden sind. Zwischen denselben trifft man auch kleine Nematocyten mit kurzen Fäden und ohne Widerhaken (Fig. 51, A, *ntc'* und *F*).

Zuweilen findet man in Verbindung mit den Cnidoblasten kleine, unregelmässige Zellen mit grossen Kernen; sie werden Nervenzellen genannt (Fig. 52, C, *nv. c*) und bilden ein rudimentäres Nervensystem, dessen Natur zweckmässiger in der nächsten Vorlesung erörtert werden wird.

Die Ektodermzellen des Fusses unterscheiden sich von denen des übrigen Körpers dadurch, dass sie sehr körnig sind (Fig. 51, A). Die Körnchen liefern wahrscheinlich das Material für die klebrige Substanz, mittels deren Hydra sich anheftet, und sind demnach als Produkte des destruktiven Metabolismus anzusehen, d. h. als durch Umwandlung des Protoplasmas entstanden, in etwa derselben Weise, wie Stärkekörner (S. 24). Dieser Prozess der Bildung eines bestimmten Produktes innerhalb einer Zelle, welches sich anhäuft und schliesslich an der freien Oberfläche der Zelle ausgeschieden wird, heisst Sekretion, und eine Zelle, welche diese Thätigkeit ausübt, wird als Drüsenzelle bezeichnet.

Das Endoderm besteht grösstenteils aus grossen Zellen, welche die des Ektoderms an Grösse übertreffen, und durch den Besitz einer oder mehrerer Vakuolen ausgezeichnet sind. Diese sind zuweilen so gross,

1) Es muss hier bemerkt werden, dass diese Auffassung durch verschiedene neuere Untersuchungen nicht gestützt wird. Die bloße Berührung des Cnidocils, z. B. durch ein Sandkorn, genügt nicht, um das Herauschnellen des Nesselfadens zu bewirken, vielmehr scheint es, dass dieser Prozess unter dem Einfluss des Nervensystems steht. Der neuerdings auch bei Hydra gelungene Nachweis, dass feine Ausläufer der Ganglienzellen an die Nematocyten herantreten, spricht ebenfalls für das Mitwirken nervöser Vorgänge. Anmerk. d. Übersetzers.

dafs das Protoplasma auf eine dünne, oberflächliche Schicht reduziert erscheint, welche den Kern enthält (Fig. 51, *A* und *B*, *end*). Ferner ist ihre Geißel außerordentlich wandelbar, indem ihr freies oder inneres Ende beständige Formveränderungen erleidet. Hiervon kann man sich leicht überzeugen, indem man Querschnitte durch eine lebende Hydra verfertigt. Man sieht dann, wie die Endodermzellen lange, stumpfe Pseudopodien (*psd*) in die Verdauungshöhle austrecken, dann und wann die Pseudopodien einziehen und eine bis drei lange Geißeln vorstrecken (*ß*). So veranschaulichen die Endodermzellen der Hydra in sehr lehrreicher Weise die bereits besprochene (§. 40) Wesensgleichheit von Geißeln und Pseudopodien. In dem Mundkegel ist das Endoderm in Längsfalten gelegt, so dafs eine Erweiterung des Mundes beim Schlucken ermöglicht ist.

Zwischen den gewöhnlichen Endodermzellen finden sich lange, schmale Zellen von stark körniger Beschaffenheit. Sie sind besonders häufig im distalen Körperabschnitte, unterhalb der Ansatzstelle der Tentakel und im Mundkegel, fehlen jedoch in den Tentakeln und im Fusse. Es ist unzweifelhaft, dafs dies Drüsenzellen sind, welche eine bei der Verdauung der Nahrung beteiligte Flüssigkeit absondern.

Bei *Hydra viridis* enthalten die Endodermzellen (*D*) Chromatophoren (*chr*), welche durch Chlorophyll grün gefärbt sind und dieselbe Thätigkeit ausüben, wie in den Pflanzen, so dafs bei dieser Art die holozoische Ernährung durch holophytische ergänzt wird. Es liegt Grund zu der Annahme vor, dafs die Chromatophoren als symbiotische Algen zu betrachten sind, gleich denen, welche wir in Verbindung mit den Radiolarien kennen lernten (S. 116). Bei *H. fusca* finden sich Körper, welche diesen Chromatophoren ähnlich sind, aber orangerot oder braun gefärbt und frei von Chlorophyll sind. Braune und schwarze Körnchen, welche in den Zellen vorkommen (*B*), scheinen teils durch Degeneration der Chromatophoren, teils als Ausscheidungsprodukte zu entstehen.

Auch Muskelfortsätze kommen im Zusammenhange mit Endodermzellen vor, dieselben sollen quer oder ringförmig, d. h. senkrecht zu den ähnlichen Fortsätzen der Ektodermzellen verlaufen.

Wenn ein Wasserfloh oder ein anderer kleiner Organismus von einer Hydra verschlungen worden ist, so fällt er einem allmählichen Zeretzungsprozesse anheim. Der Prozess beginnt mit einer Auflösung der Weichteile unter der Einwirkung einer von den Drüsenzellen des Endoderms abgeforderten verdauenden Flüssigkeit; zu Ende geführt wird derselbe augenscheinlich dadurch, dafs die Endodermzellen mit ihren Pseudopodien kleine Teilchen ergreifen und ganz nach Amöbenart in sich aufnehmen. Man hat oft beobachtet, dafs durch das Austrecken von Pseudopodien während der Verdauung die Darmhöhle zeitweise fast vollständig ausgefüllt wird.

Es will demnach scheinen, dafs bei *Hydra* der Prozess der Verdauung oder der Auflösung der Nahrung wenigstens teilweise intra-

cellular ist, d. h. im Inneren der Zellen selbst stattfindet, wie bei Amöbe oder Paramecium; er ist jedoch der Hauptsache nach extracellulär oder enterisch, d. h. er vollzieht sich in einer besondern Verdauungshöhle, welche von Zellen begrenzt ist.

Die Ektodermzellen nehmen nicht direkt Nahrung auf, sondern sie werden vollständig durch Diffusion vom Endoderm her ernährt. Es haben also die beiden Zellschichten verschiedene Aufgaben, das Ektoderm dient dem Schutze und der Empfindung, es bildet die äußere Bedeckung des Tieres und empfängt Eindrücke von außen her; das Endoderm, dem direkten Verkehr mit der Außenwelt entzogen, dient der Ernährung, seine Zellen allein besitzen die Fähigkeit, die Nahrung zu verdauen.

Der wesentliche Unterschied zwischen Verdauung und Assimilation tritt hier klar zu Tage: alle Zellen der Hydra assimilieren, alle unterliegen einem beständigen Stoffwechsel, und alle müssen daher neues Protoplasma bilden, um den Verlust auszugleichen. Aber die Endodermzellen allein können die rohe, noch unverdaute Nahrung verwerten, das Ektoderm ist auf die verschiedenen Verdauungsprodukte angewiesen, welche es auf dem Wege der Osmose von dem Endoderm empfängt.

Es wird dem Leser nach der vorstehenden Beschreibung einleuchten, daß Hydra einer Kolonie von Amöben vergleichbar ist, deren einzelnen Individuen verschiedene Verrichtungen übertragen sind — gerade wie in einem civilisierten Gemeinwesen die Thätigkeit des Backens und Schlachtens gewissen Gliedern der Genossenschaft obliegt, und nicht von allen ausgeübt wird. Hydra ist daher ein Beispiel von Individualisierung. Morphologisch ist sie gleichwertig einer unbegrenzten Zahl einzelliger Organismen, aber da diese einheitlich zusammenwirken, die einen dies, die andern jenes Geschäft vollführen, bilden sie, physiologisch gesprochen, nicht eine Kolonie von völlig unabhängigen Einzelwesen, sondern ein einziges, vielzelliges Individuum.

Wie bei so vielen der bisher zu unserer Kenntnis gelangten Organismen, finden wir auch bei Hydra zwei verschiedene Arten der Fortpflanzung, eine ungeschlechtliche und eine geschlechtliche.

Ungeschlechtliche Vermehrung findet durch einen Knospungsvorgang statt. Eine kleine Erhebung wird am Körper sichtbar (Fig. 50, A, *bd*<sup>1</sup>), und auf Schnitten läßt sich nachweisen, daß dieselbe von einer Gruppe von Ektodermzellen ausgeht; bald jedoch nimmt sie den Charakter einer hohlen Ausstülpung der Körperwand an, welche eine Verlängerung der Darmhöhle einschließt und aus Ektoderm, Mesogloea und Endoderm besteht (Fig. 51, A, *bd*<sup>1</sup>). Im Laufe einiger Stunden vergrößert sich dieser Auswuchs stark und in der Nähe seines distalen Endes treten sechs oder acht hohle, im Kreis gestellte Knospen auf (Fig. 50, A, *bd*<sup>2</sup>; Fig. 51, A, *bd*<sup>2</sup>). Diese wachsen, nehmen das Aussehen von Fangarmen an, und es bildet sich ein Mund am distalen Ende der Knospe,

welche auf diese Weise das Aussehen einer kleinen Hydra gewinnt (Fig. 50, *A*, *bd*<sup>3</sup>). Endlich schnürt sich die Knospe an der Basis zusammen, löst sich von dem Muttertier und beginnt ein selbständiges Leben. Zuweilen jedoch werden mehrere Knospen gleichzeitig gebildet und jede derselben bildet neue Knospen, bevor sie sich ablöst; auf diese Weise entstehen vorübergehend Kolonien. Aber die Knospen lösen sich immer früher oder später ab, wenn sie auch häufig zu fressen beginnen, während sie noch mit dem Muttertier zusammenhängen.

Es ist eine merkwürdige Thatsache, dass Hydra auch durch künstliche Teilung vervielfältigt werden kann. Es ist das Experiment ausgeführt worden, das lebende Tier in Stücke zu schneiden, deren jedes dann zu einem vollständigen Individuum heranwuchs.

Wie bei *Vaucheria* und *Nitella* finden wir zwei Arten von Gonaden, Spermarien und Ovarien. Beide kommen auf demselben Individuum vor, Hydra ist also, gleich den eben erwähnten Pflanzen, hermaphroditisch oder monocöisch.

Die Spermarien (Fig. 50, *B* und Fig. 51, *A*, *spy*) sind weisse, kegelförmige Erhebungen in der Nähe des distalen Körperendes. In der Regel sind gleichzeitig nicht mehr als eins oder zwei vorhanden, aber es können auch zwanzig sein. Sie sind, auch bei der grünen und braunen Species, völlig farblos und werden augenscheinlich vom Ektoderm allein gebildet.

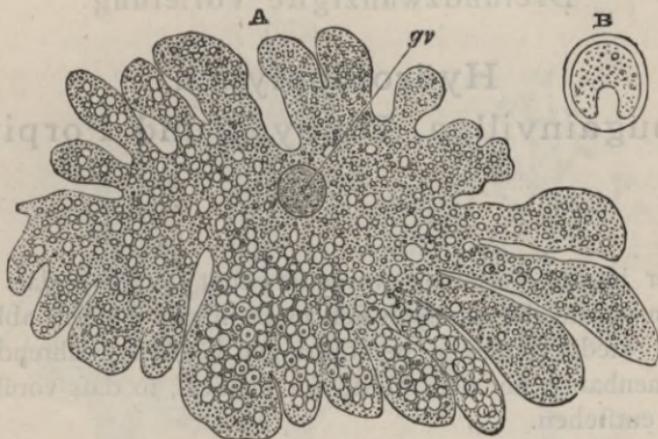
Im unreifen Zustande besteht das Spermarium aus einem kleinen Haufen interstitieller Zellen, der von einer Hülle von etwas abgeplatteten Zellen umgeben wird, welche durch Umwandlung gewöhnlicher, grosser Ektodermzellen entstanden sind. Zur Zeit der Reife wandelt sich jede der kleinen, inneren Zellen in ein Sperma um (Fig. 51, *G*), welches aus einem kleinen, eiförmigen, aus dem Kerne entstehenden Kopfe und einem langen, beweglichen aus dem Protoplasma gebildeten Schwanze besteht. Unter Durchbrechung der Umhüllungszellen oder der Wand des Spermariums schlüpfen die Spermien aus und schwimmen frei im Wasser umher.

Die Ovarien (Fig. 50, *B* und Fig. 51, *A*, *ovy*) befinden sich in der Nähe des proximalen Körperendes und wechseln in der Zahl von einem bis zu acht. Im reifen Zustande ist ein Ovarium grösser als ein Spermarium und von halbkugelförmiger Form. Es entsteht, gleich dem Spermarium, als eine Anhäufung von interstitiellen Zellen, so dass in den ersten Entwicklungsstadien das Geschlecht der Gonaden unbestimmt ist. Während aber im Spermarium jede Zelle sich zu einem Sperma umwandelt, beginnt im Ovarium eine Zelle frühzeitig schneller zu wachsen, als die übrigen, nimmt amöboide Form an (Fig. 51, *A*, *ov* und Fig. 53, *A*), streckt Pseudopodien zwischen die Nachbarzellen aus und, indem sie die Bruchstücke, in welche diese zerfallen, in sich aufnimmt, vergrössert sie sich auf Kosten derselben beständig. Zuletzt besteht das Ovarium nur noch aus diesem einzigen, amöboiden Ei und einer oberflächlichen

Zellenschicht, welche eine Kapsel um dasselbe bildet. Indem das Ei wächst, bilden sich in demselben Dotterkugeln (Fig. 53), kleine, abgerundete Massen von Eiweißsubstanzen, und bei *Hydra viridis* erhält dasselbe auch grüne Chromatophoren.

Wenn das Ovarium reif ist, zieht das Ei feine Pseudopodien ein und nimmt Kugelform an; die Umhüllungsschicht platzt, so daß das Ei

Fig. 53.



A Ei von *Hydra viridis*, zeigt Pseudopodien, Kern (*gv*) und zahlreiche Chromatophoren und Dotterkugeln.

B eine einzelne Dotterkugel.

Aus Balfour nach Kleinenberg.

bloßgelegt wird und den Spermien der Weg zu demselben offen steht. Eins der letzteren konjugiert mit dem Ei und erzeugt so ein Oosperm oder einen einzelligen Embryo.

Das Oosperm teilt sich in eine Anzahl von Zellen, deren äußerste sich zu einer harten Schale oder Kapsel umwandeln. Der so umhüllte Embryo sinkt auf den Boden des Wassers und entwickelt sich nach einer Ruheperiode zu einer Hydra. Weil jedoch die Entwicklungsgeschichte dieses Tieres einige abnorme Eigentümlichkeiten aufweist, welche für den Anfänger nicht leicht verständlich sind, so soll dieselbe hier nicht im Einzelnen verfolgt werden, sondern wir werden die sehr wichtigen Umwandlungen, durch welche das Oosperm eines vielzelligen Tieres zum ausgebildeten Individuum wird, in der nächsten Vorlesung betrachten.

## Dreiundzwanzigste Vorlesung.

### Hydroidpolypen.

### Bougainvillea, Diphyes und Porpita.

In der letzten Vorlesung wurde erwähnt (S. 176), dass von einer knospenden Hydra die Knospen sich nicht immer sogleich ablösen, sondern selbst wieder Knospen hervorbringen können, während sie noch im Zusammenhange mit dem Muttertier bleiben, so dass vorübergehend Kolonien entstehen.

Nehmen wir an, dass dieses sich unbegrenzt fortsetzte, so würde das schliessliche Ergebnis eine baumartige Kolonie oder ein zusammengefügter Organismus sein, welcher aus einem Stamme mit zahlreichen Ästchen bestände, deren jedes mit einem Hydra-artigen Zooid endet. Eine solche Kolonie würde zu Hydra in ähnlicher Beziehung stehen, wie Zoothamnium zu Vorticella (S. 101).

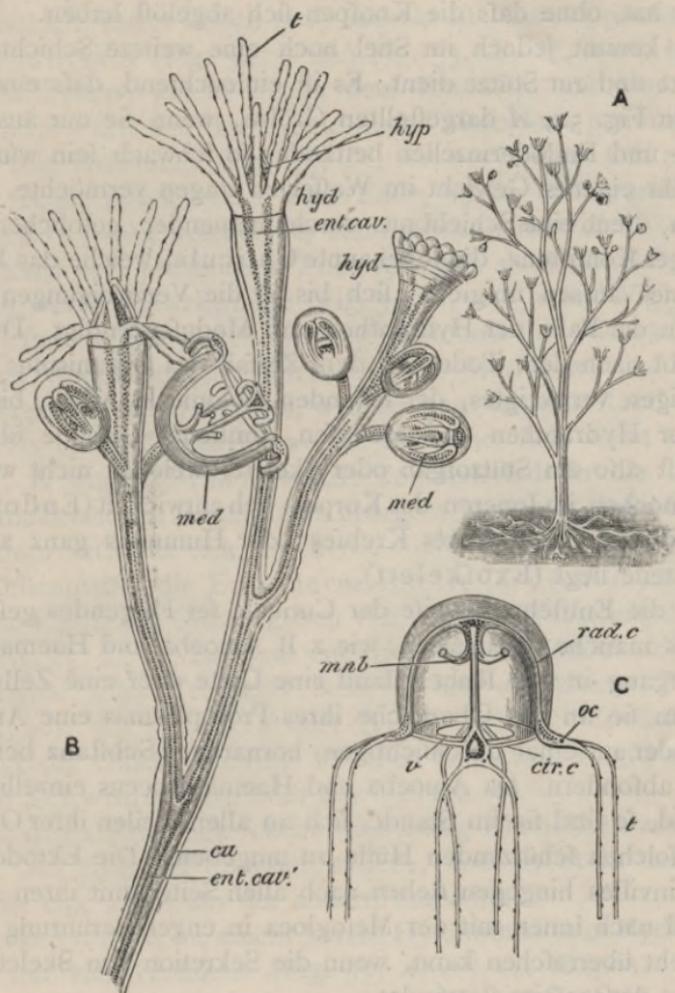
In der That tritt dieser Fall bei einer grossen Zahl von Tieren ein, welche mit Hydra verwandt sind und als Hydroidpolypen bezeichnet werden.

Jedermann kennt die gewöhnlichen Sertularien der Seeküste, welche oft fälschlich für Seepflanzen gehalten werden; es sind dies zarte, vielverzweigte, halbdurchsichtige Gebilde von horniger Konsistenz; die Zweige sind mit kleinen Bechern besetzt, aus deren jedem sich bei Lebzeiten des Tieres ein Hydra-ähnlicher Körper hervorstreckt.

Eine für unsern Zweck sehr geeignete Gattung ist Bougainvillea, ein Hydroidpolyp, welcher sich in Form kleiner, einige Centimeter langer Büsche an Felsen und andern unter Wasser befindlichen Gegenständen festsetzend findet. Fig. 54, *A* zeigt eine Kolonie in natürlicher Grösse, *B* einen Teil derselben vergrössert; sie besteht aus einem vielverzweigten Stamme von gelblicher Farbe, welcher mittels wurzelartiger Fasern am Grunde befestigt ist. Die Zweige schliessen ab mit kleinen, Hydra-artigen Körpern, sogenannten Hydranthen (*B., hyd*), mit je einem Hypostom (*hyp*) und Tentakelkranz (*t*). Seitliche Zweige tragen glockenförmige Gebilde oder Medusen (*med*); diese wollen wir jetzt betrachten.

Schnitte lassen erkennen, daß die Hydranthen genau den Bau einer Hydra haben, indem sie aus einer doppelten Zellschicht — Ektoderm und Endoderm — bestehen, welche durch eine Stützlamelle oder Mesogloea voneinander getrennt werden und eine Verdauungshöhle ein-

Fig. 54.



Bougainvillea ramofa. (Nach Allmann.)

*A* eine vollständige lebende Kolonie in natürl. Gröfse, mit verzweigtem Stamm und wurzelähnlichem Haftorgan.

*B* ein Teil derselben, vergrößert, mit verzweigtem Stamm, der Hydranthen (*hyd*) und Medusen (*med*) trägt, eine der letzteren nahezu reif, die andern noch unentwickelt; jeder Hydranth besitzt einen Tentakelkranz (*t*), welcher das Hypostom (*hyp*) umgiebt, und eine Darmhöhle (*ent.cav*), welche mit einem engen Kanal innerhalb des Stieles (*ent.cav'*) in Verbindung steht. Der Stamm ist von einer Cuticula bedeckt.

*C* eine Meduse nach ihrer Lostrennung von der Kolonie, zeigt die Glocke mit Tentakeln (*t*), Schwimmfaum (*v*), Manubrium (*mnb*), Radiär- (*rad.c*) und Ringkanal (*cir.c*) und Augenflecken.

schließen, die sich durch einen am Gipfel des Hypostoms gelegenen Mund nach außen öffnet.

Der Stiel besteht aus den gleichen Schichten und umschließt einen Hohlraum (*ent. cav'*), welcher mit denen der Hydranthen zusammenhängt, und somit ist also der Bau eines Hydroidpolypen einfach der einer Hydra, bei welcher der Knospungsprozess sich unbegrenzt oft wiederholt hat, ohne dass die Knospen sich abgelöst haben.

Dazu kommt jedoch im Stiel noch eine weitere Schicht, welche zum Schutz und zur Stütze dient. Es ist einleuchtend, dass eine Kolonie von der in Fig. 54, A dargestellten Größe, wenn sie nur aus weichen Ektoderm- und Endodermzellen bestände, so schwach sein würde, dass sie kaum ihr eigenes Gewicht im Wasser zu tragen vermöchte. Dies zu verhindern, dient eine Schicht aus durchscheinender, gelblicher Substanz von horniger Konsistenz, die sogenannte Cuticula, welche das Ektoderm des Stammes außen umgibt, sich bis in die Verzweigungen erstreckt und erst an der Basis der Hydranthen und Medusen endet. Diese Haut allein bleibt nach dem Tode und dem Zerfall des Organismus als halbdurchsichtiges, verzweigtes, der lebenden Kolonie in Allem, bis auf das Fehlen der Hydranthen und Medusen, ähnliches Gebilde übrig. Die Cuticula ist also ein Stützorgan oder Skelett, welches nicht wie unsere eigenen Knochen im Inneren des Körpers sich entwickelt (Endoskelett), sondern wie der Panzer eines Krebses oder Hummers ganz außerhalb der Weichteile liegt (Exoskelett).

Über die Entstehungsweise der Cuticula sei Folgendes gesagt: Wir fassen, dass manche Organismen, wie z. B. Amöbe und Haematococcus, beim Übergang in den Ruhezustand eine Cyste oder eine Zellwand bilden, indem sie an der Oberfläche ihres Protoplasmas eine Anzahl aus Cellulose oder aus einer durchsichtigen, hornartigen Substanz bestehender Schichten absondern. Da Amöbe und Haematococcus einzellige Organismen sind, so sind sie im Stande, sich an allen Teilen ihrer Oberfläche mit einer solchen schützenden Hülle zu umgeben. Die Ektodermzellen von Bougainvillea hingegen stehen nach allen Seiten mit ihren Nachbarzellen, und nach innen mit der Mesogloea in enger Berührung, so dass es uns nicht überraschen kann, wenn die Sekretion von Skelettsubstanz nur auf der Außenseite stattfindet.

Wenn dieser Prozess gleichzeitig in den benachbarten Zellen stattfindet, so entsteht eine zusammenhängende, das ganze Ektoderm bedeckende Hülle statt einer Kapfel für jede einzelne Zelle. Ein auf diese Weise, d. h. durch Absonderung übereinanderliegender Schichten an der freien Oberfläche benachbarter Zellen, gebildetes Exoskelett wird bei den vielzelligen Organismen als Cuticula im engeren Sinne bezeichnet.

Die Medusen (*B, med* und *C*), deren Vorkommen an den Seitenzweigen der Kolonie oben erwähnt wurde, findet man in verschiedenen Entwicklungszuständen. Die jüngeren sind nahezu kugelförmig, während die vollständig ausgebildeten einer Glocke gleichen, welche mittels

ihres Handgriffes einem der Zweige ansitzt und im Inneren einen Klöppel besitzt. Im reifen Zustande lösen sich die Medusen ab und schwimmen als kleine Quallen (*C*) davon.

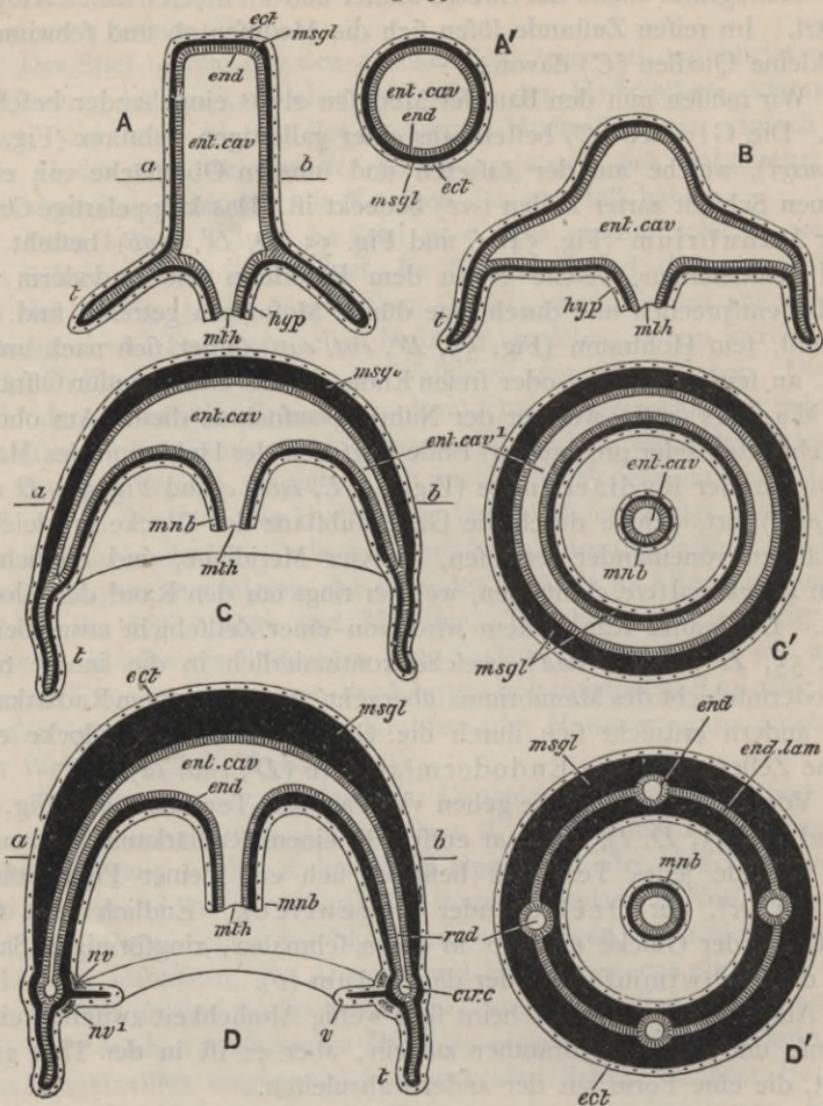
Wir müssen nun den Bau der Medusen etwas eingehender beschreiben. Die Glocke (*C*) besteht aus einer gallertigen Substanz (Fig. 55, *D. msgl*), welche auf der äußeren und inneren Oberfläche von einer dünnen Schicht zarter Zellen (*ect*) bedeckt ist. Das klöppelartige Organ oder Manubrium (Fig. 54, *C* und Fig. 55, *D, D', mnb*) besteht aus zwei Zellschichten, welche genau dem Ektoderm und Endoderm von Hydra entsprechen und durch eine dünne Mesogloea getrennt sind. Es ist hohl, sein Hohlraum (Fig. 55, *D', ent. cav*) öffnet sich nach unten, d. h. an seinem distalen oder freien Ende, mittels einer runden Öffnung, des Mundes (*mtb*), welcher der Nahrungsaufnahme dient. Am oberen (angehefteten oder proximalen) Ende setzt sich der Hohlraum des Manubriums in vier Radiärkanäle (Fig. 54, *C, rad. c* und Fig. 55, *D* und *D', rad*) fort, welche durch die Gallertsubstanz der Glocke in gleichen Abständen voneinander verlaufen, wie vier Meridiane, und endlich in einen Ringkanal (*cir. c*) münden, welcher rings um den Rand der Glocke läuft. Das ganze Kanalsystem wird von einer Zellschicht ausgekleidet (Fig. 55, *D* und *D', end*), welche kontinuierlich in die innere oder Endodermis des Manubriums übergeht, und von einem Radiärkanal zum andern erstreckt sich durch die Gallertsubstanz der Glocke eine dünne Zellenplatte, die Endodermislamelle (*D', end. la*).

Vom Rande der Glocke gehen vier Paar von Tentakeln aus (Fig. 54, *C* und Fig. 55, *D, t*), ein Paar entspricht einem Radiärkanal, und nahe dem Grunde jedes Tentakels befindet sich ein kleiner Pigmentfleck (Fig. 54, *oc*), der Ocellus oder Augenfleck. Endlich setzt sich der Rand der Glocke einwärts in einen schmalen, ringförmigen Saum fort, den Schwimmsaum oder das Velum (*v*).

Auf den ersten Blick scheint sehr wenig Ähnlichkeit zwischen einer Meduse und einem Hydranthen zu sein, aber es ist in der That ganz leicht, die eine Form aus der andern abzuleiten.

Denken wir uns an einem kurzen Hydranthen oder Hydra-ähnlichen Körper mit vier Tentakeln (Fig. 55, *A, A'*) die Region, von welcher die Tentakel ausgehen, verbreitert, so daß sie eine hohle, transversal ausgebreitete Scheibe (*B*) bildet. Nehmen wir weiter an, daß diese Scheibe sich zur Form eines Bechers einkrümme, dessen Höhlung gegen das Hypostom gewandt ist, und daß die Mesogloea sich stark verdicke. So würde eine Form entstehen, wie *C*, d. h. ein Medusen-ähnlicher Körper mit Glocke und Manubrium, der jedoch in der Wandung der Glocke einen einheitlichen Hohlraum (*C' ent. cav'*) statt der vier Radiärkanäle umschließt. Nehmen wir endlich an, daß die innere und äußere Wandung dieses Hohlraumes einander entgegenwachsen, schließlichsammentreffen und die Höhlung ausfüllen, mit Ausnahme vier schmaler radialer Bezirke (*D, rad*) und eines ringförmigen Bezirkes in der Nähe

Fig. 55.



Schematische Zeichnungen zur Veranschaulichung der Ableitung der Medusenform von der Hydranthenform. In der ganzen Figurenreihe ist das Ektoderm (*ect*) punktiert, das Endoderm (*end*) schraffiert und die Mesogloea schwarz (*msgl*).

*A* Längsschnitt eines Hydra-ähnlichen Körpers, zeigt den röhrenförmigen Körper mit Darmhöhle (*ent. cav*), Hypostom (*hyp*), Mund (*mth*) und Tentakeln (*t*). — *A'* Querschnitt desselben durch die Ebene *ab*.

*B* die Tentakelregion hat sich zu einer vertieften Scheibe ausgebreitet.

*C* die Tentakelregion hat sich noch weiter ausgedehnt und glockenförmig eingekrümmt, die Darmhöhle (*ent. cav*) setzt sich in die Glocke fort, der Mundkegel (*hyp*) bildet jetzt das Manubrium (*mnb*).

*C'* Querschnitt von *C* durch die Ebene *ab*, zeigt den einheitlichen Hohlraum innerhalb der Glocke.

*D* ausgebildete Meduse. Der Hohlraum der Glocke ist auf die vier Radiärkanäle (*rad*) und den Ringkanal (*circ. c*) reduziert, das Velum (*v*) gebildet und vom Ektoderm aus hat sich ein doppelter Nervenring (*nv, nv'*) entwickelt.

*D'* Querschnitt durch dieselbe in der Ebene *ab*, zeigt die vier durch die Endoderm lamelle (*end. la*) verbundenen Radiärkanäle (*rad*), welche durch teilweise Obliteration des ursprünglich einheitlichen Hohlraumes (*ent. cav'*, *C'*) entstanden sind.

des Glockenrandes (*D, cir. c*). Dies würde den Ersatz des einheitlichen Hohlraumes durch vier Radiärkanäle zur Folge haben, welche einerseits in einen Ringkanal und andererseits in den Hohlraum des Manubriums (*ent. cav*) münden und miteinander durch eine Membran — die Endoderm lamelle (*end. la*) — verbunden sind, welche die frühere Ausdehnung des Hohlraumes andeutet.

Es folgt hieraus, daß die innere und äußere Schicht des Manubriums beziehungsweise dem Endoderm und Ektoderm entsprechen, daß das Gallertgewebe der Glocke eine außerordentlich verdickte Stützlammelle ist, daß die die innere und äußere Oberfläche der Glocke bedeckende Zellschicht ektodermaler, und die das Kanalsystem auskleidende Zellschicht samt der Endoderm lamelle endodermaler Natur ist.

So sind Meduse und Hydranth gleichartig gebaute oder homologe Gebilde und die Hydroidkolonie ist, wie Zoothamnium (S. 102), dimorph, da sie Zooide von zweierlei Art trägt.

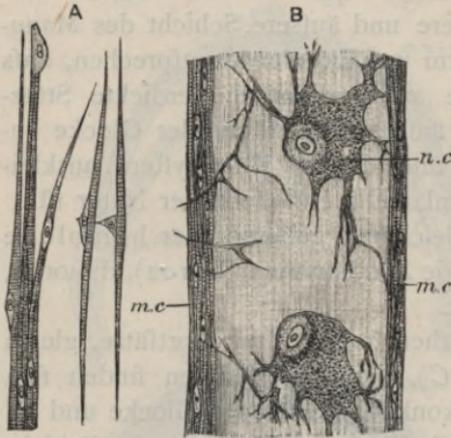
Die Ektodermzellen des Hydranthen tragen Muskelfortsätze, gleich denen der Hydra (S. 170, Fig. 51, *C*), bei den Medusen finden sich ähnliche Fortsätze auf der inneren konkaven Seite der Glocke und im Velum. Zuweilen jedoch tritt an die Stelle dieser Fortsätze eine Schicht spindelförmiger Fasern (Fig. 56, *A*), welche vielmal länger als breit sind und deren jede einen Kern besitzt. Solche Muskelfasern sind offenbar stark in die Länge gestreckte Zellen, so daß die Ektodermzelle der Hydra mit dem zugehörigen Muskelfortsatz hier durch eine Ektodermzelle mit angrenzender Muskelzelle vertreten wird. Es bildet sich auf diese Weise zum Teil eine mittlere Zellschicht zwischen Ektoderm und Endoderm neben der gallertigen Stützlammelle aus, und so zeigt der Hydroidpolyp, welcher wie Hydra diploblastisch ist (S. 169), die Tendenz, einen dreischichtigen oder triploblastischen Bau anzunehmen. Die Muskelfortsätze und Muskelzellen der Medusen weichen von denen der Hydranthen dadurch ab, daß sie eine feine Querstreifung erkennen lassen (Fig. 56 a. f. S.).

Früher oder später lösen sich die Medusen von der Hydroidkolonie und beginnen ein selbständiges Leben. In diesem Zustande bewirkt die rhythmische — d. h. die in regelmäßigen Zeitabständen erfolgende — Kontraktion der Muskeln der Glocke eine abwechselnde Kontraktion und Expansion des ganzen Organes, so daß abwechselnd Wasser aus derselben ausgestoßen und wieder aufgenommen wird. Die selbstverständliche Folge davon ist, daß die Meduse stofsweise durch das Wasser fortgetrieben wird.

Noch einen andern wichtigen Punkt in der Struktur der Meduse haben wir bisher nicht berücksichtigt. An der Grenze zwischen dem

Velum und dem Rande der Glocke liegt unmittelbar unterhalb des Ektoderms eine Schicht eigentümlicher, verzweigter Zellen (Fig. 56, *B, n. c.*), welche große Kerne enthalten und in lange, faserförmige Fortsätze auslaufen. Diese Nervenzellen (S. 173) sind so angeordnet, daß sie einen doppelten Ring um den Rand der Glocke bilden (Fig. 55, *D, nv*), einen Ring unmittelbar über, den andern (*nv<sup>1</sup>*) unmittelbar unter der Infertion des Velums. Ein unregelmäßiges Netz von ähnlichen Zellen und Fasern begegnet uns an der inneren oder konkaven Fläche

Fig. 56.



*A* Muskelfasern von der Innenfläche der Glocke der Meduse eines Hydroidpolypen (*Eucopella campanularia*), zeigt Kern und Querstreifung.

*B* Teil des Nervenringes derselben Art, zeigt zwei große Nervenzellen (*n. c.*) und jederseits Muskelfasern (*m. c.*) Nach von Lendenfeld.

werte Differenzierung ihrer Gewebe erfahren hat. Ihre gewöhnlichen Ektodermzellen, statt groß und im hohen Maße kontraktile zu fein, bilden kaum mehr als eine dünne zellige Haut oder ein Epithel über der gallertigen Mesogloea, sie haben die Fähigkeit der Kontraktilität größtenteils an die Muskelfortsätze oder -Fasern abgegeben und die Funktion einer schützenden und sensiblen Schicht übernommen.

In gleicher Weise ist die Fähigkeit selbständiger, willkürlicher Bewegung, welche bei Hydra dem ganzen Körper zukam, einer Gruppe besonders differenzierter Ektodermzellen übertragen, welche das Centralnervensystem ausmachen. Wenn eine Hydra in eine Anzahl von Stücken zer schnitten wird, so ist jedes derselben im Stande, die gewöhnlichen Expansions- und Kontraktionsbewegungen auszuführen, entfernt man jedoch den Nervenring einer Meduse, indem man den Rand der Glocke abschneidet, so hören die rhythmischen Schwimmbewegungen gänzlich auf, die Glocke ist tatsächlich dauernd gelähmt.

der Glocke, zwischen dem Ektoderm und der Muskelfaserschicht. Die Gefamtheit derselben bildet das Nervensystem der Meduse, der doppelte Nervenring ist das centrale, das Netz das peripherische Nervensystem.

Einige der Nervenzellenfortsätze stehen in Verbindung mit gewöhnlichen Ektodermzellen, welche das Nervensystem zufügen in Verbindung mit der Außenwelt bringen, andere stehen, wenigstens in manchen Fällen, wahrscheinlich in direktem Zusammenhange mit Muskelfasern.

Wir sehen also, daß, während das Manubrium der Meduse denselben einfachen Bau besitzt wie ein Hydranth, oder, was auf dasselbe herauskommt, eine Hydra, die Glocke eine sehr bemerkens-

Sie verliert jedoch dadurch nicht jede Bewegungsfähigkeit, denn ein starker Druck, d. h. ein von außen kommender Reiz, ruft eine einmalige Kontraktion hervor, welche zeigt, daß die Muskeln ihre Reizbarkeit noch besitzen. Aber ohne äußeren Reiz findet keine Bewegung statt; jeder Reiz erzeugt unfehlbar nur eine einzige Kontraktion; die ursprünglich dem ganzen Tiere zukommende Fähigkeit selbständiger, willkürlicher Bewegung, d. h. die Fähigkeit, in sich selbst eigene Bewegungsreize zu erzeugen, ist gleichzeitig mit dem Centralnervensystem verloren gegangen.

Einen weiteren Beweis morphologischer und physiologischer Differenzierung liefern die Pigmentflecke oder Ocellen (Fig. 54, C, *oc*) am Grunde der Tentakel. Sie bestehen aus Gruppen von Ektodermzellen, in welchen tiefrote Pigmentkörnchen abgelagert sind. Über ihre Funktion belehrt folgender Versuch:

Bringt man eine Anzahl von Medusen in einem Glasgefäße mit Wasser in einen dunklen Raum und läßt einen Lichtstrahl von einer Laterne durch das Wasser fallen, so beobachtet man, daß alle Tiere sich in der Bahn desselben zusammendrängen, sie sind also augenscheinlich lichtempfindlich und werden durch das Licht angelockt. Entfernt man jedoch die Ocellen, so ist das nicht mehr der Fall; die Medusen suchen den Lichtstrahl nicht mehr auf und vermögen nicht mehr, Licht und Dunkelheit zu unterscheiden. Die Ocellen sind also Sehorgane.

Bei *Zoothamnium* sehen wir, daß den beiden Formen der Zooide beziehungsweise die Funktion der Ernährung und der Fortpflanzung zukam, daß die Mehrzooide sich ablösen und fortzuschwammen, um anderswo eine neue Kolonie zu begründen (S. 102).

Dies ist in gleicher Weise bei *Bougainvillea* der Fall. Die Hydranthen sind reine Nährzooide, die Medusen, wenn sie auch im Stande sind, sich zu ernähren, werden speziell als Mehrzooide bezeichnet. Die Gonaden finden sich in der Wandung des Manubriums, zwischen dem Ektoderm und Endoderm, einige Medusen bringen nur Ovarien, andere nur Spermarien hervor. Während also *Hydra* monöcisfch ist, da männliche und weibliche Gonaden in demselben Individuum vorkommen, ist *Bougainvillea* diöcisfch, indem gewisse Individuen nur männliche, andere nur weibliche Geschlechtsprodukte entwickeln.

Bei einigen Hydroiden hat man beobachtet, daß die Sexualzellen, aus welchen die Eier und die Spermien sich entwickeln, nicht in dem Manubrium der Meduse entstehen, sondern anscheinend in dem Stamme der Hydroidkolonie, dann, während sie noch klein und unentwickelt sind, ihrem endgültigen Platze zuwandern und dort ihre abschließende Entwicklung durchmachen<sup>1)</sup>. Bei *Bougainvillea* jedoch sollen die Fortpflanzungsprodukte im Manubrium entstehen.

<sup>1)</sup> Diese Wanderung der Sexualzellen macht die Frage nach ihrem Ursprungsort in vielen Fällen zu einer sehr schwierigen. Bei einigen Hydroiden entstehen

Die Medusen lösen sich, wenn sie reif sind, ab und schwimmen von der Hydroidkolonie fort. Die Spermien der männlichen Tiere werden ins Wasser entleert und gelangen in die Ovarien der weiblichen, wo sie die Eier befruchten und sie in gewöhnlicher Weise in Oospere umwandeln.

Die Veränderungen, durch welche das Oosperm oder der einzellige Embryo eines Hydroidpolypen sich in das erwachsene Tier umwandelt, sind sehr merkwürdig.

Der Prozeß beginnt damit, daß das Oosperm, während es noch im mütterlichen Körper eingeschlossen ist (Fig. 57, *A*), sich teilt, so daß ein zweizelliger Embryo gebildet wird (*B*). Jede der zwei Zellen teilt sich von neuem (*C*), und dieser Vorgang wiederholt sich, so daß der Embryo der Reihe nach aus 2, 4, 8, 16, 32 Zellen u. s. f. gebildet wird, bis endlich durch wiederholte Teilung der einen großen Zelle, welche den Ausgangspunkt der Entwicklung bildete, eine kugelige Masse von kleinen Zellen entstanden ist. Man hat den Embryo in diesem Zustande mit einer Maulbeere verglichen und ihn als Morula oder Polyplast bezeichnet.

So lange sind alle Zellen des Polyplasten gleich — kugelige, kernhaltige Protoplasmamassen, welche durch gegenseitigen Druck sich zu polyedrischen Körpern geformt haben. Aber bald darauf ändern die zunächst der Oberfläche liegenden Zellen ihre Gestalt, werden cylindrisch und stellen sich mit ihrer Längsachse radial (*F*). Auf diese Weise differenziert sich eine oberflächliche Zellenlage, oder ein Ektoderm, gegenüber der inneren Masse, dem Endoderm.

Der Embryo nimmt nunmehr eine längliche Form an (*G*) und beginnt langsame, wurmartige Bewegungen auszuführen, schlüpft schließlich aus dem Muttertier aus und beginnt ein selbständiges Leben (*H*). Man bemerkt nunmehr, daß die Ektodermzellen bewimpert sind und bald darauf bildet sich in der bisher soliden Masse der Endodermzellen ein Hohlraum; es ist dies die erste Andeutung der Darmhöhle oder Verdauungshöhle. In diesem Stadium nennt man den Embryo eine Planula; er schwimmt langsam mittels feiner Cilien durch das Wasser, das breitere Ende bei der Bewegung nach vorn richtend. Er verliert alsdann seine Cilien, läßt sich auf einem Steine, einem Schaltier, einer Seepflanze oder einem andern submarinen Gegenstande nieder und nimmt eine senkrechte Stellung an, indem er sich mit seinem breiteren Ende auf dem Grunde anheftet (*I*).

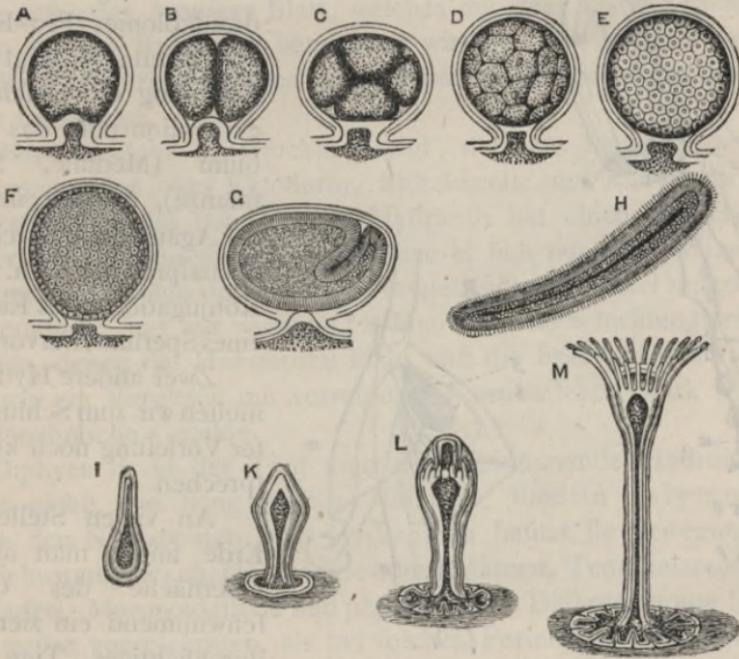
Das festsetzende oder proximale Ende verbreitert sich zu einer Haftscheibe, eine Erweiterung bildet sich in kurzer Entfernung an dem freien oder distalen Ende und von der ganzen Oberfläche des Ektoderms wird eine dünne Cuticula abgefondert (*K*). Von dem erweiterten Teile ent-

---

sie jedenfalls im Ektoderm, wandern jedoch in einem sehr frühen Stadium in das Endoderm ein.

springen im Kreise kurze Knospen; dies sind die Anlagen der Tentakel, der verschmälerte Teil oberhalb ihres Ursprunges wird zum Hypostom (*L*). Alsbald reißt die das Distale bedeckende Cuticula und setzt so die wachsenden Tentakel in Freiheit (*M*), eine Öffnung, der Mund, bildet

Fig. 57.



Entwicklungsstadien zweier Hydroidpolypen, *Laomedea flexuofa* (*A—H*) und *Eudendrium ramofum* (*I—M*).

*A* Oosperm.

*B* zweizelliges } Stadium.

*C* vierzelliges }

*D, E* Polypluteus.

*F, G* Bildung der Planula durch Differenzierung von Ektoderm und Endoderm.

In *A—G* ist der Embryo vom mütterlichen Gewebe umhüllt.

*H* frei schwimmende Planula, zeigt das bewimperte Ektoderm und das eine schmale Darmhöhle einschließende Endoderm.

*I* Planula nach Verlust der Cilien, im Begriff sich anzuheften.

*K* dieselbe nach der Anheftung.

*L* Hydra-ähnliches Stadium, noch in der Cuticula eingeschlossen.

*M* dasselbe nach dem Zerreißen der Cuticula und der Befreiung der Tentakel. (Nach Allmann.)

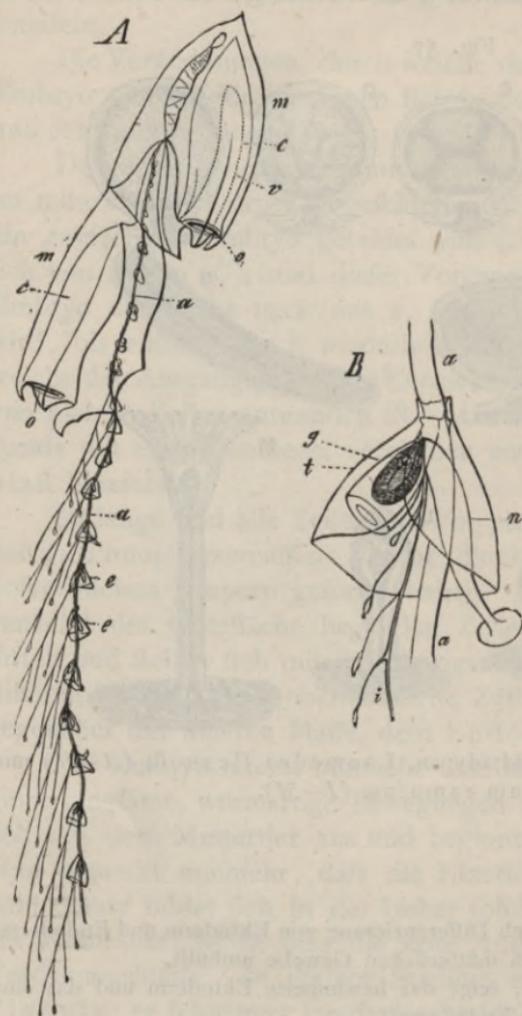
sich am Ende des Hypostoms und das junge Hydroid gleicht nun in sehr hohem Maße einer Hydra mit einer breiten Haftscheibe und einer den größten Teil des Körpers bedeckenden Cuticula.

Alsbald findet ausgiebige Knospung statt, und das Resultat derselben ist die Bildung einer gewöhnlichen Hydroidkolonie.

So entwickelt sich aus dem Oosperm oder der befruchteten Eizelle der Meduse eine Hydroidkolonie, während die Meduse durch Knospung

aus der Hydroidkolonie hervorgeht. Die Ähnlichkeit mit dem Verhalten von *Nitella* (S. 165) wird auf den ersten Blick auffallen. In beiden

Fig. 58.



#### *Diphyes campanulata*.

*A* ganze Kolonie, nat. Gr., zeigt den Stamm (*a*), welcher Gruppen von Zooiden (*e*) und zwei Schwimglocken (*m, m*) trägt, deren Öffnungen mit *o* bezeichnet sind.

*B* eine der in *A* mit *e* bezeichneten Gruppen von Zooiden zeigt den gemeinsamen Stamm (*a*), den Hydranth (*n*), das Medusoid (*g*), die Braktee (*t*) und den verzweigten Tentakel oder Fangfaden (*i*). Aus Gegenbaur.

erweiterten, trompetenförmigen Munde, durch welchen Futter aufgenommen wird; dies ist offenbar ein Hydranth. Von der Basis des Hydranthen geht ein einziger, langer, verästelter Tentakel oder ein »Fangfaden« (*i*)

Fällen findet ein Generationswechsel statt, die ungeschlechtliche Generation oder das Agamobium (Hydroidkolonie, Pro-Embryo von *Nitella*) erzeugt durch Knospung die Geschlechts- generation oder das Gambioium (Medusa, *Nitella*-pflanze), welche ihrerseits das Agamobium durch einen Sexualprozess, d. h. durch Konjugation eines Eies und eines Spermias, hervorbringt.

Zwei andere Hydroiden müssen wir zum Schlusse dieser Vorlesung noch kurz besprechen.

An vielen Stellen der Erde findet man auf der Oberfläche des Oceans schwimmend ein zierliches, durchsichtiges Tier, welches den Namen *Diphyes* führt. Es besteht aus einem langen, schlanken Stamm, (Fig. 58, *A, a*), der an einem Ende zwei sogenannte Schwimglocken (*m, m*) trägt, die in ihrer Form etwa einem Pfeifenkopf gleichen, während rings um den Stamm in gewissen Abständen Gruppen von Gebilden (*e*) entspringen, deren eine in vergrößertem Mafsstabe bei *B* dargestellt ist.

Jede Gruppe enthält zunächst einen röhrenförmigen Körper (*B, n*) mit einem er-

aus, welcher reichlich mit Nesselkapfeln ausgestattet ist. In der Nähe der Basis des Hydranthen entspringt aus dem Stamm ein als Medufoid (*g*) bezeichneter Körper, welcher einer Art unvollkommener Medusen sehr ähnlich ist, und gleich einer solchen Gonaden enthält. Endlich, alle diese Gebilde umschließend, etwa wie das weisse, petaloide Deckblatt des gewöhnlichen Aronstabes den Blütenstand einschließt, ein zartes, gefaltetes, häutiges Blatt, welches mit dem aus der Botanik entlehnten Namen Braktee bezeichnet wird<sup>1)</sup>. Der ganze Organismus wird durch die rhythmischen Kontraktionen der Schwimglocken im Wasser fortbewegt.

Mikroskopische Untersuchung zeigt, daß der Stamm, gleich dem der *Bougainvillea*, aus Ektoderm, Stützlamelle und Endoderm besteht, aber keine Cuticula besitzt. Der Hydranth hat einen ähnlichen Bau, wie der der *Bougainvillea*, von welchem er sich nur durch feine Gestalt und durch das Fehlen der den Mund umgebenden Tentakel unterscheidet; die Medufoide sind nur vereinfachte Medusen, die Schwimglocken sind Medusen, denen das Manubrium fehlt, und die Brakteen und Fangfäden sind, wie ein Vergleich mit verwandten Formen lehrt, stark veränderte medusenähnliche Gebilde.

*Diphyes* ist in der That eine frei schwimmende Hydroidkolonie, welche nicht, wie *Bougainvillea*, dimorph, sondern polymorph ist. Außer den Nährzoiden oder Hydranthen besitzt sie Bewegungszooide oder Schwimglocken, Deckzooide oder Brakteen, Tentakularzooide oder Fangfäden. Morphologische und physiologische Differenzierung sind demnach weiter vorgeschritten, als bei solchen Formen, wie *Bougainvillea*.

*Porpita* ist ein anderes frei schwimmendes Hydroid, welches auf den ersten Blick keinerlei Ähnlichkeit mit *Diphyes* zeigt. Sie hat ungefähr das Aussehen einer flachen Meduse (Fig. 59, a. f. S.), und besteht aus einer kreisförmigen, oben schwach konvexen und unten konkaven Scheibe, welche rings am Rande eine Zahl dicht stehender Tentakel und an ihrer Unterseite ein centrales, röhrenförmiges Organ (*hy*) mit einem terminalen Munde trägt, gleich dem Manubrium einer Meduse, und umgeben von einer großen Zahl von Gebilden, welche hohlen Tentakeln ähnlich sind (*hy*<sup>1</sup>). Der scheibenförmige Körper wird durch eine Art von Schale gestützt, welche knorpelige Konsistenz besitzt und in lufthaltige Kammern geteilt ist (*B, sh*).

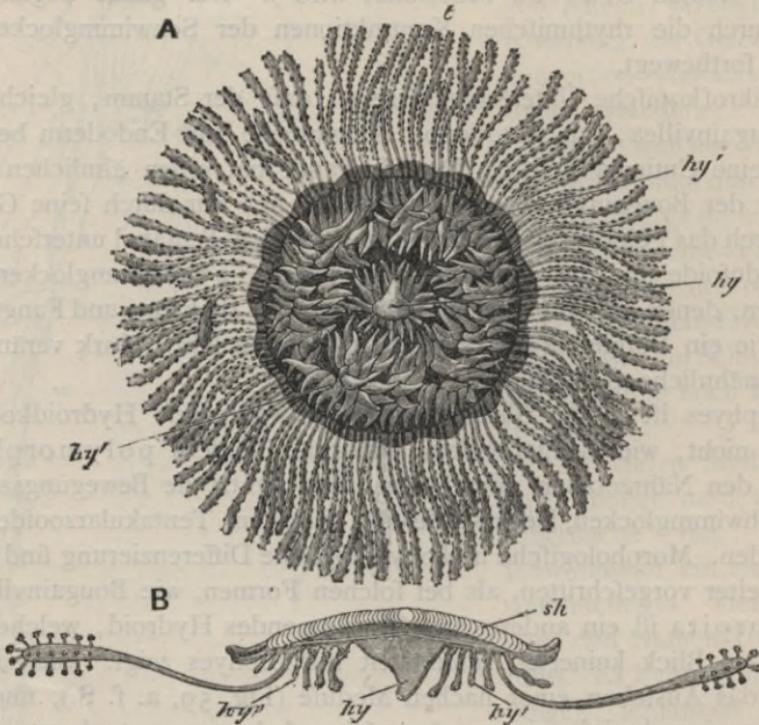
Genaue Beobachtung lehrt, daß der Manubrium-ähnliche Körper (*hy*) an der Unterseite ein Hydranth ist, daß die kurzen, hohlen, tentakelförmigen Körper (*hy*<sup>1</sup>), welche denselben umgeben, mundlose Hydranten sind und daß die Scheibe dem gemeinsamen Stamm von *Diphyes* und *Bougainvillea* entspricht. So ist *Porpita* nicht, wie es auf den ersten Anblick scheint, ein einziges Individuum, wie eine Meduse oder eine

<sup>1)</sup> Brakteen werden in der Botanik die Deckblätter genannt, aus deren Achseln die Blüten entspringen. Anm. d. Übersetzers.

Hydra, sondern eine Kolonie, deren einzelne Zooide infolge einer weitgehenden Teilung der physiologischen Arbeit so modifiziert sind, daß die ganze Kolonie den Charakter eines einzigen, physiologischen Individuums annimmt.

Es wurde in der vorigen Vorlesung ausgeführt, daß Hydra, während sie morphologisch das Äquivalent einer unbegrenzten Zahl einzelliger

Fig. 59.



A *Porpita pacifica* (nat. Gr.), von unten gesehen, zeigt den scheibenförmigen Stamm, umgeben von Tentakeln (*t*), einen einzelnen funktionsfähigen (*hy*) und zahlreiche mundlose Hydranthen (*hy*<sup>1</sup>).

B Querschnitt durch *P. mediterranea*, zeigt die gegenseitige Stellung des funktionsfähigen (*hy*) und der mundlosen (*hy*<sup>1</sup>) Hydranthen, der Tentakel und der gekammerten Schale (*sh*).

Organismen ist, doch physiologisch ein einzelnes Individuum darstellt, da ihre Zellen so differenziert und miteinander vereinigt sind, daß sie ein Ganzes bilden. Ein weiteres Stadium dieses selben Prozesses sehen wir bei *Porpita*, in welcher nicht nur die Zellen, sondern auch die Zooide, deren jedes einzeln das morphologische Äquivalent einer ganzen Hydra ist, so kombiniert und differenziert sind, daß sie eine Kolonie bilden, welche vom physiologischen Gesichtspunkte aus als ein einziges Individuum erscheint.

## Vierundzwanzigte Vorlesung.

### Spermatogenefis und Oogenefis.

### Die Reifung und Befruchtung des Eies. Die Beziehungen zwischen einzelligen und zweifchichtigen Tieren.

---

In den vorhergehenden Vorlesungen wurde mehr als einmal angegeben, dafs Spermien aus gewöhnlichen, undifferenzierten Zellen des Spermariums hervorgehen, und dafs Eier durch Vergrößerung ähnlicher Zellen im Ovarium entstehen. Die Befruchtung wurde gleichfalls als Konjugation oder Verschmelzung von Ei und Sperma beschrieben. Wir haben nunmehr weiter im Einzelnen zu betrachten, was wir über die Entwickelungsweise der Spermien (Spermatogenefis) und Eier (Oogenefis) wissen, und ebenso die einzelnen Schritte des Weges, auf welchem durch die Vereinigung der beiden Sexualelemente ein Oosperm oder ein einzelliger Embryo gebildet wird. Die folgende Beschreibung bezieht sich zunächst auf die Tiere; neuere Forschungen zeigen jedoch, dafs im Wesentlichen die gleichen Vorgänge bei den Pflanzen stattfinden.

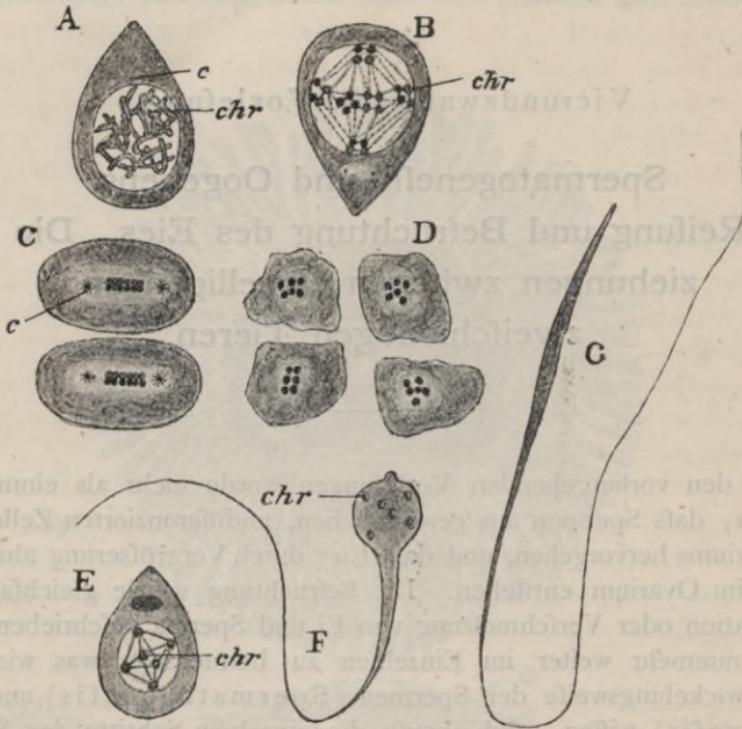
Sowohl Ovarium als Spermarium sind zuerst aus Zellen gewöhnlicher Art zusammengesetzt, den primitiven Geschlechtszellen, und erst durch die weitere Entwickelung derselben wird das Geschlecht der Gonade bestimmt.

Im Spermarium erfahren die Geschlechtszellen wiederholte Teilungen (Fig. 60, *A*), und bilden die sogenannten Samenmutterzellen (*B*). Diese hat man in mehreren Fällen durch eine besondere Eigentümlichkeit des Kerns ausgezeichnet gefunden. Wir sehen (S. 49), dafs die Zahl der Chromosomen in einem gegebenen Tier konstant ist, dafs sie jedoch zwischen verschiedenen Species erheblich wechselt. Bei der Bildung der Samenmutterzellen aus den primitiven Geschlechtszellen verdoppelt sich ihre Zahl. Bei der Maulwurfsgrille beispielsweise (vergl. Fig. 60, a. f. S.) enthalten die Samenmutterzellen vierundzwanzig Chromo-

fomen, während die gewöhnlichen Körperzellen, die primitiven Geschlechtszellen mit einbegriffen, deren nur zwölf enthalten.

Die Samennutterzelle teilt sich nunmehr (C), die Chromofomen spalten sich jedoch nicht in der gewöhnlichen Weise (S. 50, Fig. 10),

Fig. 60.



#### Spermatogenefis bei der Maulwurfgrille (*Gryllotalpa*).

*A* primitive Geschlechtszelle, die sich eben zur Teilung anschickt, mit zwölf Chromofomen (*chr*). *c* Centrofom.

*B* Samennutterzelle, durch Teilung von *A* gebildet, vierundzwanzig Chromofomen enthaltend. Das Centrofom hat sich in zwei geteilt.

*C* die Samennutterzelle hat sich durch eine Reduktionsteilung in zwei geteilt, jede Tochterzelle enthält zwölf Chromofomen.

*D* jede Tochterzelle hat sich wieder in derselben Weise geteilt, es ist eine Gruppe von vier Spermazellen gebildet, jede mit sechs Chromofomen.

*E* einzelne Spermazelle im Begriff, sich in die Länge zu strecken und ein Sperma zu bilden.

*F* unreifes Sperma; die sechs Chromofomen sind im Kopf noch sichtbar.

*G* völlig entwickeltes Sperma.

Nach vom Rath.

fondern in jede Tochterzelle geht eine Hälfte der Gesamtzahl — in unfem Falle zwölf — über; auf diese Weise werden zwölf Zellen mit der normalen Zahl von Chromofomen gebildet. Der Teilungsvorgang wiederholt sich unmittelbar auf dieselbe Weise (*D*) und das Resultat ist nun, dafs jede Samennutterzelle eine Gruppe von vier Zellen hervor-

gebracht hat, deren jede die Hälfte der gewöhnlichen Zahl von Chromosomen enthält — in unfem Falle also sechs. Die auf diese Weise gebildeten Zellen sind die unreifen Spermien (*E*); in der Mehrzahl der Fälle verlängert sich das Protoplasma derselben stark, und verwandelt sich in einen langen, beweglichen Faden, den Schwanz des Spermas (*F*, *G*), während der Kern zu dem mehr oder weniger spindelförmigen Kopf desselben wird.

So ist das Sperma oder der männliche Gamet eine wahre Zelle, die in den meisten Fällen behufs aktiver Beweglichkeit besonders modifiziert ist; der Kopf desselben, welcher den Kern repräsentiert, ist bei der Bewegung vorwärts gerichtet, der lange Schwanz, welcher vom Protoplasma gebildet wird, rückwärts. Die Bewegungsrichtung ist also der einer Monade (S. 19), mit welcher ein Sperma eine gewisse Ähnlichkeit besitzt, gerade entgegengesetzt. Bei manchen Tieren sind die Spermien nicht beweglich, und bei einigen gleichen sie durchaus gewöhnlichen Zellen.

Die oben beschriebene besondere Art der Kernteilung, durch welche die Zahl der Chromosomen in der Spermamutterzelle auf die Hälfte reduziert wird, nennt man eine Reduktionsteilung.

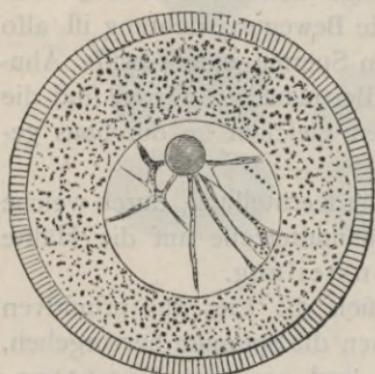
Wie bereits angegeben, entwickeln sich die Eier aus primitiven Geschlechtszellen, welche denen, aus welchen die Spermien hervorgehen, durchaus gleichen. Dieselben teilen sich und erzeugen Eimutterzellen, in welchen, wie bei den Samenmutterzellen, die Zahl der Chromosomen verdoppelt erscheint. Die Eimutterzelle teilt sich nicht fogleich, sondern bleibt passiv und nimmt durch Absorption von Nahrungstoffen aus der Umgebung oft außerordentlich stark an Größe zu; auf diese Weise wird jede Eimutterzelle zu einem Ei. Zuweilen werden die Nährstoffe einfach auf osmotischem Wege eingeführt, in andern Fällen jedoch nimmt das wachsende Ei aktiv nach Art der Amöben Nachbarzellen in sich auf. So überwiegen in dem sich entwickelnden Ei die konstruktiv-metabolischen Prozesse weit über die destruktiven.

Wir sahen in der zweiten Vorlesung (S. 24), daß die Produkte des destruktiven Metabolismus entweder in Form von Auswurfstoffen abgegeben, oder in Form plastischer Stoffe als integrierende Bestandteile des Organismus aufgespeichert werden können. In dem sich entwickelnden Ei findet außer dem Wachstum der Protoplasma-masse selbst gewöhnlich auch noch eine Bildung von plastischen Stoffen in außerordentlichem Maße statt. Bei den Pflanzen kann das Material in Form von Stärke, wie bei *Nitella* (S. 163), von Öl oder von Eiweißsubstanzen aufgespeichert werden, bei den Tieren besteht es aus runden oder eckigen Körnern von Eiweißsubstanz, welche unter dem Namen der Dotterkügelchen bekannt sind. Da diese im Protoplasma gelagert sind, wie die Rosinen im Pudding, so bewirken sie, daß das ausgebildete Ei undurchsichtig ist, so daß sein Bau oft nur auf Schnitten erkannt werden kann. Wenn die Menge des Dotters sehr groß ist, so kann das Ei eine

verhältnismäßig enorme Gröfse erreichen, wie beispielsweise bei den Vögeln, deren »Dotter«, wie bereits (S. 53) erwähnt, einfach eine ungeheuer grofse Eizelle ist.

In völlig ausgebildetem Zustande besteht das typische Ei aus einer mehr oder weniger kugeligen Protoplasmamasse, welche gewöhnlich eine netzförmige Struktur besitzt und eine gröfsere oder geringere Menge von Dotterkörnchen einschließt. Den Zellkörper umgibt gewöhnlich eine Zellwand oder Cuticula von oft beträchtlicher Dicke, die sogenannte Dotterhaut (*Membrana vitellina*). Der Kern ist grofs und zeigt die gewöhnlichen Bestandteile (S. 48) — Kernmembran, Kernmatrix und Chromatin. In der Regel ist ein deutlich erkennbarer Nucleolus vorhanden, welcher oft als Keimfleck bezeichnet wird, während der Kern Keimbläschen genannt wird.

Fig. 61.



Ei eines Seeigels (*Toxopneustes lividus*), zeigt die radial gestreifte Zellwand (Dotterhaut), das Protoplasma mit Dotterkügeln, den grofsen Kern (Keimbläschen) mit feinem Chromatinnetz und einem grofsen Nucleolus (Keimfleck). — Aus Balfour nach Hertwig.

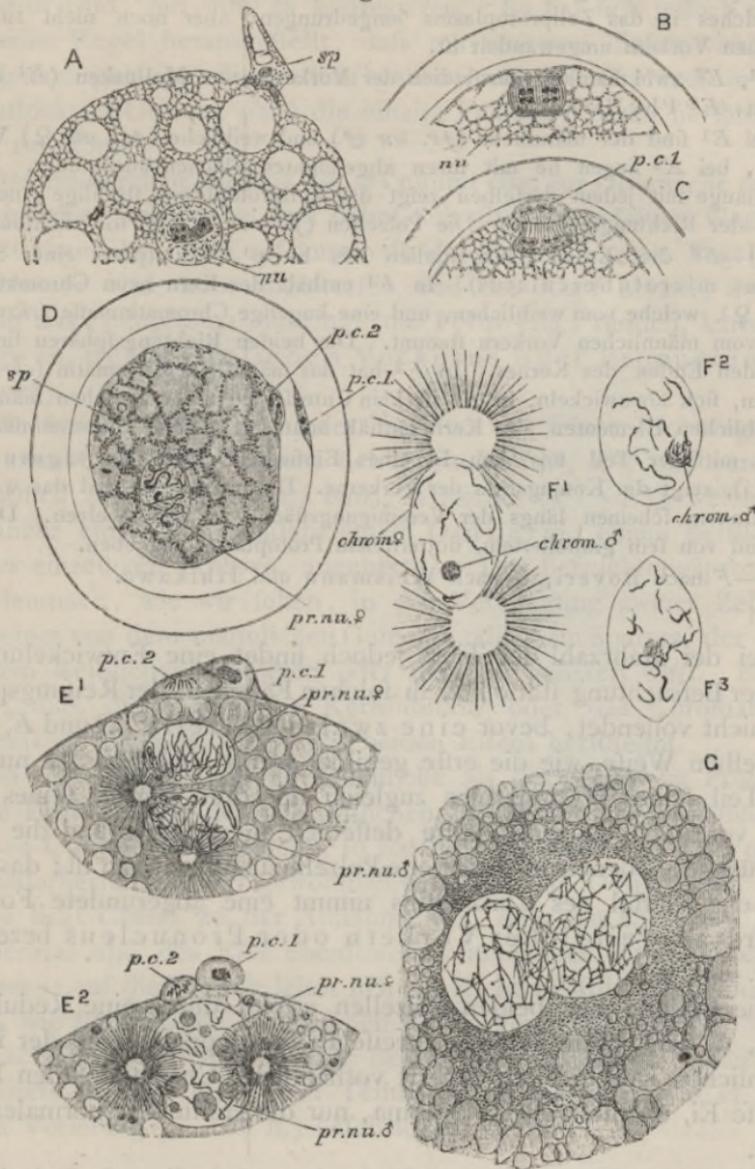
Ein solches ausgebildetes Ei kann jedoch noch nicht befruchtet werden, oder sich zu einem Embryo entwickeln; bevor es zur Konjugation mit einem Sperma reif oder im Stande ist, die ersten Stadien der Dotterfurchung zu vollziehen, mufs es einen Prozeß durchmachen, welchen man als die Reifung des Eies zu bezeichnen pflegt.

Die Reifung besteht im Wesentlichen aus einem zweimal wiederholten Zellteilungsprozefs. Der Kern (Fig. 62, *A*, *nu*) verliert seine Membran, wandert

nach der Oberfläche des Eies und nimmt die Form einer gewöhnlichen Kernspindel an (*B*, *nu*, f. S. 49). Darauf wächst das Protoplasma in eine kleine Hervorragung oder Knospe aus, in welche ein Ende der Spindel hineinragt (*C*). Darauf erfolgt der gewöhnliche Vorgang der Kernteilung (Fig. 10, S. 50), einer der Tochterkerne verbleibt in der Knospe, der andere im Ei selbst. Der Kernteilung folgt, wie gewöhnlich, die Teilung des Protoplasmas, und die Knospe trennt sich als kleine Zelle ab, und wird als erste Polzelle (*C—E*, *p. c. 1*) bezeichnet.

Es wurde in einer früheren Vorlesung erwähnt (S. 150), dafs in einigen Fällen auch ein unbefruchteter weiblicher Gamet sich weiter zu entwickeln vermag, ein Prozeß, welcher bei Insekten und Crustaceen nicht unbekannt ist und als Parthenogenefis bezeichnet wird. Es ist in manchen Fällen nachgewiesen, und mag allgemein zutreffen, dafs in solchen Fällen das Ei nach der Entwicklung der ersten Polzelle sich zu entwickeln beginnt. So scheint bei parthenogenetischen Eiern die Reifung mit der Abtrennung einer einzigen Polzelle beendet zu sein.

Fig. 62.



## Die Reifung und Befruchtung des tierischen Eies.

*A* Teil des Eies eines Spulwurmes (*Ascaris megalocephala*), zeigt das Spermia im Akt der Konjugation (*sp*) und den noch unveränderten Eikern (*nu*), da *Ascaris* ein Tier ist, bei welchem die Konjugation von Ei und Spermia der Reifung des ersteren vorangeht. Im Kern ist Kernmembran, Matrix und eine bandförmige Chromatinmasse sichtbar. Das Spermia von *Ascaris* ist von eigentümlicher Form und unbeweglich.

*B* dasselbe beim Beginn der Reifeerscheinungen. Der Kern (*nu*) ist an die Peripherie des Eies gewandert und hat Spindelform angenommen. In dieser und den beiden nächsten Figuren ist die Dotterhaut dargestellt.

*C* Bildung der ersten Polzelle (*p. c. 1*).

*D* das ganze Ei nach Abschluss der Reifeerscheinungen, zeigt die beiden Polzellen, deren erste (*p. c. 1*) der Dotterhaut, die zweite (*p. c. 2*) der Oberfläche

des Protoplasmas anliegt; den weiblichen Vorkern (*pr. nu* ♀) und das Sperma (*sp*), welches in das Zellprotoplasma eingedrungen, aber noch nicht zu einem männlichen Vorkern umgewandelt ist.

$E^1$ ,  $E^2$  zwei Konjugationsstadien der Vorkerne von Mollusken ( $E^1$  Pterotrachea,  $E^2$  Phyllirhoë).

Bei  $E^1$  sind der männliche (*pr. nu* ♂) und weibliche (*pr. nu* ♀) Vorkern getrennt, bei  $E^2$  liegen sie mit ihren abgeflachten Flächen aneinander. Im Zusammenhange mit jedem derselben zeigt das Zellprotoplasma strahlige Anordnung um eine der Richtungssphären. Die Polzellen (*p. c. 1*, *p. c. 2*) sind sichtbar.

$F^1$ — $F^3$  drei Entwicklungsstadien des Kerns im Oosperm eines Seeigels (*Echinus microtuberculatus*). In  $F^1$  enthält der Kern neun Chromatinfäden (*chrom.* ♀), welche vom weiblichen, und eine kugelige Chromatinmasse (*chrom.* ♂), welche vom männlichen Vorkern stammt. Die beiden Richtungssphären liegen an den beiden Enden des Kernes. In  $F^2$  hat das männliche Chromatin (*chrom.* ♂) begonnen, sich abzuwickeln, in  $F^3$  ist kein Unterschied mehr zwischen männlichen und weiblichen Elementen, der Kern enthält achtzehn gleiche Chromatinfäden.

$G$  mittlerer Teil aus dem Ei eines Einsiedlerkrebse (Eupagurus Pri-deauxii), zeigt die Konjugation der Vorkerne. Das männliche und das weibliche Chromatinnetz scheinen längs der Vereinigungsfläche zu verschmelzen. Die Vorkerne sind von fein granuliertem, dotterfreiem Protoplasma umgeben.

$A$ — $F$  nach Boveri,  $G$  nach Weismann und Ishikawa.

Bei der Mehrzahl der Tiere jedoch findet eine Entwicklung erst nach der Befruchtung statt, und in solchen Fällen ist der Reifungsprozess noch nicht vollendet, bevor eine zweite Polzelle ( $D$  und  $E$ , *p. c. 2*) in derselben Weise, wie die erste gebildet wurde. Das Ei hat nunmehr einen Teil seines Protoplasmas zugleich mit drei Vierteln seines Chromatins verloren, da eine Hälfte desselben in die erste und die Hälfte des zurückgebliebenen in die zweite Polzelle übergegangen ist; das übriggebliebene Viertel des Chromatins nimmt eine abgerundete Form an und wird als weiblicher Vorkern oder Pronucleus bezeichnet ( $D$ , *pr. nu.* ♀).

Die Bildung der beiden Polzellen erfolgt durch eine Reduktionsteilung, so dass, während das unreife Ei die doppelte Zahl der in den gewöhnlichen Körperzellen der Art vorhandenen Chromatinfäden besitzt, das reife Ei, ebenso wie das Sperma, nur die Hälfte der normalen Zahl enthält.

Bei einigen Tieren hat man beobachtet, dass die erste Polzelle sich nach ihrer Trennung vom Ei teilt. In solchem Falle geht also aus der Eimutterzelle oder dem unreifen Ei eine Gruppe von vier Zellen hervor, das reife Ei und die drei Polzellen, gerade wie aus der Spermamutterzelle sich eine Gruppe von vier Zellen entwickelt, welche in diesem Falle jedoch sämtlich zu Spermien werden.

Kurz nach oder in einigen Fällen auch vor der Reifung des Eies wird das Ei befruchtet, indem ein einzelnes Sperma mit demselben konjugiert. Wie wir wiederholt gefunden haben, werden Spermien in weit größerer Zahl hervorgebracht, als Eier, und häufig kann man sehen, dass ein einzelnes Ei ganz von Spermien umgeben ist, welche alle offenbar

im Begriff sind, mit ihm zu konjugieren. Es hat sich jedoch als eine allgemeine Regel herausgestellt, daß nur eins von diesen wirklich zur Konjugation gelangt; die andern gehen, wie die Drohnen in einem Bienenstock, zu Grunde, ohne die einzige Funktion, deren sie fähig sind, erfüllt zu haben.

Das erfolgreiche Sperma ( $A, sp$ ) nimmt eine zur Oberfläche des Eies rechtwinkelige Stellung an und bahnt sich allmählich seinen Weg durch die Dotterhaut, bis sein Kopf innerhalb des Eiprotoplasmas liegt ( $D, sp$ ). Der Schwanz wird dann abgeworfen und der Kopf nimmt, indem er tiefer in das Protoplasma eindringt, die Form eines runden, kernartigen Körpers an, des männlichen Vorkerns oder Pronucleus ( $E^1, pr, nu \sigma$ ).

Die beiden Pronuclei, jeder begleitet von seiner Richtungssphäre und seinem Centrofom, nähern sich einander ( $E^1, E^2$ ) und vereinigen sich endlich zur Bildung eines einzigen Kernes ( $F^1—F^3$ ), welcher nun nicht mehr einem Ei, sondern einem Oosperm, einem befruchteten Ei oder einzelligen Embryo, angehört<sup>1)</sup>. Der Befruchtungsprozefs besteht demnach, wie wir sehen, in der Vereinigung zweier Zellkerne, deren einer von dem männlichen Gameten oder dem Sperma, der andere von dem weiblichen Gameten oder dem Ei geliefert wird. Es folgt daraus, daß die wesentliche Kernsubstanz oder das Chromatin des Oosperms zu gleichen Teilen von beiden Eltern herstammt.

Da übrigens sowohl der männliche als der weibliche Pronucleus nur die Hälfte der in den gewöhnlichen Zellen der Art vorkommenden Zahl von Chromosomen enthält, so hat die Verschmelzung der Vorkerne die Wiederherstellung der gewöhnlichen Anzahl im Oosperm zur Folge.

Es liegt Grund zu der Annahme vor, daß die Richtungssphären des Spermas und des Eies ebenfalls miteinander verschmelzen, wie ihre Kerne; auf diese Weise leitet sich die Richtungssphäre des Oosperms ebenso, wie seine Kerne, zu gleichen Teilen von beiden Eltern her.

Nachdem auf diese Weise die Befruchtung erfolgt ist, vollzieht sich der Prozefs der Furchung oder Teilung des Oosperms, wie er in der vorigen Vorlesung (S. 186 ff.) beschrieben wurde.

Zum Schlusse der gegenwärtigen Vorlesung wollen wir kurz einen Punkt besprechen, welcher dem Leser wahrscheinlich bereits aufgefallen ist. Unter den Pflanzenformen, welche bisher zu unserer Kenntnis gelangt sind, haben wir eine sehr vollständige Reihe von Übergängen gefunden, von der einfachen Zelle durch die verzweigte Zelle, das lineare und das flächenhafte, bis zum körperlichen Zellaggregat, während wir unter den bisher besprochenen Tieren auch nicht einmal einen Versuch zur Ausfüllung der sehr bedeutenden Lücke zwischen den einzelligen

1) Dieser, durch Verschmelzung der beiden Pronuclei entstandene Kern wird als Furchungskern bezeichnet. Anmerkung des Übersetzers.

Infuforien und der Hydra finden, welch letztere nicht nur ein körperliches Zellaggregat ift, fondern deren Zellen auch in zwei verschiedenen Schichten angeordnet find, und eine Verdauungshöhle umfchließen.

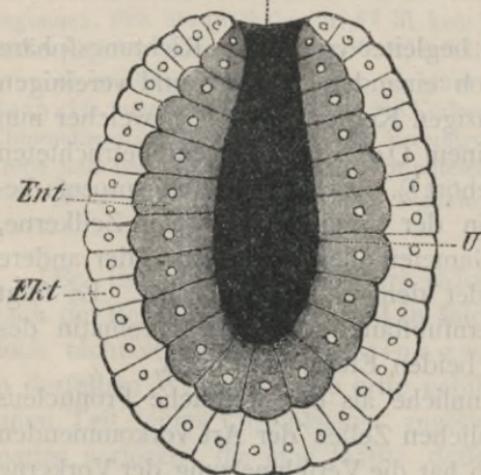
Wenn wir fragen, dafs keinerlei Verfuch zur Ausfüllung diefer Lücke gemacht worden ift, fo ift dies mit Rückficht auf die ausgebildeten Formen zu verftehen. Wenn der Lefer auf die in der vorigen Vorlefung gegebene Darftellung der Entwicklung eines Hydroidpolypen zurückgeht, fo wird er erkennen, dafs die dort befchriebenen Thatfachen uns in der That dazu verhelfen, einen möglichen Zusammenhang zwischen einzelligen Tieren und vielzelligen, zweifchichtigen Formen mit Mund und Verdauungshöhle aufzufinden.

Das Oosperm eines Hydroiden (Fig. 57, A) hat im Weftentlichen den Charakter einer Amöbe, der Polyplaft (*E*) läßt fich einer Amöbenkolonie vergleichen und die Planula (*H*) ift eine ähnliche Kolonie, deren Zooide (Zellen) dimorph und in zwei Schichten angeordnet find, mit einer centralen Verdauungshöhle, welche durch den Mund mit der Außenwelt in Verbindung fteht. Bei den Hydroiden bildet fich der Mund

erft nach dem Erfcheinen der Tentakel, aber bei einer grofsen Anzahl der höheren Tiere folgt auf das Polyplaftftadium nicht eine mundlofe Planula, fondern ein zweifchichtiger Embryo mit einem Munde an einem Ende, eine fogenannte Gastrula (Fig. 63). Es ift dies ein fehr wichtiges Stadium, da es in der denkbar einfachften Weife die weftentlichften Merkmale eines zweifchichtigen Tieres zeigt: — einen zweifchichtigen Sack mit Mund (*Blp*) und Verdauungshöhle (*U*), die äußere, bedeckende und empfindende Zellschicht (*Ekt*), und die innere, welcher die Funktion der Verdauung obliegt (*Ent*). Die Planula eines Hydroiden läßt fich als eine Gastrula betrachten, bei welcher der Mund noch nicht gebildet ift.

Ein anderer fehr wichtiger Unterfchied ift der, dafs bei einzelligen Organismen die Vermehrung entweder ungefchlechtlich durch Teilung des ganzen Individuums oder, im Falle der gefchlechtlichen Vermehrung, dadurch erfolgt, dafs zwei ganze Individuen miteinander konjugieren. Bei vielzelligen Formen hingegen ift die gefchlechtliche Fortpflanzung einzelnen Zellen übertragen.

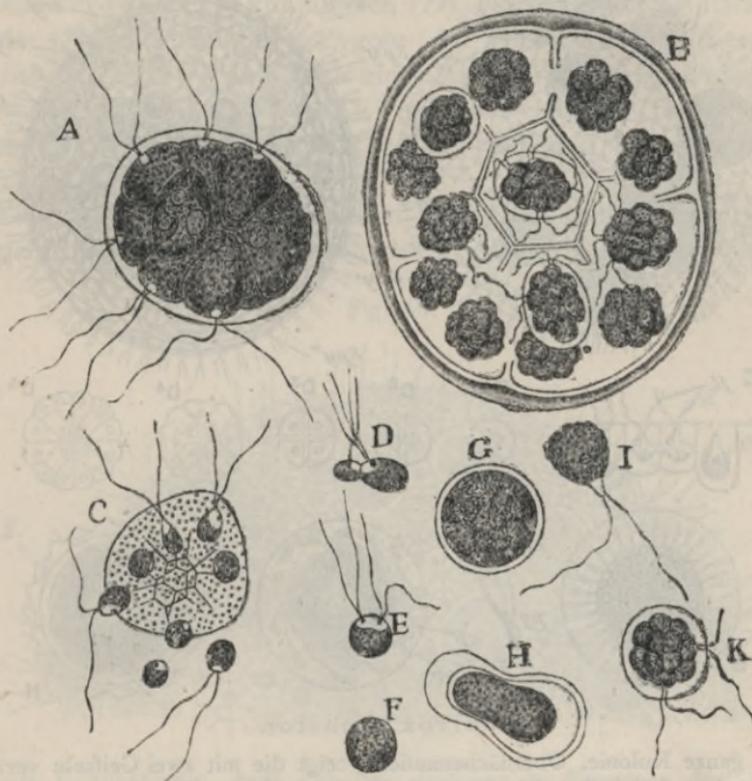
Fig. 63.

*Blp*

Eine typische tierische Gastrula im Längsschnitt, zeigt Ektoderm (*Ekt*), Endoderm (*Ent*), Darmhöhle oder Verdauungshöhle (*U*) und Mund (*Blp*). Nach Wiedersheim.

Es giebt nun verschiedene interessante Organismen, welche diese Kluft überbrücken helfen. Zwei der am leichtesten erreichbaren und am besten bekannten Formen mögen hier beschrieben werden.

Fig. 64.



Pandorina morum. Aus Goebel.

*A* ganze Kolonie, aus sechzehn geißeltragenden Zooiden bestehend, von einer gallertigen Hülle umschlossen.

*B* ungeschlechtliche Vermehrung; jedes Zooid hat sich in sechzehn Teile geteilt, welche ebensoviele Tochterfamilien bilden und noch von der gemeinsamen Hülle eingeschlossen sind.

*C* geschlechtliche Vermehrung. Die Zooide im Begriff, aus der Kolonie auszuflüchten und Gameten zu bilden.

*D* Konjugation zweier Gameten.

*E* dieselben nach vollkommener Verschmelzung.

*F* unreife Zygote.

*G* völlig ausgebildete Zygote.

*H* das Protoplasma der Zygote aus der Zellwand ausschlüpfend.

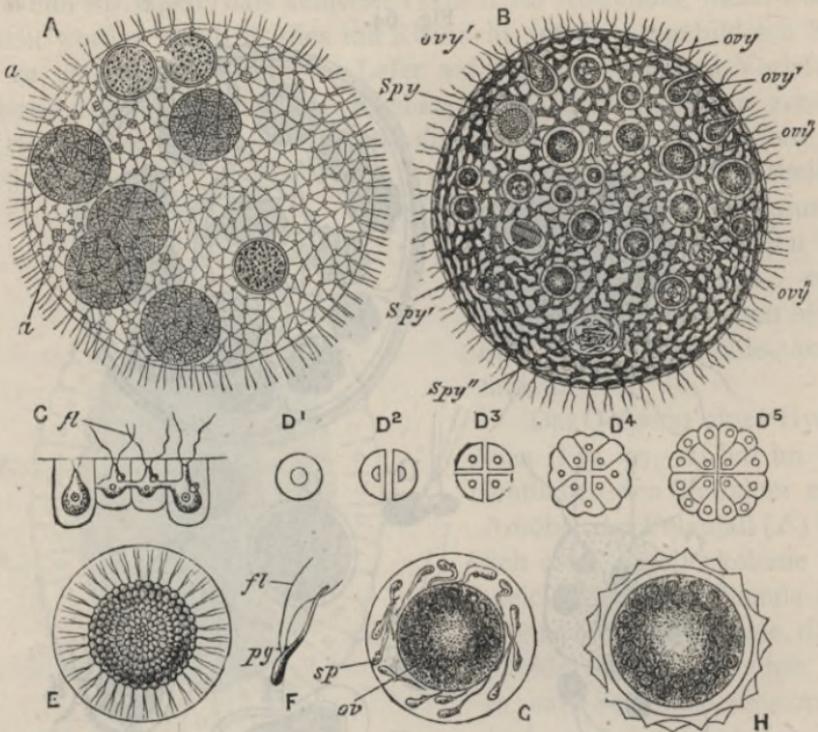
*I* dieselbe nach Entwicklung der Geißeln.

*K* dieselbe im Begriff, sich zu teilen und eine neue Kolonie zu bilden.

*Pandorina* (Fig. 64, *A*) ist eine aus sechzehn eng in einer gallertigen Hülle zusammengehäuften Zooiden bestehende Kolonie. Jedes Zooid gleicht in seiner allgemeinen Erscheinung einem beweglichen Haematococcus oder einer Euglena, indem es einen eiförmigen, durch

Chlorophyll grün gefärbten Zellkörper, einen roten Pigmentfleck und zwei Geißeln besitzt, welche aus der gallertigen Wand der Kolonie

Fig. 65.



Volvox globator.

*A* ganze Kolonie, Oberflächenansicht, zeigt die mit zwei Geißeln versehenen Zooide und mehrere frei schwimmende Tochterkolonien im Inneren. Diese entstehen durch wiederholte Teilung nicht geißeltragender Mehrzooide (*a*).

*B* dieselbe zur Zeit der Geschlechtsreife, zeigt Spermatien von der Oberfläche (*spy*), im Profil (*spy'*) und nach vollständiger Ausbildung der Spermien (*spy''*), und Ovarien von der Oberfläche (*ovy*, *ovy''*, *ovy'''*) und im Profil (*ovy'*) gesehen.

*C* vier Zooide im optischen Durchschnitt, mit Zellwand, Kern, kontraktile Vakuole nebst anliegendem Pigmentfleck und Geißel (*fl*).

*D*<sup>1</sup>—*D*<sup>5</sup> Entwicklungsstadien einer Kolonie durch wiederholte Zweiteilung eines ungeschlechtlichen Mehrzooids.

*E* reifes Spermatium.

*F* einzelnes Spermium mit Pigmentfleck (*pg*) und Geißeln (*fl*).

*G* Ovarium, ein einziges, von zahlreichen Spermien umringtes Ei enthaltend.

*H* Oospore, in einer flachen Zellwand eingeschlossen.

*A* aus Geddes und Thomson, nach Kirchner; *B*—*H* nach Cohn.

hervorragend und durch ihre Schwingungen derselben eine rotierende Bewegung erteilen.

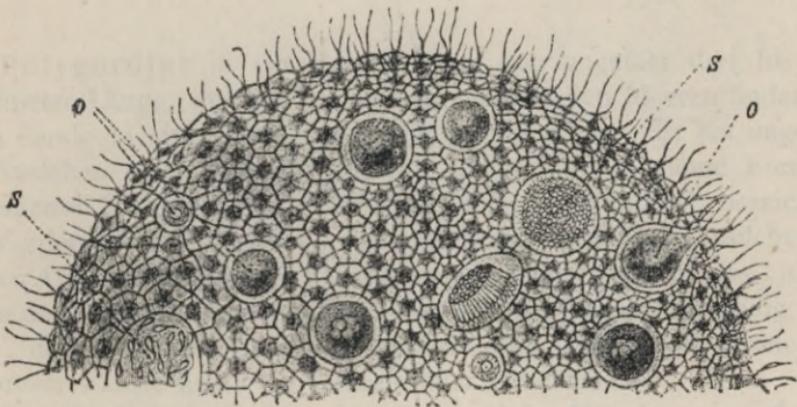
Behufs der ungeschlechtlichen Vermehrung teilt sich jedes der sechzehn Zooide mehrfach und bildet zuletzt eine Gruppe von sechzehn Zellen. Auf diese Weise werden innerhalb der gallertigen Hülle der Mutterkolonie sechzehn Tochterkolonien gebildet (*B*). Durch Auflösung

der Hülle werden die Tochterkolonien in Freiheit gesetzt und jede beginnt eine selbständige Existenz.

Bei der geschlechtlichen Vermehrung gelangen die Zooide einzeln aus der Kolonie ins Freie (*C*). Sie schwimmen lebhaft umher, nähern sich einander paarweise, konjugieren (*D*), verschmelzen vollständig miteinander (*E*) und bilden eine Zygote (*F*). Diese wächst und entwickelt eine dicke Zellwand (*G*). Nach einer Ruheperiode schlüpft das Protoplasma aus der Zellwand aus (*H*), entwickelt ein Paar Geißeln (*I*) und schwimmt umher. Endlich setzt es sich fest und erzeugt eine neue Kolonie (*K*).

Es ist klar, dass *Pandorina* dem Polyplastenstadium eines Embryos entspricht; überdies entsteht sie durch wiederholte Teilung der Flagellula,

Fig. 66.



Teil einer Volvoxkolonie, zeigt den Bau derselben im Einzelnen deutlicher, als Fig. 65. *s* Spermarien, *o* Ovarien. — Nach Lang.

gerade wie der Polyplast durch wiederholte Teilung eines Oosperms gebildet wird.

Der zierliche *Volvox* (Fig. 65 u. 66), eins der Lieblingsobjekte der Mikroskopiker, ist eine Kolonie von *Haematococcus*-artigen Zooiden, welche in Form einer einen durchsichtigen Schleim enthaltenden Hohlkugel angeordnet sind. Jede Zelle (*C*) besitzt einen Kern, eine kontraktile Vakuole, einen grossen, grünen Chromatophor, einen kleinen roten Augenfleck, wie *Euglena* (S. 36), und zwei Geißeln. Die Zellen sind von dicken, schleimigen Zellwänden umgeben, welche keine Cellulosereaktion zeigen, sondern wahrscheinlich aus einem andern verwandten Kohlehydrat bestehen. Durch die kombinierten Schwingungen aller Geißeln wird der ganzen Kolonie eine rotierende Bewegung erteilt.

Ungeschlechtliche Vermehrung findet vermittelt gewisser Zooide statt, welche keine Geißeln tragen und einen Teilungsprozess durchmachen, welcher der Furchung eines Hydroideneies sehr ähnlich ist (S. 186). Sie teilen sich in 2, 4, 8, 16 Zellen u. s. f. (*A*, *a* und *D*<sup>1</sup>—*D*<sup>5</sup>)



## Fünfundzwanzigste Vorlesung.

# Polygordius.

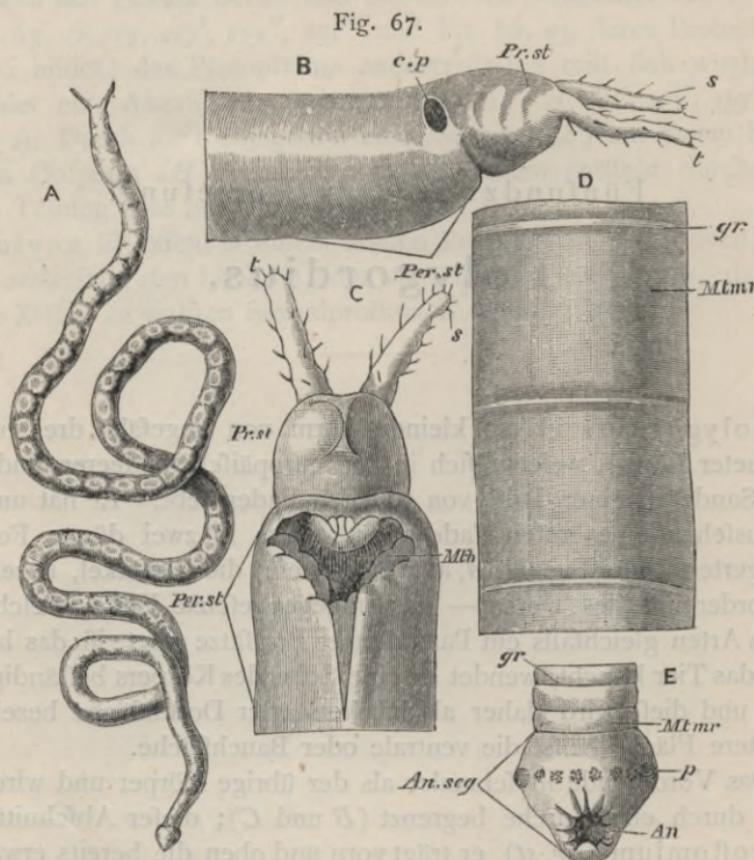
---

Polygordius ist ein kleiner Wurm von ungefähr drei bis vier Centimeter Länge, welcher sich in den europäischen Meeren findet, wo er im Sande in einer Tiefe von wenigen Faden lebt. Er hat ungefähr das Aussehen eines roten Fadens mit einem in zwei dünne Fortsätze verlängerten Ende (Fig. 67, A, a. f. S.). Diese, die Tentakel, bezeichnen das Vorderende des Tieres — das entgegengesetzte Ende, welches bei einigen Arten gleichfalls ein Paar dünner Fortsätze trägt, ist das hintere. Wenn das Tier kriecht, wendet es eine Seite des Körpers beständig nach oben, und diese wird daher als Rücken- oder Dorsalfäche bezeichnet, die untere Fläche heißt die ventrale oder Bauchfläche.

Das Vorderende ist schmaler als der übrige Körper und wird nach hinten durch eine Furche begrenzt (*B* und *C*); dieser Abschnitt heißt das Prostomium (*Pr. st.*), er trägt vorn und oben die bereits erwähnten Tentakel (*t*), sowie an jeder Seite eine kleine, ovale, mit Wimpern ausgekleidete Vertiefung (*c. p.*). Unmittelbar hinter dem Prostomium folgt eine nach vorn scharf, nach hinten undeutlich begrenzte Region, welche als Peristomium (*Per. st.*) bezeichnet wird; an der ventralen Fläche derselben befindet sich eine dreieckige, querliegende Öffnung, der Mund (*Mth.*). Der übrige Körper ist durch ringförmige Furchen (*D* und *E, gr*) mehr oder weniger deutlich in Körpersegmente oder Metameren (*Mtmr*) geteilt, deren Zahl beträchtlich schwankt. Polygordius ist also das erste uns begegnende Beispiel eines segmentierten Tieres. Das letzte oder Analsegment (*E, An. seg*) unterscheidet sich von den übrigen durch seine angeschwollene Form, sowie dadurch, daß es einen Kranz von kleinen Hervorragungen oder Papillen (*p*) trägt. Es wird von dem vorhergehenden Segment durch eine tiefe Furche getrennt und besitzt an seinem hinteren Ende eine kleine, runde Öffnung, den After (*An*).

Polygordius kann demnach folgendermaßen beschrieben werden: Er besteht aus einer Anzahl mehr oder weniger deutlicher Segmente, welche in longitudinaler Richtung aufeinander folgen; drei derselben,

das Proflomium, welches ganz vor dem Munde liegt, das Periflomium, welches den Mund, und das Analsegment, welches den After trägt, sind beständig vorhanden, während zwischen dem Periflom



*Polygordius neapolitanus.* Nach Fraipont.

*A* lebendes Tier, Rückenansicht, ungefähr fünffach vergr.

*B* Vorderende des Wurmes von der rechten Seite, stärker vergrößert, zeigt Proflom (*Pr. st*), Periflom (*Per. st*), Tentakel (*t*) mit Borsten (*s*) und Wimpergrube (*c. p*).

*C* Ventralseite desselben. Bezeichnung wie in *B*. *Mth* Mund.

*D* Teil des Körpers mit Metameren (*Mtmr*), welche durch Furchen getrennt sind (*gr*).

*E* Ventralansicht des Hinterendes, zeigt die drei letzten durch deutliche Furchen (*gr*) getrennten Metameren (*Mtmr*), das Analsegment (*An. seg*) mit dem After (*An*) und einen Kranz von Papillen (*p*).

und dem Analsegment eine wechselnde Zahl von Metameren eingefhoben ist, welche einander in allen wesentlichen Punkten gleichen.

*Polygordius* ernährt sich ungefähr in derselben Weise, wie ein Regenwurm; er nimmt mittels des Mundes Sand auf, samt den verschiedenen darin enthaltenen Nährstoffen, wie z. B. Infusorien, Diatomeen u. dergl., und wirft denselben, nachdem er ihn längere oder kürzere Zeit im



und die drei ersten Metameren (*Mtmr*<sup>1</sup> u. f. w.) sind links, die beiden letzten Metameren und das Analsegment (*An. seg*) rechts dargestellt; die übrigen Metameren sind entfernt gedacht; der rechte Fühler (*t*) ist mit feinen Borsten (*s*) gezeichnet.

Die Körperwand (*B, W*) erscheint vorzugsweise im Längsschnitt, in den vorderen Segmenten ist sie jedoch auch zum Teil von der Oberfläche und zum Teil im Querschnitt zu sehen.

Der Mund (*Mth*) führt in den Darmkanal, welcher sich in jedem Segment etwas erweitert und hinten in den After endigt (*An*); er ist zum Teil unverletzt, zum Teil im Durchschnitt gezeichnet; *Ph* Schlundkopf, *Oes* Speiseröhre, *Int* Darm, *Ret* Enddarm.

Zwischen dem Darmkanal und der Körperwand liegt die Leibeshöhle (*Coel*), welche durch das dorsale (*D. Mes*) und ventrale (*V. Mes*) Mesenterium in eine rechte und eine linke Hälfte, und durch die Septa (*Sept*) in segmentale Kammern geteilt wird.

In den Mesenterien verläuft das dorsale (*D. V*) und ventrale (*V. V*) Blutgefäß, welche durch in den Septen verlaufende Kommissuren (*Com. V*) verbunden sind; von den letzteren gehen die rückläufigen Gefäße (*R. V*) ab.

Nephridien (*Nphm*) sind in dem zweiten und dritten Metamer sichtbar, jedes besteht aus einem horizontalen Abschnitt, welcher ein Septum durchbohrt und sich durch ein Nephrostom (*Nph. st*) in das vorhergehende Segment öffnet, und aus einem vertikalen Abschnitt, welcher die Körperwand durchbohrt und sich durch einen Nephridioporus (*Nph. p*) nach außen öffnet.

Das Gehirn (*Br*) liegt im Prostom und ist mit dem ventralen Nervenstrang (*V. Nv. Cd*) durch ein Paar den Schlund umfassende Konnektive (*Oes. Com*) verbunden.

*B* schematischer Längsschnitt zur Veranschaulichung der Zellschichten.

Die Cuticula ist durch eine schwarze Linie angedeutet, das Ektoderm punktiert, das Endoderm quer gestrichelt, die Muskelplatten gleichmäßig schattiert, das Cölomepithel durch eine Perllinie dargestellt und das Nervensystem fein punktiert.

Die Körperwand besteht aus Cuticula (*Cu*), Epidermis (*Der. Epthm*), Muskelplatten (*M. Pl*) und dem parietalen Blatt des Cölomepithels (*Coel. Epthm*).

Die Darmwand wird gebildet vom Darmepithel (*Ent. Epthm*), welches von dem visceralen Blatt des Cölomepithels (*Coel. Epthm*) bedeckt wird; in der Umgebung des Mundes (*Mth*) und Afters (*An*) ist das Darmepithel ektodermalen, im Übrigen endodermalen Ursprunges. *Ph* Schlundkopf, *Oes* Speiseröhre, *Int* Darm, *Ret* Enddarm.

Die Septen (*Sept*) bestehen aus beiderseits von Cölomepithel bedeckten Muskeln.

Vier Nephridien (*Nphm*) mit Nephrostom (*Nph. st*) und Nephridioporus (*Nph. p*) sind dargestellt.

Das Gehirn (*Br*) und der ventrale Nervenstrang (*V. Nv. Cd*) stehen, wie man sieht, in Berührung mit dem Ektoderm. Vom Gehirn verläuft ein Nerv (*nr*) in den Tentakel.

*C* schematischer Querschnitt, zeigt die Zellschichten wie in *B*, nämlich Cuticula (*Cu*), Epidermis (*Der. Epthm*), Muskelplatten (*M. Pl*) und parietales Blatt des Cölomepithels (*Coel. Epthm*), welche zusammen die Körperwand bilden; ferner Darmepithel (*Ent. Epthm*) und viscerales Blatt des Cölomepithels (*Coel. Epthm'*), welche die Darmwand bilden.

Das dorsale (*D. Mes*) und das ventrale (*V. Mes*) Mesenterium erscheint aus einer doppelten Schicht von Cölomepithel gebildet und schliessen das dorsale (*D. V*) bzw. das ventrale (*V. V*) Blutgefäß ein.

Jederseits ist ein Nephridium (*Nphm*) mit Nephrostom (*Nph. st*) und Nephridioporus (*Nph. p*) dargestellt.

Die Verbindung des ventralen Nervenstranges mit dem Ektoderm (Epidermis) ist deutlich erkennbar.

Mit dieser Figur ist Fig. 71, *A* zu vergleichen, welche eine naturgetreue Darstellung der hier schematisch gezeichneten Teile giebt.

Leibeshöhle. Das innere Rohr würde mit der Außenwelt durch zwei Öffnungen in Verbindung stehen, welche dem Munde und dem After entsprechen, der Zwischenraum zwischen den beiden Röhren würde jedoch keinerlei Verbindung nach außen haben.

Polygordius ist das erste von uns studierte Beispiel eines cölomaten Tieres, d. h. eines Tieres, bei welchem eine begrenzte Leibeshöhle besteht, welche die Körperwand und den Darmkanal voneinander trennt, und bei welchem daher ein Querschnitt durch den Körper das Bild zweier konzentrischer Kreise (Fig. 68, *C*) zeigt.

Wir müssen uns dabei erinnern, daß ein Querschnitt durch Hydra auch das Bild zweier konzentrischer Kreise gewährt, welche bezw. von Ektoderm und Endoderm gebildet werden (Fig. 55, *A'*, S. 182), die zwei Schichten berühren sich jedoch gegenseitig oder werden nur durch eine dünne Stützlamelle voneinander getrennt. Auf den ersten Blick könnte es daher scheinen, als ob sich Polygordius mit einer Hydra vergleichen ließe, deren Ektoderm und Endoderm, statt einander zu berühren, durch einen weiten Zwischenraum getrennt sind. Wir würden dann die Körperwand des Polygordius mit dem Ektoderm der Hydra, und die Darmwand des ersteren mit dem Endoderm der letzteren vergleichen. Aber dieser Vergleich würde nur einen Teil des wahren Sachverhaltes zum Ausdruck bringen.

Ein dünner Querschnitt zeigt, daß die Körperwand des Polygordius aus vier verschiedenen Schichten besteht. Außen liegt eine dünne Cuticula (Fig. 68, *C* und Fig. 71, *A*, *Cu*), welche außer einer zarten Streifung keinerlei Struktur erkennen läßt. Darauf folgt eine Schicht epithelialer Zellen (*Der. Epithm*), deren Längsachsen rechtwinkelig zur Körperoberfläche stehen, und welche gegeneinander sehr undeutlich begrenzt sind, so daß die ganze Schicht den Charakter einer kontinuierlichen Protoplasmalage mit regelmäßig verteilten Kernen erhält; dies ist das Oberhautepithel oder die Epidermis. Weiter einwärts folgt eine dickere Schicht von Muskelplatten (*M. Pl*), welche die Form langer, glatter Spindeln haben (Fig. 70, *M. Pl*), eine zarte Längsstreifung zeigen, und an ihren feinen Rändern von einem feinen, zerstreute Kerne enthaltenden Protoplasmnetz bedeckt sind. Jede Platte ist längs gerichtet, erstreckt sich durch mehrere Segmente und steht mit ihrer kurzen Achse senkrecht zur Körperoberfläche (Fig. 71, *M. Pl*). Durch die Kontraktion der Muskelplatten werden die Bewegungen des Körpers hervorgebracht, welche denen eines Regenwurmes gleichen. Endlich, einwärts von der Muskelschicht, findet sich als Auskleidung der Leibeshöhle eine sehr dünne Zellschicht, das Cölomepithel (*Coel. Epithm*).

Ein Querschnitt der Darmwand läßt uns zwei Schichten erkennen. Die innere besteht aus langgestreckten Zellen (*Ent. Epthm*), welche an ihrer inneren oder freien Oberfläche mit Wimpern besetzt sind; diese bilden das Darmepithel. Auf der Außenseite desselben treffen wir eine sehr dünne Schicht abgeplatteter Zellen (*Coel. Epthm*), welche die Leibeshöhle begrenzen, und daher, gleich der innersten Schicht der Körperwand, als Cölomepithel bezeichnet werden. Wir haben daher zwei Schichten des Cölomepithels zu unterscheiden, eine äußere oder parietale Schicht (*Coel. Epthm*), welche die Körperwand auskleidet, und eine innere oder viscerele Schicht (*Coel. Epthm'*), welche den Darmkanal umhüllt.

Wir sind nun besser in der Lage, die Querschnitte von Hydra und Polygordius miteinander zu vergleichen (Fig. 55, *A'* und Fig. 68, *C'*). Die Epidermis von Polygordius, welche die äußerste Zellschicht ist, ist dem Ektoderm der Hydra vergleichbar, und seine Cuticula mit der gleichnamigen Schicht, welche der Hydra fehlt, jedoch am Stamme anderer Hydroidpolypen, wie z. B. *Bougainvillea* (S. 180), vorhanden ist. Das Darmepithel von Polygordius kann, da es die Verdauungshöhle auskleidet, mit dem Endoderm von Hydra verglichen werden. Demnach sind die Muskelplattenschicht und die beiden Schichten des Cölomepithels bei Hydra nicht vertreten, wo ihre Stelle nur durch die Stützlamelle eingenommen wird.

Wir müssen jedoch daran denken, daß bei Medusen zuweilen eine besondere Muskelfaserschicht zwischen dem Ektoderm und der Stützlamelle vorhanden ist, und es wurde ausgeführt, daß solche Fasern eine rudimentäre mittlere Zellschicht oder ein Mesoderm darstellen (S. 183). Wir können daher die Muskelschicht und das Cölomepithel von Polygordius als Mesoderm ansehen und können sagen, daß bei diesen Tieren das Mesoderm in ein äußeres oder somatisches Blatt, welches aus den Muskelschichten und der parietalen Schicht des Cölomepithels besteht, und ein inneres oder splanchnisches Blatt zerfällt, welches die viscerele Schicht des Cölomepithels umfaßt<sup>1)</sup>.

Die somatische Schicht liegt dem Ektoderm oder der Epidermis unmittelbar an und bildet mit ihr die Körperwand; die splanchnische Schicht liegt dem Darmepithel an und bildet mit diesem die Darmwand. Die Leibeshöhle trennt die somatische und splanchnische Schicht voneinander und ist überall vom Cölomepithel begrenzt.

Die Beziehungen zwischen dem diploblastischen Polypen und dem triploblastischen Wurme können in tabellarischer Form folgendermaßen zum Ausdruck gebracht werden:

<sup>1)</sup> Bei der Mehrzahl der höheren Tiere befindet sich eine Muskelschicht zwischen dem Darmepithel und dem Cölomepithel; in solchen Fällen bestehen die Körperwand und die Darmwand aus denselben Schichten, aber in umgekehrter Folge, indem das Cölomepithel einmal die innerste, das andere Mal die äußerste Schicht ist.

Hydroid.		Polygordius.
Cuticula . . . . .		Cuticula
Ektoderm . . . . .		Epidermis
Mesoderm (rudimentär)	{ Somatisches Blatt { Splanchnisches Blatt	{ Muskelplatten { Cölomepithel (parietale Schicht) { Cölomepithel (viscerale Schicht)
Endoderm . . . . .		Darmepithel.

Genau genommen, paßt dieser Vergleich nicht für das vordere und hintere Körperende des Wurmes: Sowohl am Munde wie am After geht die Epidermis unmerklich in das Darmepithel über, und das Studium der Entwicklungs-geschichte (S. 223) zeigt, daß die das vordere und hintere Ende des Kanals auskleidenden Zellen, wie in der schematischen Zeichnung (Fig. 68, B) angegeben, ektodermalen Ursprunges sind. Aus diesem Grunde sind die Worte Epidermis und Darmepithel nicht einfache Synonyma der Worte Ektoderm und Endoderm.

Es ist von Wichtigkeit, daß der Leser, bevor er weiter geht, den allgemeinen Bau eines triploblastischen Tieres, wie derselbe durch Polygordius veranschaulicht wird, klar verstanden habe. Derselbe kann summarisch folgendermaßen beschrieben werden: der Körper besteht aus zwei Röhren, welche aus epithelialen Zellen zusammengesetzt sind, deren eine der andern parallel läuft und welche an den beiden Enden des Körpers miteinander zusammenhängen. Hier steht das innere Rohr (Darmepithel) in freier Verbindung mit der Außenwelt; das äußere Rohr (Epidermis) ist von einer Muskelplattenschicht ausgekleidet, auf welche nach innen eine dünne Schicht von Cölomepithel folgt; diese drei Schichten bilden zusammen die Körperwand. Das innere Rohr (Darmepithel) wird äußerlich von einer Cölomepithelschicht bedeckt, welche mit ihr zusammen die Darmwand bildet. Endlich sind die Körperwand und das Darmrohr durch einen ansehnlichen Hohlraum, die Leibeshöhle, voneinander getrennt.

Der Darmkanal ist nicht nur, wie man nach der vorstehenden Beschreibung annehmen könnte, am Munde und After mit der Körperwand verbunden, sondern er wird noch in besonderer und komplizierter Weise gestützt. Erstens sind dünne, vertikale Platten vorhanden, das dorsale und ventrale Mesenterium (Fig. 68, A und C, D. Mes, V. Mes), welche sich der Länge nach von der Rücken- und Bauchwand des Kanals bis zur Körperwand erstrecken und die Leibeshöhle in eine rechte und linke Hälfte teilen. Der Bau der Mesenterien ist auf einem Querschnitt zu erkennen (Fig. 68, C und Fig. 71, A), welcher zeigt, daß die parietale Schicht des Cölomepithels sich in der dorsalen Mittellinie von beiden Seiten nach abwärts umschlägt und eine zweischichtige

Membran, das dorsale Mesenterium bildet. Die beiden Schichten desselben trennen sich voneinander, nachdem sie den Darmkanal erreicht haben, umfassen ihn von beiden Seiten und bilden so die viscerale Schicht des Cölomepithels. Unterhalb des Kanales vereinigen sie sich wieder und erstrecken sich als ventrales Mesenterium abwärts. Nachdem sie die Körperwand erreicht haben, trennen sie sich abermals und gehen in die parietale Schicht über. Die Mesenterien bestehen also einfach aus einer doppelten Schicht des Cölomepithels, welches einerseits in die parietale und anderseits in die viscerale Schicht dieses Epithels kontinuierlich übergeht.

Außer von den Mesenterien wird der Kanal noch durch vertikale Querwände oder Septa gestützt (Fig. 68, *A* und *B*, *Sept*), welche rechtwinkelig zur Körperwand stehen und alle von dem Darmkanal durchbohrt werden. Die Septen stehen in regelmäßigen Abständen und entsprechen den äußeren Furchen, durch welche der Körper in Metameren geteilt wird. Die transversale Segmentierung oder Metamerie erstreckt sich also ebensowohl auf die Leibeshöhle, wie auf die Körperwand. Jedes Septum besteht aus einer beiderseits vom Cölomepithel bedeckten Muskelschicht (*B*, *Sept*).

Wo die Septen mit dem Darmkanal zusammentreffen, ist dieser mehr oder weniger eingeschnürt, so daß er ein perlschnurförmiges Aussehen hat (*A* und *B*); wir finden also auch den Darmkanal in einer der Körperwand und der Leibeshöhle entsprechenden Weise segmentiert.

Der Verdauungskanal ist übrigens kein einfaches Rohr von überall gleichem Kaliber, sondern er läßt sich in vier Abschnitte teilen. Der erste oder der Schlundkopf (*Pharynx*, *Ph*) ist sehr kurz und kann während der Nahrungsaufnahme ausgestülpt werden; der zweite, der Schlund oder die Speiseröhre (*Oesophagus*, *Oes*), ist auf das Peristom beschränkt und durch seine dicken Wände und seinen verhältnismäßig beträchtlichen Durchmesser ausgezeichnet; der dritte, der Mitteldarm oder Darm im engeren Sinne (*Intestinum*, *Int*), erstreckt sich vom ersten Metamer bis zum letzten, d. h. von dem unmittelbar auf das Peristom folgenden Gliede bis zu dem dem Analsegment unmittelbar vorangehenden. Er ist seitlich zusammengedrückt und hat daher auf dem Querschnitte eine längliche Form (*C*, und Fig. 71, *A*); der vierte Abschnitt oder der Enddarm (*Rectum*, *Rect*) beschränkt sich auf das Analsegment; er ist etwas erweitert und nicht seitlich zusammengedrückt. Das Epithel des Mitteldarmes ist, wie in der schematischen Zeichnung angegeben (*B*), endodermalen, das der übrigen Abschnitte des Darmkanales ektodermalen Ursprunges. Die große Mehrzahl der Epithelzellen in allen Abschnitten des Kanales trägt Wimpern.

Die Zellen des Darmkanales und insbesondere die des Schlundes sind stark körnig und müssen demnach, wie die Endodermzellen des Hypostoms von Hydra (S. 174), als Drüsenzellen angesehen werden. Sie sondern zweifellos ein verdauendes Sekret ab, welches, indem es

sich mit den verschiedenen durch den Mund aufgenommenen Substanzen vermischt, die Eiweißkörper und die andern verdaulichen Substanzen auflöst und auf diese Weise ihre Absorption ermöglicht. Es liegt kein Beweis für eine intracelluläre Verdauung vor, wie wir sie bei Hydra (S. 174) fanden, und es ist sehr wahrscheinlich, daß nur eine extracelluläre oder Darmverdauung besteht, indem die Nahrung ausschließlich in dem Hohlraume des Kanales aufgelöst und diffusionsfähig gemacht wird. Durch Bewegungen des Kanales — welche zum Teil durch die allgemeinen Bewegungen des Körpers, zum Teil durch die Kontraktion der Muskeln in den Septen veranlaßt und durch die Thätigkeit der Wimpern unterstützt werden — wird der Darminhalt allmählich nach hinten gedrängt und der Sand nebst den übrigen unverdaulichen Stoffen durch den After entleert.

Die Leibeshöhle ist von einer farblosen, durchsichtigen Leibesflüssigkeit erfüllt, in welcher kleine, unregelmäßige, farblose Körper und außerdem ovale Körper, welche gelbe Körnchen enthalten, suspendiert sind. Nach Analogie der höheren Tiere sollte man erwarten, daß dies Leukocyten seien (S. 43), aber ihre Zellennatur ist noch nicht erwiesen.

Die Funktion der Leibesflüssigkeit besteht wahrscheinlich darin, die im Darmkanal verdaute Nahrung allen Teilen des Körpers zuzuteilen. Bei Hydra, wo die Wandung der Verdauungshöhle in direkter Berührung mit der einfachen Körperwand steht, können die Verdauungsprodukte sogleich durch Diffusion vom Endoderm zum Ektoderm gelangen, aber im vorliegenden Falle bedarf es eines vermittelnden Mediums zwischen dem Darmepithel und der relativ komplizierten und entfernten Körperwand. Die Peptone und die übrigen Verdauungsprodukte diffundieren durch das Darmepithel in die Leibesflüssigkeit und durch die beständigen — durch die Kontraktionen der Körperwand veranlaßten — Bewegungen der letzteren werden sie allen Teilen des Körpers zugeführt. Es sind also sowohl das äußere Epithel und die Muskeln, als auch das bisher noch nicht betrachtete Nervensystem und die Fortpflanzungsorgane in Betreff ihrer Nahrungszufuhr völlig von dem Darmepithel abhängig.

Wir haben nun Organe zu betrachten, welche wir bei *Polygordius* zum ersten Male antreffen, nämlich Blutgefäße. Im Inneren des dorsalen Mesenteriums liegt ein feines Rohr (Fig. 68, *A* und *C*, *D*, *V*), welches fast durch die ganze Länge des Körpers sich erstreckt, das Rückengefäß. Ein ähnliches Bauchgefäß (*V*, *V*) ist im ventralen Mesenterium<sup>1)</sup> eingeschlossen, und beide stehen in jedem Segment durch

1) Die Angabe, daß das dorsale und ventrale Gefäß innerhalb der Mesenterien liegen, bedarf einer Einschränkung. Thatsächlich sind diese Gefäße einfach Hohlräume, welche durch Auseinanderweichen der beiden das Mesenterium bildenden Epithelschichten gebildet werden (Fig. 68, *C* und Fig. 71, *A*); nur das vordere und hintere Ende derselben besitzen eigene Wandungen.

ein Paar von Verbindungsgefäßen oder Kommissuren miteinander in Verbindung (*A. Com. v*), welche rechts und links am dorsalen Stamme entspringen, innerhalb des entsprechenden Septums oder unmittelbar hinter demselben, dem Körperrumfang folgend, abwärts verlaufen, und zuletzt in das Bauchgefäß einmünden. Jede Kommissur giebt etwa in der Mitte ein rückläufiges Gefäß (*R. V*) ab, welches nach hinten verläuft und blind endigt. Die vordersten Verbindungsgefäße liegen im Peristom zu beiden Seiten des Schlundes und haben eine schiefe Richtung. Die Gesamtheit dieser Gefäße bildet ein einziges, geschlossenes Gefäßsystem, es besteht keinerlei Verbindung desselben mit irgend einem der übrigen Hohlräume des Körpers.

Das Gefäßsystem enthält eine Flüssigkeit, das Blut, welches bei den verschiedenen Polygordius-Arten verschieden gefärbt ist, farblos, rot, grün oder gelb. Bei einer Species hat man in demselben kleine Körper — Leukocyten? — aufgefunden.

Über die Bedeutung des Blutes sind bei Polygordius keine tatsächlichen Beobachtungen angestellt, doch ist dieselbe für andere Würmer bekannt. Bei dem gemeinen Regenwurm beispielsweise ist das Blut rot und verdankt seine Farbe demselben Pigment (Hämoglobin), welches auch in unferm eigenen Blute und dem der übrigen Wirbeltiere vorkommt.

Hämoglobin ist eine Stickstoffverbindung, welche außer Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Sauerstoff und Schwefel eine geringe Menge von Eisen enthält. Man kann dasselbe rein in Form von in Wasser löslichen Krystallen darstellen. Seine auffallendste und physiologisch wichtigste Eigenschaft ist die Fähigkeit, eine lockere chemische Verbindung mit Sauerstoff einzugehen. Bringt man eine Hämoglobinlösung in Berührung mit Sauerstoff, so nimmt sie eine hell-scharlachrote Färbung an, und die Lösung besitzt dann ein charakteristisches, durch zwei Absorptionsbänder, deren eins dem gelben und eins dem grünen Teile angehört, ausgezeichnetes Spektrum. Sauerstoffabgabe ändert die Farbe von Scharlachrot in Purpurrot und das Spektrum zeigt alsdann ein einziges, breites Absorptionsband, welches zwischen den beiden Bändern der sauerstoffhaltigen Lösung seine Lage hat.

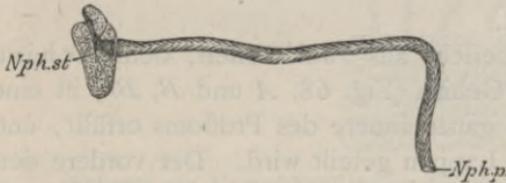
Die Bedeutung dieser Eigenschaft ist folgende: Alle Teile des Organismus sind beständig destruktivem Metabolismus unterworfen und geben Kohlenäure ab. Dieses Gas wird vom Blute absorbiert, und gleichzeitig giebt das Hämoglobin seinen Sauerstoff an die Gewebe ab. Hingegen findet, sobald das Blut in hinlänglich nahe Berührung mit der äußeren Luft — oder bei Wassertieren mit dem Wasser — kommt, der umgekehrte Vorgang statt, es wird Sauerstoff absorbiert und Kohlenäure abgegeben. Das Hämoglobin ist also als ein respiratorisches Pigment, oder als Sauerstoffträger anzusehen; seine Aufgabe ist, den verschiedenen Körperteilen eine beständige Sauerstoffzufuhr zu sichern, während die durch Oxydation gebildete Kohlenäure an das Blut ab-

gegeben wird. Der besondere Körperteil, in welchem die im Blute angefallene Kohlenäure gegen Sauerstoff aus dem umgebenden Medium ausgetauscht wird, heißt ein Atmungsorgan; bei *Polygordius*, beim Regenwurm und bei vielen andern niederen Tieren ist jedoch kein spezialisiertes Atmungsorgan — keine Lunge oder Kieme — vorhanden, sondern der notwendige Gaswechsel wird von der ganzen Oberfläche des Körpers vermittelt.

Als wir in einer früheren Vorlesung die Unterschiede zwischen Pflanzen und Tieren besprachen, fanden wir (S. 134), daß unter den vorher besprochenen einzelligen Organismen das Vorhandensein eines Ausscheidungsorganes in Gestalt einer kontraktilen Vakuole ein charakteristischer Zug unzweifelhafter Tiere, wie z. B. der bewimperten Infusorien, war, daß ein solches jedoch bei unzweifelhaften Pflanzen, wie *Vaucheria* und *Mucor*, fehlte. Der Leser wird jedoch bemerkt haben, daß *Hydra* und ihre Verwandten kein spezifisches Exkretionsorgan besitzen, daß vielmehr die Zerfallsprodukte hier offenbar an jeder beliebigen Stelle der Oberfläche ausgeschieden werden. In *Polygordius*

lernen wir wiederum ein Tier kennen, welches Ausscheidungsorgane besitzt, wenn dieselben auch, im Einklange mit dem komplizierten Bau des Tieres selbst, wesentlich verschieden sind von den einfachen kontraktilen Vakuolen bei *Paramecium* und *Vorticella*.

Fig. 69.



Ein Nephridium von *Polygordius*, zeigt die Wimperbekleidung des Rohres, den Wimpertrichter oder das Nephrostom (*Nph. st*) und die äußere Öffnung oder den Nephridioporus (*Nph. p*).

Nach Fraipont.

Die exkretorischen Organe von *Polygordius* bestehen aus kleinen Röhren, sogenannten Nephridien, deren jedes Metamer ein Paar besitzt, an jeder Seite eins (Fig. 68, *A*, *B* und *C. Nphm*). Jedes Nephridium (Fig. 69) ist ein sehr feines Rohr, welches aus zwei, rechtwinkelig gegeneinander gebogenen Abschnitten besteht. Der äußere Abschnitt verläuft senkrecht, liegt im Inneren der Körperwand und öffnet sich nach außen durch eine feine Öffnung, den Nephridioporus (Fig. 68 und 69, *Nph. p*). Der innere Abschnitt verläuft horizontal und liegt innerhalb des Cölomepithels; nach vorn durchbohrt er das Septum, welches die andere Begrenzung des Segmentes bildet (Fig. 68, *A* und *B*), und erweitert sich dann zu einem trichterförmigen Ende oder Nephrostom (*Nph. st*), welches den Hohlraum des Nephridiums in freie Verbindung mit der Leibeshöhle setzt. Die ganze Innenfläche des Rohres sowohl wie des Nephrostoms ist mit Wimpern bedeckt, deren Bewegung nach auswärts gerichtet ist.

Ein Nephridium kann demnach definiert werden als ein bewimpertes Rohr, welches in der Körperwand liegt und sich am einen Ende in das Cölom, am andern Ende nach außen öffnet.

Bei den höheren Würmern, wie z. B. beim Regenwurm, werden die Nephridien zum Teil von Drüsenzellen begrenzt und sind reichlich mit Blutgefäßen ausgestattet. Wasser und stickstoffhaltige Stoffwechselprodukte gelangen allenthalben im Körper durch Diffusion in das Blut, und werden von diesem den Nephridien zugeführt, deren Drüsenzellen die Zerfallsprodukte aus demselben abcheiden und sie in den Hohlraum des Rohres gelangen lassen, aus welchem sie schließlich in das umgebende Medium abgegeben werden. Aller Wahrscheinlichkeit nach finden ähnliche Vorgänge wie diese auch bei *Polygordius* statt.

Bei der Besprechung der Hydroidpolypen fanden wir, daß einer der wichtigsten Differenzpunkte zwischen den frei beweglichen Medusen und den feststehenden Hydranthen das Vorhandensein eines wohl entwickelten Nervensystems (S. 184) bei den ersteren war, welches aus einem Systeme eigentümlich modifizierter Zellen besteht, denen die automatischen Funktionen obliegen. Wir werden natürlich bei einem so aktiven und anderweitig so hoch organisierten Tiere, wie *Polygordius*, ein Nervensystem von beträchtlich höherer Komplikation erwarten dürfen, als das der Medusen ist.

Das Centralnervensystem besteht aus zwei Teilen, dem Gehirn und dem Bauchmark. Das Gehirn (Fig. 68, *A* und *B*, *Br*) ist eine abgerundete Masse, welche das ganze Innere des Prostoms erfüllt, und durch eine Querfurche in zwei Lappen geteilt wird. Der vordere derselben ist wiederum durch eine Längsfurche geteilt. Das Bauchmark (*V. Nv. Cd*) ist ein Längsstrang, welcher längs der ganzen ventralen Mittellinie vom Peristom bis zum Analsegment verläuft. Der hintere Lappen des Gehirns ist mit dem Vorderende des Bauchmarkes durch ein Paar Nervenstränge, die Schlundkonnective (*Oes. Con*), verbunden, welche den Oesophagus rechts und links umgreifen.

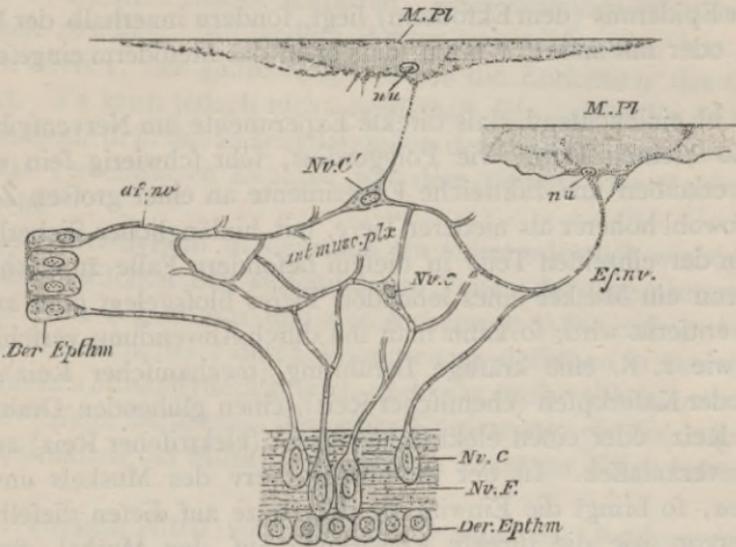
Es ist ebenso bemerkenswert, daß das Nervensystem sich überall in unmittelbarer Berührung mit der Epidermis oder dem Ektoderm befindet, so daß das Bauchmark auf Querschnitten (Fig. 68, *C* und Fig. 71, *A*) als einfache Verdickung des letzteren erscheint.

Sowohl Gehirn als Bauchmark bestehen aus feinen Nervenfasern (Fig. 70, *Nv. F*), zwischen welchen Nervenzellen (*Nv. C*) zerstreut liegen. Im Bauchmark sind die Fasern längsgerichtet und die Nervenzellen liegen ventral, so daß sie eine das Oberhautepithel unmittelbar berührende Schicht bilden. In dem hinteren Lappen des Gehirnes liegen die Nervenzellen an der Oberfläche und der centrale Teil des Organes besteht aus einer fein punktierten Substanz, in welcher weder Zellen noch Fasern zu unterscheiden sind.

Durch die ganze Muskelschicht des Körpers verzweigt sich ein Netz von zarten Nervenfasern (*int. musc. plx*) mit zerstreuten Nerven-

zellen (*Nv. C'*), der intermuskulare Plexus. Einige Zweige dieses Plexus kann man bis zu Nervenzellen des Centralnervensystems, andere (*af. nv*) bis zu Epidermiszellen, noch andere (*Ef. nv*) bis zu dem zarten, die Muskelplatten umhüllenden Protoplasmanetz verfolgen. Die oberflächlichen Zellen des Gehirnes und des Bauchmarkes stehen gleichfalls, wie bereits gefagt, in direkter Verbindung mit der darüber liegenden Epidermis und das vordere Ende des Gehirnes giebt jederseits ein Bündel

Fig. 70.



Schemä zur Veranschaulichung der Verbindungen des Nervensystems bei Polygordius.

Die Epidermis (*Der. Epithm*) berührt das Centralnervensystem entweder unmittelbar (unterer Teil der Figur), oder ist durch centripetale Nerven (*af. nv*) mit dem intermuskularen Plexus (*int. musc. plx*) verbunden. Der letztere steht durch centrifugale Nerven (*Ef. nv*) mit den Muskelplatten (*M. Pl*) in Verbindung.

Das Centralnervensystem besteht aus Nervenfasern (*Nv. F*) und Nervenzellen (*Nv. C*). Andere Nervenzellen (*Nv. C'*) finden sich zerstreut in dem intermuskularen Plexus.

Die Muskelplatten (*M. Pl*), deren eine ganz, die andere nur zum Teil gezeichnet ist, sind von einem zarten Protoplasmanetz umgeben, welches Kerne (*nu*) enthält, bis zu welchen man die centrifugalen Nerven verfolgen kann.

von Nervenfasern (Fig. 68, *B, t, Nv*) an den entsprechenden Fühler ab, welches den Nerven dieses Organs darstellt, an dessen Epidermiszellen die Fasern sich verteilen.

Wir sehen also, dafs, abgesehen von der direkten Verbindung der Nervenzellen mit der Epidermis, das Centralnervensystem durch Nervenfasern mit den sensitiven Zellen des Oberhautepithels und mit den kontraktilen Muskelzellen im Zusammenhange steht. Wir können demnach zwei Arten von Nervenfasern unterscheiden: sensorische oder centripetale (*af. nv*), welche das Centralnervensystem mit der Epidermis, und

motorische oder centrifugale, welche dasselbe mit den Muskeln verbinden.

Vergleichen wir das Centralnervensystem von Polygordius mit dem einer Meduse (S. 184), so sind besonders zwei Hauptpunkte hervorzuheben: Erstens die Konzentration des Centralnervensystems bei der höheren Form und besonders die Konzentration im vorderen Körperende, welche zur Ausbildung eines Gehirnes führt. Zweitens die wichtige Thatsache, daß der intermuskuläre Plexus nicht, wie das peripherische Nervensystem einer Meduse, welchem er entspricht, unmittelbar unterhalb der Epidermis (dem Ektoderm) liegt, sondern innerhalb der Muskelschicht, oder mit andern Worten, daß er in das Mesoderm eingefenkt ist.

Es ist einleuchtend, daß direkte Experimente am Nervensystem bei einem so kleinen Tiere, wie Polygordius, sehr schwierig sein würden. Jedoch erlauben uns zahlreiche Experimente an einer großen Zahl anderer, sowohl höherer als niederer Tiere, mit hinlänglicher Sicherheit die Funktion der einzelnen Teile in diesem besondern Falle zu erschließen.

Wenn ein Muskel eines lebenden Tieres bloßgelegt oder aus dem Körper entfernt wird, so kann man ihn durch Anwendung verschiedener Reize, wie z. B. eine kräftige Berührung (mechanischer Reiz), einen Säure- oder Kalitropfen (chemischer Reiz), einen glühenden Draht (thermischer Reiz) oder einen elektrischen Strom (elektrischer Reiz) zur Kontraktion veranlassen. Ist der motorische Nerv des Muskels unverletzt geblieben, so bringt die Einwirkung der Reize auf diesen dieselbe Wirkung hervor, wie die direkte Einwirkung auf den Muskel, der Reiz pflanzt sich durch den außerordentlich reizbaren, aber nicht kontraktilen Nerv fort.

Wenn ferner der motorische Nerv im Zusammenhange mit dem Centralnervensystem, d. h. mit einer oder mehreren Nervenzellen geblieben ist, so folgt auf die direkte Reizung dieser letzteren eine Kontraktion, und nicht allein dies, sondern auch die Reizung eines mit solchen Zellen zusammenhängenden sensorischen Nerven bringt dieselbe Wirkung hervor. Endlich, auch die Reizung einer Ektodermzelle, welche direkt oder durch Vermittelung eines sensorischen Nerven mit den Nervenzellen in Verbindung steht, bewirkt Muskelkontraktion. Ein Vorgang dieser Art, durch welchen ein auf die freie Oberfläche des Körpers einwirkender Reiz durch einen sensorischen Nerven zu einer Nervenzelle oder zu einer Gruppe solcher Zellen geleitet und dann, sozusagen, durch einen motorischen Nerven bis zu einem Muskel reflektiert wird, heißt ein Reflex. Das Wesentliche dieses Apparates ist die Einschaltung von Nervenzellen zwischen den mit sensorischen Zellen zusammenhängenden sensorischen oder centripetalen und den mit Muskeln verbundenen motorischen oder centrifugalen Nerven.

Die schematische Figur 70 dient zur Veranschaulichung dieser Thatsache. Die Muskelplatte (*M. Pl*) kann zur Kontraktion veranlaßt werden

durch einen Reiz, welcher (*a*) direkt auf sie selbst, (*b*) auf die motorische Nervenfafer (*Ef. nv*), (*c*) auf die Nervenzellen (*Nv. C*) im Centralnervensystem, oder auf diejenigen (*Nv. C'*) im intermuskularen Plexus, (*d*) auf die sensorische Nervenfafer (*af. nv*) oder endlich (*e*) auf die Epidermiszellen (*Der. Epithm*) einwirkt.

Aller Wahrscheinlichkeit nach ist das gesamte Centralnervensystem von *Polygordius* fähig, automatische Bewegungen hervorzurufen. Es ist eine wohlbekannte Thatsache, dafs, wenn man den Körper eines Regenwurmes in mehrere Stücke schneidet, jedes derselben selbständige Bewegungen ausführt. Mit andern Worten, es wird nicht, wie bei den höheren Tieren, der ganze Körper durch die Entfernung des Gehirnes gelähmt. Es kann jedoch nicht zweifelhaft sein, dafs die vollständige Koordination, d. h. das Ineinandergreifen der verschiedenen Bewegungen zu einem gemeinsamen Zwecke, mit dem Verluste des Gehirnes verloren geht.

Das Nervensystem ist demnach ein auferordentlich wichtiges Verkehrsmittel zwischen den verschiedenen Teilen des Organismus, sowie zwischen dem Organismus und der Außenwelt. Die äufere oder sensorische Oberfläche wird durch Vermittelung desselben in Beziehung zu dem gesamten Muskelsystem gesetzt, und zwar in so vollkommener Weise, dafs die leiseste Berührung des eines Körperendes die fast augenblickliche Kontraktion der Muskeln am andern Ende zur Folge haben kann.

Bei einigen Arten von *Polygordius* trägt das Prostom ein Paar Augenflecke, doch ist bei den meisten Arten das erwachsene Tier augenlos, und, abgesehen von den Wimpergruben (Fig. 67, *B, c. p*), deren Funktion noch unbekannt ist, sind die einzigen nachweislichen Sinnesorgane die Tentakel, welche die Bedeutung von Tastorganen besitzen, und deren reichliche Ausstattung mit Nerven anzeigt, dafs ihre Empfindlichkeit die der allgemeinen Körperoberfläche bei Weitem übertrifft. Sie sind besetzt mit kurzen, feinen Fortfätzen der Cuticula, welche Borsten (*Setae*, Fig. 67 und 68, *s*) genannt werden, und wahrscheinlich, gleich den Spürhaaren der Katzen, zur Fortleitung äufserer Reize zu den empfindlichen Epidermiszellen dienen.

Zwei Thatsachen von allgemeiner Wichtigkeit ergeben sich uns aus dem Studium des Baues von *Polygordius*, auf die wir die Aufmerksamkeit des Lesers zum Schlusse dieser Vorlesung lenken müssen.

Zunächst bemerken wir, dafs bei dieser Art mehr als bei irgend einer andern bisher betrachteten gewisse bestimmte Teile des Körpers als Organe zur Verrichtung bestimmter Funktionen ausgebildet sind. Ein Mund dient zur Aufnahme der Nahrung, ein Darmkanal zur Verdauung derselben, und ein After zum Ausstofsen der Fäces; eine Leibeshöhle leitet die Verdauungsprodukte zu den entfernteren Teilen des Körpers, ein Blutgefäßsystem führt allen Organen Sauerstoff zu und führt die Kohlenäure fort; eine Epidermis dient als Organ der Empfin-

dung und Respiration, Nephridien zur Abgabe des Waffers und der stickstoffhaltigen Zerfallsprodukte, und ein ausgebildetes Nervenfystem reguliert die Bewegungen der verschiedenen Teile und ermöglicht den Verkehr des Organismus mit der Außenwelt. Es ist klar, daß die Differenzierung des Baues und die Teilung der physiologischen Arbeit eine viel sichtbarere und wichtigere Rolle spielen, als in irgend einem der bisher besprochenen Organismen.

Zweitens bemerken wir eine viel größere Kompliziertheit der mikroskopischen Struktur, als bei irgend einer unserer bisherigen Arten. Der erwachsene Organismus läßt sich nicht mehr in mehr oder weniger deutlich erkennbare Zellen zerlegen. In dem Oberhaut-, Darm- und Cölom-epithel fahen wir nichts Neues, aber die Muskelplatten sind keine Zellen, die Nephridien lassen keine Zellstruktur erkennen, ebensowenig die Nervenfasern oder die punktierte Substanz des Gehirnes.

Der Körper zerfällt vielmehr in Gewebe, deren jedes von den übrigen deutlich zu unterscheiden ist. Wir finden Epithelgewebe, Cuticulargewebe, Muskelgewebe und Nervengewebe, und Blut- und Leibesflüssigkeit sind als flüssige Gewebe zu betrachten. Es folgt hieraus, daß wir die Morphologie von Polygordius noch in viel höherem Maße, als die der früher besprochenen Arten unter zwei verschiedenen Gesichtspunkten studieren können: anatomisch, indem wir den allgemeinen Bau der Körperteile studieren, und histologisch, indem wir ihre feinere, mikroskopische Struktur betrachten.

Ein wichtiger Punkt muß noch besonders mit Bezug auf einige Gewebe erwähnt werden. Es wurde ausgeführt (S. 207), daß die Epidermis mehr das Aussehen einer Protoplasmaschicht mit regelmäÙig angeordneten Kernen, als das einer Zellschicht habe, und daß die Muskelplatten von einer Protoplasmaalage bedeckt sind, mit welcher die außerordentlich feinen Nervenfasern in kontinuierlichem Zusammenhange stehen (S. 215). Es zeigen also einzelne Gewebe von Polygordius eine Kontinuität des Protoplasmas, eine Erscheinung, welche sowohl unter den Tieren als unter den Pflanzen weit verbreitet zu sein scheint.

## Sechszwanzigste Vorlesung.

# Polygordius.

(Fortsetzung.)

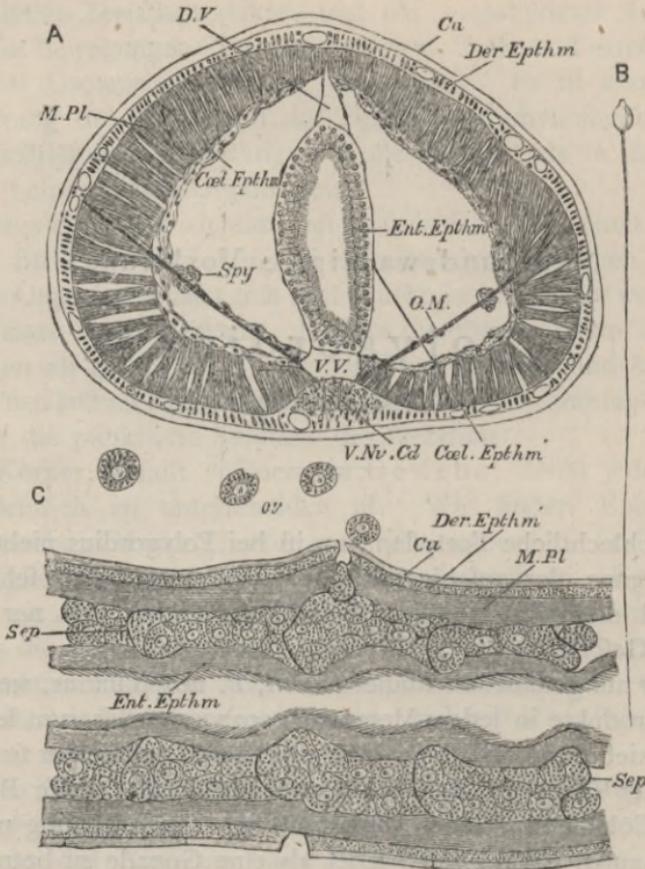
Ungelechtliche Fortpflanzung ist bei Polygordius nicht bekannt, und die Organe der geschlechtlichen Fortpflanzung sind sehr einfach. Das Tier ist diöcisch, in jedem Individuum finden sich nur Gonaden von einem Geschlecht.

Bei der am genauesten studierten Art, *P. neapolitanus*, werden Fortpflanzungsprodukte in jedem Metamer, vom vierten bis zum letzten, gebildet. Schief durch diese Segmente hindurch erstrecken sich schmale Muskelbänder (Fig. 71, *A, O, M*) und gewisse der diese Bänder bedeckenden Cölomepithelzellen vermehren sich durch Teilung und bilden kleine Zellhaufen (*Spy*), deren jeder als eine Gonade zu betrachten ist. So findet sich ein Paar von Gonaden in jedem Segment, mit Ausnahme des Prostoms, des Peristoms, der drei ersten Metameren und des Analsegmentes, so daß die Fortpflanzungsorgane dieselbe metamere Anordnung zeigen, wie die Verdauungs-, Ausscheidungs- und Cirkulationsorgane. Es ist weiter zu bemerken, daß die primitiven Geschlechtszellen, da sie sich aus dem Cölomepithel entwickeln, mesodermale Gebilde sind, nicht, wie bei den Hydroiden, ektodermale (S. 176 u. 185).

Im männlichen Geschlecht teilen sich die primitiven Geschlechtszellen wiederholt und die Endprodukte entwickeln Spermien (Fig. 71, *B*; f. S. 220), im weiblichen Geschlecht wachsen sie außerordentlich und nehmen den Charakter von Eiern an (*C, ov*). Es findet eine so starke Vermehrung der Sexualprodukte statt, daß die ganze Leibeshöhle sich prall mit Spermien oder Eiern erfüllt (*C*).

Bei dem Weibchen findet das Wachstum der Eier auf Kosten aller übrigen Körperteile statt, welche mehr oder weniger der Atrophie verfallen. Die Epidermis beispielsweise wird verflüssigt und die Muskeln verlieren ihre Kontraktilität. Endlich wird die Körperwand in jedem Segment durchbrochen und durch die so entstandenen Spalten schlüpfen die Eier aus. Polygordius bringt daher, wie die einjährigen Pflanzen,

Fig. 71.



*Polygordius neapolitanus*. — Nach Fraipont.

A Querschnitt eines männlichen Individuums, zeigt die Lage der unreifen Gonaden (*spy*) und die Form und Anordnung der in Fig. 68, C schematisch dargestellten Zellschichten.

Die Körperwand besteht aus Cuticula (*Cu*), Epidermis (*Der. Epthm*), Muskelplatten (*M. Pl*) und der parietalen Schicht des Cölomepithels (*Coel. Epthm*). Man sieht, daß das Bauchmark (*V. Nv. Cd*) im kontinuierlichen Zusammenhange mit der Epidermis steht.

Die Darmwand besteht aus bewimpertem Darmepithel (*Ent. Epthm*), welches von dem visceralen Blatte des Cölomepithels (*Coel. Epthm'*) bedeckt wird. Mit der Körperwand ist sie durch das dorsale und ventrale Mesenterium verbunden, welche aus einer doppelten Schicht von Cölomepithel bestehen und bezw. das dorsale (*D. V*) und ventrale (*V. V*) Blutgefäß einschließen.

Die Leibeshöhle wird schief durchsetzt von den schiefen Muskeln (*O. M*), welche vom Cölomepithel bedeckt werden. Durch Differenzierung von Zellgruppen des letzteren entstehen die Spermarien (*spy*).

B einzelnes Sperma mit breitem Kopf und dünnem Schwanz.

C Horizontalschnitt eines geschlechtsreifen Weibchens.

Die Körperwand (*Cu, Der. Epthm, M. Pl*) ist teilweise histologisch degeneriert und an zwei Stellen durchbrochen, um das Auschlüpfen der Eier (*ov*), welche noch die zwischen der Körperwand, der Darmwand (*Ent. Epthm*) und den Septen (*Sept*) eingeschlossenen Cölomhöhlen erfüllen, zu ermöglichen.

nur eine einzige Brut hervor, der Tod ist die unausbleibliche Folge der erlangten Geschlechtsreife. Ob im männlichen Geschlecht ein ähnliches Durchbrechen der Körperwand stattfindet, oder nicht, ist noch ungewiß; es ist beobachtet worden, daß die Spermien durch die Nephridien ins Freie gelangen.

Es ist wohl möglich, daß bei der Abwesenheit besonderer Gonadukte oder Ausführungsgänge für die Sexualprodukte, die Nephridien neben ihrer gewöhnlichen Funktion noch als männliche Gonadukte oder Spermidukte<sup>1)</sup> dienen. Weibliche Gonadukte oder Ovidukte fehlen jedoch gänzlich.

Nachdem die Eier und Spermien in das umgebende Wasser entleert sind, erfolgt die Befruchtung, und durch Furchung oder Teilung des hierdurch gebildeten Oosperms entsteht ein Polyplast (f. S. 186). Durch Anordnung feiner Zellen in zwei Schichten und durch Bildung einer Darm- oder Verdauungshöhle wird der Polyplast zu einer Gastrula (f. S. 198), welche durch weitere Entwicklung sich zu einem eigentümlichen, freischwimmenden Wesen umbildet, welches Trochophaera genannt wird und in Fig. 72, A (a. f. S.) dargestellt ist.

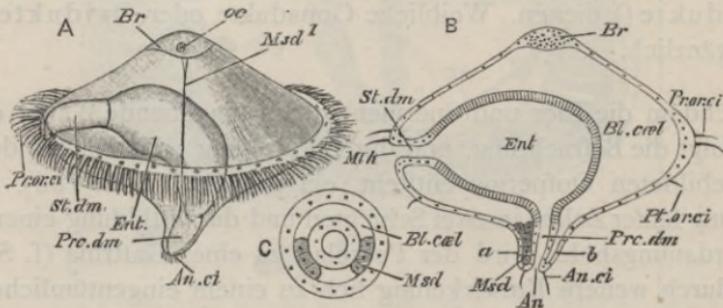
Die Trochophaera, oder die soeben ausgefchlüpfte Larve von Polygordius (Fig. 72, A) mißt ungefähr  $\frac{1}{4}$  mm im Durchmesser, hat ungefähr die Form eines Kreifels und besteht aus einem kuppelförmigen, oberen Abschnitt, dem Prostom, welches sich in einen vorspringenden, horizontalen Ring verbreitert, einem mittleren Abschnitt oder Peristom, welcher die Form einer umgekehrten Halbkugel besitzt, und einer unteren, mehr oder weniger kegelförmigen Analregion. Der ringförmige Vorsprung trägt einen doppelten Kranz großer Wimpern (*Pr. or. ci*), mittels deren die Larve sich im Wasser fortbewegt.

Unterhalb des Wimperringes befindet sich eine runde Öffnung, der Mund (*Mth*). Diese führt durch einen kurzen, fast geraden Schlund (*St. dm*) in einen geräumigen Magen (*Ent*), von dessen unterer Seite ein kurzer, schwach gebogener Darm (*Prc. dm*) entspringt, welcher am Ende des kegelförmigen, unteren Abschnittes sich in den After öffnet (*A*). Zwischen der Körperwand und dem Darmkanal befindet sich ein von Flüssigkeit erfüllter Raum (*Bl. coel*), welcher jedoch, wie wir sehen werden, nicht der Leibeshöhle des erwachsenen Tieres entspricht. Die Körperwand und die Darmwand bestehen aus je einer einzigen Schicht epithelialer Zellen, da alle Gewebe, welche wir bei dem erwachsenen Tiere unter dem Namen Mesoderm zusammenfaßten (S. 208), noch fehlen, oder so dürftig entwickelt sind, daß sie für jetzt vernachlässigt werden können.

<sup>1)</sup> Die Bezeichnungen »Gonadukt« und »Spermidukt« sind sprachlich nicht einwandfrei. Die letztere müßte wenigstens, dem griechischen Sprachgebrauche entsprechend, in »Spermatodukt« umgewandelt werden, bleibt aber auch dann noch eine vox hybrida. Anm. d. Übersetzers.

Lassen wir alle Einzelheiten bei Seite, so wird es einleuchten, daß die Trochospaera des Polygordius in den allgemeinen Zügen ihres Baues sich mit einer Meduse vergleichen läßt (vergl. Fig. 55, S. 182), da sie aus einer äußeren, die Bedeckung des Körpers bildenden, und einer inneren, die Verdauungshöhle auskleidenden Zellenficht besteht. Doch stoßen wir dabei auf zwei wichtige Unterschiede: der Raum

Fig. 72.



A Larven von *Polygordius neapolitanus* im Trochospaera-Stadium. Nach dem Leben.

B schematischer Längsschnitt derselben. Das Ektoderm ist punktiert, das Endoderm quer gefrichelt, das Mesoderm gleichmäßig schattiert, das Nervensystem fein punktiert.

C Querschnitt durch die Ebene *ab* in B.

Die Körperwand besteht aus einer einzigen Schicht von Ektodermzellen, welche am Scheitel des Prostoms (obere Halbkugel) eigentümlich modifiziert sind und ein Gehirn (*Br*) und zwei Ocellen (*oc*) bilden.

Der Darmkanal besteht aus drei Abschnitten: dem Stomodaeum (*St. dm*), welches sich äußerlich in den Mund (*Mth*) öffnet und von Ektoderm ausgekleidet ist; dem von Endoderm ausgekleideten Mitteldarm (*Ent*), und dem Proctodaeum (*Pr. c. dm*), welches sich in den After öffnet und eine Ektodermauskleidung besitzt.

Zwischen der Körperwand und dem Darmkanal liegt die Leibeshöhle der Larve oder das Blastocöl (*Bl. coel*).

Das Mesoderm ist auf zwei schmale Zellstreifen im Blastocöl beschränkt (*B* und *C*, *Msd*), welche beiderseits am Proctodaeum liegen. Schmale Mesodermstreifen (*Msd*<sup>1</sup>) sieht man auch im Prostom von *A*.

Die Wimpern bilden einen präoralen Ring (*Pr. or. ci*) über und einen postoralen (*Pt. or. ci*) Ring unter dem Munde, sowie einen analen Ring (*An. ci*) um den After.

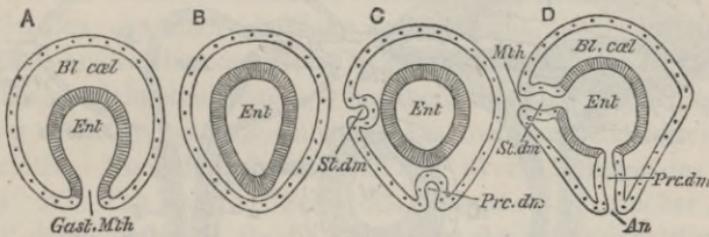
zwischen den beiden Zellenfichten wird bei der Meduse von der Stützlammelle eingenommen, während er bei dem Wurm von Flüssigkeit erfüllt ist, und der Verdauungskanal der Trochospaera hat nicht eine, sondern zwei Öffnungen.

Um jedoch einen genaueren Vergleich zwischen einer Meduse und einer Trochospaera anstellen zu können, ist es notwendig, durch Zuhilfenahme anderer Arten eine wesentliche Lücke in unserer Kenntnis von der Entwicklung des Polygordius auszufüllen: den Übergang von der Gastrula zur Trochospaera. Nach dem, was wir von der Ent-

wicklungs-geschichte anderer Würmer wissen, ist der Prozess in seinen allgemeinen Zügen wahrscheinlich folgender:

Das Ektoderm und Endoderm der Gastrula (Fig. 73, *A*) berühren einander nicht unmittelbar, wie in Fig. 63 (S. 198), sondern sind durch einen mit Flüssigkeit erfüllten Raum — das Blastocöl oder die larvale Leibeshöhle — voneinander getrennt. Der Mund der Gastrula verschließt sich (*B*), und der Urdarm (*Ent*) verwandelt sich auf diese Weise in einen geschlossenen Sack. Ungefähr zu derselben Zeit stülpt sich das Ektoderm an zwei Stellen ein (*C*), die beiden so gebildeten kleinen Taschen (*St. dm*, *Prc. dm*) wachsen einwärts, bis sie den geschlossenen Urdarm erreichen, und öffnen sich endlich in denselben (*D*),

Fig. 73.



Schema zur Veranschaulichung der Bildung der Trochophaera aus der Gastrula. Das Ektoderm ist punktiert, das Endoderm gestrichelt.

*A* Gastrula mit Urdarm (*Ent*) und Urmund (*Gast. Mth*); Ektoderm und Endoderm sind durch die larvale Leibeshöhle oder das Blastocöl (*Bl. coel*) voneinander getrennt.

*B* der Gastrulamund ist verschlossen, der Urdarm zum geschlossenen Sack geworden.

*C* zwei ektodermale Einstülpungen, das Stomodaeum (*St. dm*) und das Proktodaeum (*Prc. dm*) sind aufgetreten.

*D* das Stomodaeum (*St. dm*) und das Proktodaeum (*Prc. dm*) sind in den Urdarm (*Ent*) durchgebrochen, so dass ein vollständiger Darmkanal mit Mund (*Mth*) und After (*An*) entstanden ist.

so dass ein vollständiger Darmkanal gebildet wird, welcher, wie wir wohl beachten müssen, aus drei verschiedenen Teilen besteht: einer vordern, ektodermalen Einstülpung, welche sich nach außen durch den Mund öffnet und als Stomodaeum bezeichnet wird, dem mit Endoderm ausgekleideten Urdarm, und einer hinteren Ektodermeinstülpung, welche sich durch den After nach außen öffnet und Proktodaeum genannt wird.

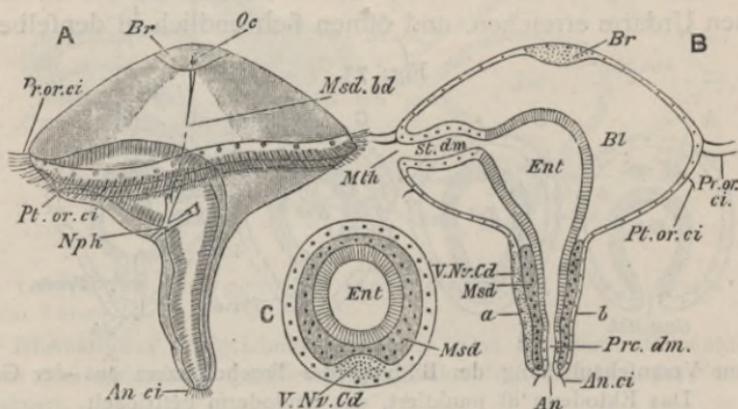
Bei der Trochophaera (Fig. 72) leitet sich der Schlund vom Stomodaeum, der Magen vom Urdarm und der Enddarm vom Proktodaeum her, so dass also nur der Magen der Wurmlarve dem Verdauungskanal einer Meduse entspricht, der Schlund und der Enddarm sind Bildungen, welche bei der letzteren Form nicht vertreten sind.

Noch zwei oder drei andere Punkte aus der Anatomie der Trochophaera müssen jetzt berücksichtigt werden.

Am Scheitel des kuppelförmigen Prostoms verdickt sich das Ektoderm sehr stark und bildet eine runde Zellplatte (Fig. 72 und 74, *Br*), die Anlage des Gehirnes. An der Oberfläche derselben Stelle und in enger Beziehung mit dem Gehirne liegt ein Paar kleiner, schwarzer Pigmentflecke, die Augenflecke oder Ocellen (*Oc*).

An jeder Seite des Darmes, zwischen dem Epithel desselben und dem äußeren Ektoderm, liegt eine Reihe Zellen, welche ein das Blastocöl zum Teil ausfüllendes Band darstellen (*B* und *C*, *Msd*). Diese

Fig. 74.



*A* lebendes Exemplar einer vorgeschrittenen Trochosphäralarve von *Polygordius neapolitanus*, zeigt die Verlängerung der Analregion zum Rumpf. — (Nach Fraipont.)

*B* schematischer Längsschnitt derselben; das Ektoderm ist grob, das Nervensystem fein punktiert, das Endoderm quer gestrichelt und das Mesoderm gleichmäßig schraffiert.

*C* Querschnitt durch die Ebenen *ab* in *B*.

Präorale (*Pr. or. ci*), postorale (*Pt. or. ci*) und anale (*An. ci*) Wimpern. Gehirn (*Br*), Ocellen (*Oc*), Blastocöl (*Bl*), Mund (*Mth*), Stomodaeum (*St. dm*), Proktodaeum (*Pr. c. dm*) und After (*An*) wie in Fig. 72, *A*; der Mitteldarm hat sich ein Stück weit in den Rumpf ausgedehnt.

In Fig. *A* sind dünne mesodermale Bänder (*Msd bd*) im Prostom und die verzweigte Kopfniere (*Nph*) sichtbar.

In *B* und *C* sieht man, wie das Mesoderm (*Msd*) das Blastocöl in der Rumpfregeion ausfüllt, das Ektoderm läßt eine Verdickung, das Bauchmark (*V. Nv. Cd*) erkennen.

zwei Bänder bilden die Anlage der gesamten mesodermalen Gewebe des ausgewachsenen Tieres — der Muskeln, des Cölomepithels u. f. w. — und werden daher die Mesodermstreifen genannt.

Endlich liegt jederseits von dem unteren oder hinteren Ende des Magens ein feines Rohr (Fig. 74, *A*, *Nph*), welches sich durch eine schmale Öffnung nach außen, und durch ein weites, trichterförmiges Ende in das Blastocöl öffnet; es besitzt alle Merkmale eines Nephridiums, und wird als die Kopfniere bezeichnet.

Da die Larve des *Polygordius* sich so auffallend von dem erwachsenen Tiere unterscheidet, so liegt auf der Hand, daß die Entwicklung, wie schon in mehreren uns bekannt gewordenen Fällen, von einer Metamorphose begleitet sein muß.

Die erste auffällige Veränderung ist die Verlängerung des kegelförmigen Analabschnittes zu einem schwanzartigen Gebilde, welches als Rumpf bezeichnet werden kann (Fig. 74, *A*). Der Magen (Urdarm), welcher ursprünglich auf das Proctom und Peristom beschränkt war, ist ein bedeutendes Stück in den Rumpf hineingewachsen (*B, ent*), so daß das Proktodaeum nur den dem After unmittelbar benachbarten Abschnitt bildet.

Wichtige innere Veränderungen finden gleichfalls statt. Die Epidermis oder das äußere Ektoderm besteht größtenteils, wie in den früheren Stadien, aus einer einzelnen Zellschicht, aber auf der Seite des Rumpfes, auf welcher der Mund liegt — d. h. auf der in Fig. 74, *A* und *B* links gezeichneten Seite —, hat diese Schicht eine beträchtliche Verdickung erfahren, und ist nunmehr aus mehreren Zellschichten zusammengesetzt. Diese Ektodermverdickung ist die Anlage des Bauchmarkes (*V. Nv. Cd*) und die Seite des Rumpfes, an welcher sie sich bildet, ist damit bestimmt als die Bauchseite des künftigen Wurmes zu erkennen, die entgegengesetzte — in der Figur rechts gezeichnete — als die Rückenseite. In einem späteren Stadium bilden sich zwei ektodermale Stränge — die Schlundkonnective —, welche das Vorderende des Bauchmarkes mit dem Gehirn verbinden. Bemerkenswert ist, daß die beiden Abschnitte des Nervensystems — Gehirn und Bauchmark — ursprünglich ganz voneinander getrennt auftreten.

Die Mesodermstreifen, welche in dem früher betrachteten Stadium klein und ganz voneinander getrennt waren (Fig. 72, *B* und *C, Msd*), sind nunmehr so stark gewachsen, daß sie den Darm vollständig umschließen und das Blastocöl ausfüllen (Fig. 74, *B* und *C, Msd*). In diesem Stadium existiert daher im Rumpfe keine Leibeshöhle, sondern der Raum zwischen dem Oberhaut- und dem Darmepithel wird von einer soliden Mesodermmasse erfüllt. Mit einem Worte, die Larve ist in diesem Zustande, was den Rumpf anbetrifft, triploblastisch, aber acöломat.

Die Entwicklung schreitet fort, und die Larve nimmt die in Fig. 95, *A* dargestellte Form an. Der Rumpf hat sehr an Länge zugenommen und hat sich zu gleicher Zeit durch eine Reihe von Ringfurchen in Segmente oder Metameren geteilt, gleich denen des erwachsenen Wurmes, aber stärker ausgeprägt (vergl. Fig. 67, *D*, S. 204). Verfolgt man das Wachstum der Larve von dem vorhergehenden bis zu dem jetzt betrachteten Stadium, so bemerkt man, daß diese Segmente sich in der Richtung von vorn nach hinten entwickeln, d. h. das dem Peristom zunächst liegende Segment ist das älteste, und neue entwickeln sich beständig

zwischen dem zuletzt gebildeten und dem Ende des Rumpfes oder dem nunmehrigen Analsegment. In Folge dieses Prozesses hat die Larve das Aussehen eines Wurmes mit ungeheuer großem Kopfe und sehr schmalem Rumpfe erhalten.

Der ursprüngliche Magen der Larve (Urdarm) hat sich während der Bildung der Metameren soweit verlängert, daß er den größten Teil des Darmkanals bildet; das Proktodaeum (*Pr. dm*) bleibt auf das Analsegment beschränkt.

Zwei weitere auffällige Veränderungen sind das Auftreten eines Paares kleiner Fortsätze (*A, t*) — der Anlagen der Fühler — auf dem Scheitel des Prostoms und eines Wimperringes am hinteren Ende des Rumpfes.

Die inneren Veränderungen, welche während des Überganges in die jetzt betrachtete Form erfolgen, sind sehr auffälliger Art. In jedem fertig ausgebildeten Segment hat sich das — wie wir uns erinnern, in dem vorhergehenden Stadium folide — Mesoderm in zwei Schichten gespalten, eine somatische [*B* und *C, Msd (Som)*], dem Ektoderm, und eine splanchnische [*Msd (spl)*], dem Endoderm anliegende Schicht. Der Raum zwischen beiden Schichten ist die bleibende Leibeshöhle oder das Cölom (*Coel*), welches also eine von der larvalen Leibeshöhle oder dem Blastocöl völlig verschiedene Bildung ist, da sie nicht als Hohlraum zwischen Ektoderm und Endoderm, sondern durch Spaltung eines ursprünglich soliden Mesoderms entsteht.

Die Spaltung des Mesoderms geht jedoch nicht ganz bis zur dorsalen und ventralen Mittellinie; an beiden Stellen bleibt ein Streifen ungetheilten Mesoderms übrig (*C*), und auf diese Weise entsteht das dorsale und ventrale Mesenterium. Spalten innerhalb derselben, offenbar Reste des Blastocöls, bilden das dorsale und ventrale Blutgefäß. Übrigens verläuft der Spaltungsprozeß in jedem Segment unabhängig und es bleiben senkrechte Querwände ungetheilten Mesoderms übrig (*B, Sept*), welche jedes Segment nach hinten und vorn von den benachbarten Segmenten trennen; auf diese Weise entstehen die Septen.

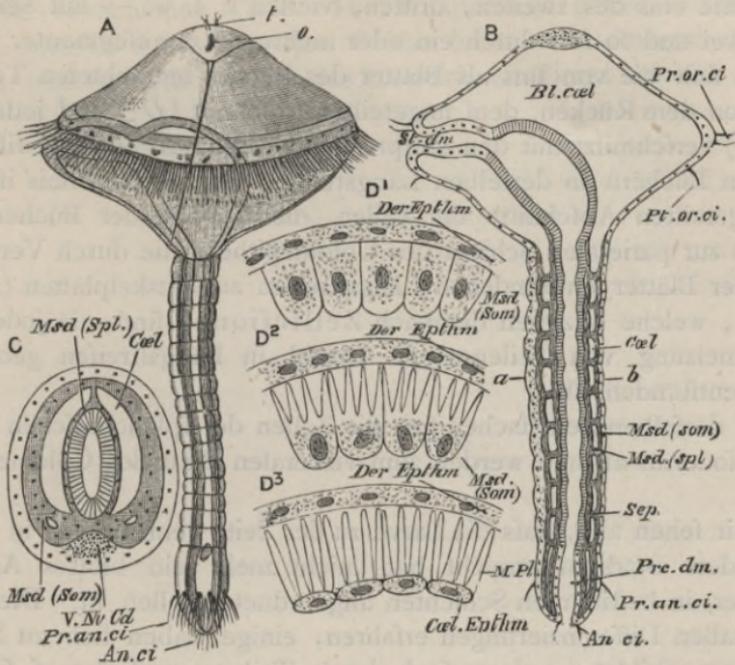
Die Nephridien scheinen einen doppelten Ursprung zu haben, indem der oberflächliche Abschnitt derselben vom Ektoderm, der tiefere Abschnitt, einschließlic des Nephrostoms, von der somatischen Schicht des Mesoderms gebildet wird.

Im Bauchmark haben sich die der äußeren Oberfläche zunächst liegenden Zellen vergrößert und Nervenzellen gebildet, während die an der Rückenfläche des Bauchmarkes liegenden sich in die Länge gestreckt und in Nervenfäden umgewandelt haben. Dieser Prozesses hat bereits im vorhergehenden Stadium begonnen.

Die auffallendsten histologischen Veränderungen sind jedoch diejenigen, welche sich in der somatischen Mesodermischiecht vollziehen. Zuerst besteht dieselbe aus gewöhnlichen, kernhaltigen Zellen [*D', Msd (Som)*], bald jedoch spaltet sich jede Zelle in radialer Richtung (*D<sup>2</sup>*)

von aussen nach innen, — d. h. vom Ektoderm (*Der. Epthm*) nach dem Cölo zu, so dafs sie schliesslich die Form eines Buches mit vier

Fig. 75.



A Larve von *Polygordius neapolitanus* in einem mittleren Entwicklungsstadium zwischen Trochosphaera und ausgebildetem Wurm, die Rumpfreion verlängert und in Metameren geteilt. (Nach Fraipont.)

B schematischer Längsschnitt derselben. Das Ektoderm grob, das Nervensystem fein punktiert, das Endoderm quer gestrichelt, das Mesoderm gleichmässig schattiert.

C Querschnitt durch die Ebene *ab* in B.

Präorale (*Pr. or. ci*), postorale (*Pt. or. ci*) und anale (*An. ci*) Wimper, Blastocöl (*Bl. coel*), Stomodaeum (*St. dm*) und Proktodaeum (*Pr. dm*) wie in Fig. 72, A und B. Der Darm erstreckt sich nunmehr durch die ganze segmentierte Region des Rumpfes.

Ein Paar von Fühlern (*f*) ist am Prostom in der Nähe der Ocellen (*o*) aufgetreten, und ein präoraler Wimperring (*Pr. an. ci*) hat sich entwickelt.

Das Mesoderm hat sich in eine somatische [*Msd. (som)*] und splanchnische [*Msd. (spl)*] Schicht gespalten, welche das Cölom (*Coel*) einschliessen. Die Septen (*Sep*) bestehen aus ungeteilten Mesodermplatten, welche die Segmente der Leibeshöhle voneinander trennen.

D<sup>1</sup>—D<sup>3</sup> drei Entwicklungsstadien des somatischen Mesoderms. In D<sup>1</sup> besteht dasselbe [*Msd. (Som)*] aus einer einzelnen, der Epidermis (*Der. Epthm*) anliegenden Zellschicht; in D<sup>2</sup> haben die Zellen begonnen, sich in radialer Richtung zu spalten, in D<sup>3</sup> hat sich jede derselben in eine Anzahl radial gestellter Muskelplatten (*M. Pl*) und eine einzelne Cölomepithelzelle (*Coel. Epthm*) gespalten.

oder mehr getrennten Blättern annimmt, welche nach auswärts, d. h. gegen die Oberfläche des Körpers gerichtet sind, während der Rücken

— der ungeteilte Abschnitt der Zelle — die Leibeshöhle begrenzt. Da die Zellen in Längsreihen angeordnet sind, so stehen eine Anzahl solcher Bücher an ihren Enden miteinander in Berührung, so daß die entsprechenden Blätter zusammenstoßen — auf Seite eins des einen Buches folgt Seite eins des zweiten, dritten, vierten u. s. w. — auf Seite zwei Seite zwei und so fort durch ein oder mehrere Rumpffragmente. Später trennen sich die von uns als Blätter des Buches betrachteten Teile der Zelle von dem Rücken, dem ungeteilten Abschnitt ( $D^3$ ) und jedes Blatt ( $M. Pl$ ) verschmilzt mit den entsprechenden Blättern einer gewissen Anzahl von Büchern in derselben Längsreihe. Das Endergebnis ist, daß die ungeteilten Abschnitte der Zellen (die Rücken der Bücher, *Coel. Epithm*) zur parietalen Schicht des Cölomepithels, die durch Verschmelzung der Blätter entstandenen Längstreifen zu Muskelplatten ( $M. Pl$ ) werden, welche letzteren demnach Zellfusionen sind, da jede durch Verschmelzung von Teilen einer Anzahl in Längstreifen geordneter Zellen entstanden ist.

In derselben Zeit flachen sich die Zellen der splanchnischen Schicht des Mesoderms ab und werden zum visceralen Blatt des Cölomepithels.

Wir sehen also, daß die Larve zu der Zeit, wenn sie das in Fig. 75 abgebildete Stadium erreicht hat, nicht mehr ein bloßes Aggregat einfacher, in bestimmten Schichten angeordneter Zellen ist. Die Zellen selbst haben Differenzierungen erfahren, einige haben sich zu Nervenfasern umgebildet, andere sind durch Teilung und darauf folgende Verschmelzung mit ihren Nachbarn zu Muskelplatten geworden, während noch andere, wie z. B. die Epithelzellen, fast unverändert geblieben sind.

Im Laufe der Entwicklung des Polygordius geht also Zellvermehrung und Zelldifferenzierung Hand in Hand, und das Resultat ist die Bildung der komplizierten Gewebe, deren Besitz einen so augenfälligen Unterschied zwischen dem Wurme und den einfacheren, früher studierten Formen bedingt.

Es ist bemerkenswert, daß dieses vergleichsweise komplizierte Tier in einem gewissen Stadium seines Lebens — als Ooform — so einfach ist, wie eine Amöbe; in einem andern — als Polyplast — einer Pandorina oder einem Volvox vergleichbar ist; in einem dritten — als Gastrula — in seinen allgemeinen Zügen einer Hydra entspricht; während es in einem vierten Stadium — als Trochospaera — in manchen Beziehungen einer Meduse gleicht. Wie in andern besprochenen Fällen, durchläuft die verhältnismäßig hochorganisierte Form im Verlaufe ihrer individuellen Entwicklung Stadien, welche in ihren allgemeinen Zügen denen ähnlich sind, von denen wir nach der Entwicklungstheorie annehmen können, daß ihre Ahnen sie bei ihrem allmählichen Fortschreiten von einem niederen zum höheren Organisationsstadium durchlaufen haben mögen.

Der Abschluss der Entwicklung von Polygordius kann sehr kurz zusammengefasst werden. Der Rumpf wächst so viel schneller, als der Kopf, (Pro- und Peristom), dass der letztere allmählich im Verhältnis kleiner wird, und endlich mit dem Rumpfe gleichen Durchmesser hat, wie beim erwachsenen Tiere. Die Wimperringe gehen verloren, die Fühler wachsen zu ihrer vollen Grösse heran, die Augenflecke atrophieren, und so ist die Gestalt des erwachsenen Tieres erreicht.

Die allgemeinen Charaktere der höheren Tiere.

Dem Leser, welcher einmal die Grundsätze des Thierbaus kennen gelernt hat, wird es nicht schwer fallen, die hier beschriebenen Thiere, wie Hydra und Polysiphonia, nach den allgemeinen Grundsätzen der Zoologie zu beurtheilen. Die Organisation dieser Thiere ist im Wesentlichen dieselbe, wie die der niederen Thiere, nur dass die Organe derselben in der Organisation der höheren Thiere eine gewisse Ausbildung erreicht haben. Die Organisation der höheren Thiere ist im Wesentlichen dieselbe, wie die der niederen Thiere, nur dass die Organe derselben in der Organisation der höheren Thiere eine gewisse Ausbildung erreicht haben. Die Organisation der höheren Thiere ist im Wesentlichen dieselbe, wie die der niederen Thiere, nur dass die Organe derselben in der Organisation der höheren Thiere eine gewisse Ausbildung erreicht haben.

Siebenundzwanzigste Vorlesung<sup>1)</sup>.

## Die allgemeinen Charaktere der höheren Tiere.

---

Dem Leser, welcher einmal die Grundzüge des Baues typisch einzelliger Tiere, wie der Amöben und Infusorien, typisch zweifschichtiger Tiere, wie Hydra und Bougainvillea, und typisch dreifschichtiger Tiere, wie Polygordius, völlig klar erfafst hat, wird das Verständnis der allgemeinen Merkmale der Organisation irgend welcher andern Glieder des Tierreiches keinerlei Schwierigkeit mehr bereiten. Sind einmal die Begriffe Zelle, Zellschicht, Gewebe, Körperwand, Darm, Stomodaeum, Proktodaeum, Leibeshöhle, formatisches und splanchnisches Mesoderm, völlig verstanden, so sind alle übrigen Punkte kaum mehr als Kleinigkeiten.

Nehmen wir irgend ein Lehrbuch der Zoologie zur Hand, so werden wir finden, dafs das Tierreich in sieben primäre Unterabteilungen zerfällt, die fogenannten Unterreiche, Typen oder Stämme. Es sind dies die folgenden:

Protozoa	Arthropoda
Coelenterata	Mollusca
Vermes	Vertebrata.
Echinodermata	

Mit wenigen Ausnahmen, welche zu besprechen hier nicht der Ort sein würde, läfst sich die ungeheure Zahl der uns bekannten Tiere in eine oder die andere dieser Gruppen einordnen.

Die Protozoen sind einzellige Tiere; sie sind in den vorhergehenden Vorlesungen durch Amoeba und Protamoeba, Haematococcus, Heteromita, Euglena, die Mycetozoen, Paramaecium, Stylonychia, Oxytricha, Opalina, Vorticella, Zoothamnium, die Foraminiferen und Radiolarien vertreten gewesen. Von manchen Autoren werden auch Pandorina

---

<sup>1)</sup> Leser, welche keine zoologischen Studien getrieben oder nicht wenigstens eine Anzahl ausgewählter Tiertypen präpariert haben, mögen diese Vorlesung überschlagen und zu der nächsten übergehen.

und Volvox zu dieser Gruppe gezählt. Der Leser wird demnach keine Schwierigkeit darin finden, die allgemeinen Züge dieses Stammes zu erfassen.

Die Cölenteraten sind diploblastische Tiere und sind gleichfalls auf den vorhergehenden Blättern vertreten gewesen, nämlich durch Hydra, Bougainvillea, Diphyes und Porpita. Die Seeanemonen, Korallen und Spongien gehören gleichfalls diesem Tierstamme an.

Die Würmer (Vermes) bilden eine sehr heterogene Gemeinschaft. Sie sind alle triploblastisch, aber während einige cölomat sind, besitzen andere keine Leibeshöhle; einige wiederum sind segmentiert, andere nicht. Dennoch wird dem, der den Bau von Polygordius völlig verstanden hat, das Verständnis des Baues eines Plattwurmes, eines Bandwurmes, eines Spulwurmes, eines Regenwurmes oder eines der gewöhnlichen marinen Würmer wenig Schwierigkeit machen.

Von den übrigen Stämmen haben wir bisher keine Vertreter studiert, aber eine kurze Beschreibung einer einzigen, typischen Form aus jedem derselben wird uns zeigen, wie sie alle dem allgemeinen Bauplan eines Polygordius entsprechen, indem sie alle triploblastisch und cölomat sind.

Zu den Echinodermen gehören die verschiedenen Arten der Seeesterne — Schlangensterne, Haarsterne u. dergl. m. —, sowie die Seeigel, Seegurken (Holothurien) u. s. w. Ein Seeesterne wird uns als Paradigma für die ganze Gruppe dienen.

Der Stamm der Arthropoden umfaßt die Krebse, Hummer, Krabben, Garneelen, Seeheuschrecken, Kelleraffeln und Wasserflöhe; die Skorpione, Spinnen und Milben; die Taufendfüßler und Bandaffeln; alle Arten von Insekten, wie die Küchenschaben, Käfer, Fliegen, Ameisen, Bienen, Schmetterlinge und Motten. Der Flußkrebse ist ein sehr geeigneter Vertreter der Gruppe.

Zum Stamme der Mollusken zählen wir die gewöhnlichen Zweischaler, die Auster und die übrigen Muscheln; die Schnecken und andere einschalige oder schalenlose verwandte Formen; die Seeschmetterlinge<sup>1)</sup>; die Tintenfische und Kraken. Die Betrachtung einer Teichmuschel wird uns mit den allgemeinen Charakteren dieser Gruppe bekannt machen.

Zu den Wirbeltieren (Vertebrata) endlich gehören alle Rückgrattiere: die Lampreten und Neunaugen; die echten Fische, wie die Haie, die Rochen und Störe, der Stockfisch, der Barsch, die Forelle u. s. w.; die Amphibien, wie die Frösche, Kröten, Molche und Salamander; die Reptilien, wie die Eidechsen, Krokodile, Schlangen und Schildkröten; die Vögel; die Säugetiere, oder die Tiere, welche eine mit Haaren bedeckte Haut besitzen und ihre Jungen säugen, wie

---

<sup>1)</sup> Englische Bezeichnung für die Faltenmuschel (Voluta). Anmerkung des Übersetzers.

die bekannten vierfüßigen Haartiere, die Wale und Robben, die Affen und der Mensch. Die wesentlichen Eigentümlichkeiten des Baues eines Wirbeltieres werden wir aus einer kurzen Beschreibung des Hundshaies erkennen.

### Der Seefern<sup>1)</sup>.

Ein gewöhnlicher Seefern besteht aus einem mittleren, scheibenförmigen Abschnitt, von welchem fünf Arme oder Radien ausgehen. Er kriecht über die Felsen hin, die Bauchfläche abwärts, die Rückenfläche aufwärts gerichtet. Er kann sich nach jeder Richtung bewegen, so daß ein Vorder- und ein Hinterende im gewöhnlichen Sinne nicht unterschieden werden kann. Eine derartige radiale Symmetrie, d. h. die Gliederung des Körpers in gleiche, von einem gemeinsamen Centrum ausstrahlende Teile, ist für die Echinodermen im Allgemeinen charakteristisch.

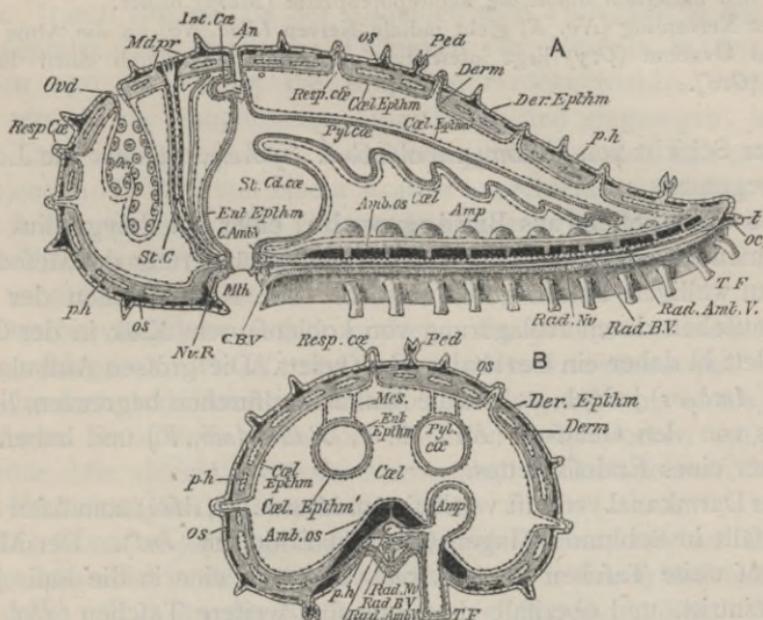
In der Mitte der Scheibe, an der ventralen Oberfläche derselben, liegt der Mund (Fig. 76, *A*, *Mth*) und von demselben gehen fünf Furchen aus, je eine längs der Unterseite jedes Armes (*A* und *B*). Beim lebenden Tiere ragen zahlreiche, feine, halbdurchsichtige Cylinder, die Saugfüße (*T. F*) aus diesen Furchen hervor; sie sind sehr dehnbar und jeder endet mit einem Saugnapf. Indem er diese Gebilde in verschiedener Richtung bewegt, einige ausstreckt und andere einzieht, ist der Seefern im Stande, sich sowohl auf horizontalen wie an vertikalen Flächen fortzubewegen, oder auch sich selbst umzuwenden, wenn er mit der Bauchseite aufwärts gekehrt wurde.

Nahe der Mitte der Scheibe liegt auf der Doralseite der kleine After (*A*, *An*). Er liegt auf einer Linie, welche man von der Mitte der Scheibe nach dem einspringenden Winkel zwischen zwei Strahlen ziehen kann, und seine Lage wird daher als interrädial bezeichnet. Nahe dem After, und gleichfalls interrädial liegt eine kreisförmige Kalkplatte, die Madreporenplatte (*Mdpr*), welche von zahlreichen mikroskopischen Öffnungen durchbohrt wird. Unzählige andere Kalkplättchen (*os*) sind der Körperwand eingelagert und bilden ein Skelett, welchem der Seefern seine Festigkeit und Widerstandsfähigkeit verdankt.

Auf Schnitten bemerkt man, daß eine deutlich erkennbare Leibeshöhle vorhanden ist, welche die Körperwand vom Darmkanal trennt, und die Gonaden, die Blutgefäße u. f. w. enthält. Die Körperwand besteht äußerlich aus einer sehr dünnen Cuticula, dann aus einer Schicht von Oberhautepithel, der Epidermis (*Der. Epthm*), weiter aus einer dicken, faferigen Schicht (*Derm*), der Cutis oder der tieferen Hautschicht, ferner aus einer dünnen, unterbrochenen Muskelschicht und endlich

<sup>1)</sup> Eine ausführlichere Beschreibung eines Seefernes (*Astropecten aurantiacus*) findet der Leser in Vogt und Yung, Praktische vergleichende Anatomie. Braunschweig 1888, I. Band, S. 581 bis 618. Anm. d. Übersetzers.

Fig. 76.



Schematische Durchschnitte eines Seefernes.

A Längsschnitt, rechts einen Radius, links einen Interradius halbierend. Die Ambulakalfurche mit den Saugfüßen (*T. F.*) und Ampullen (*Ampf*) ist perspektivisch gezeichnet.

B Querschnitt durch einen Arm.

Das Ektoderm ist grob, das Nervensystem fein punktiert, das Endoderm quer gefurchelt, das Mesoderm gleichmäßig schattiert, die Skeletteile schwarz, und das Cölomepithel durch eine Perllinie angedeutet.

Die Körperwand besteht aus Epidermis (*Der. Epithm*), Lederhaut (*Derm*) und der Parietalschicht des Cölomepithels (*Coel. Epithm*).

Von der Körperwand gehen die Pedicellarien (*Ped*) aus und das Ende des Armes trägt einen Tentakel (*t*) und an der Basis desselben einen Ocellus (*oc*).

Das Skelett besteht aus Kalkplättchen (*os*), welche der Haut eingelagert sind. Große Ambulakralplatten begrenzen die Ambulakalfurchen an der Ventralfläche der Arme.

Der Mund (*Mth*) führt durch einen kurzen Schlund in einen Magen (*St*), welcher einen kardiakalen (*Coel. Coe*) und ein Paar pylorikaler (*Pyl. Coe*) Blindfäcke an jeden Arm abgibt, und in einen Enddarm (*Int*) mit interradianalen Blindfäcken (*Int. Coe*) übergeht, der im After (*An*) ausmündet. Die Pylorikalblindfäcke hängen durch Mesenterien mit der dorsalen Körperwand zusammen (*B, Mes*). Die Wandung des Darmkanals besteht aus Darmepithel, welches von der visceralen Schicht des Cölomepithels (*Coel. Epithm'*) bedeckt ist.

Von der Leibeshöhle gehen respiratorische Blindfäcke ab (*Resp. Coe*), welche aus der Körperwand hervorragen; die letztere umschließt Perihämalräume (*p. h*), welche von der Leibeshöhle herkommen.

Das ringförmige Blutgefäß (*C, B, V*) umgibt den Schlund und gibt radiale Gefäße (*Rad. B. V*) an die Arme ab, sowie einen interradianalen Plexus, welcher mit einem den Enddarm umfassenden pentagonalen Ring in Verbindung steht.

Das ringförmige Ambulakralgefäß (*C. Amb. V*) gibt radiale Gefäße (*Rad. Amb. V*) an die Arme ab, welche mit den Saugfüßen (*T. F.*) und Ampullen (*Ampf*)

in Verbindung stehen; ebenso hängt dasselbe mit dem Steinkanal zusammen (*St. C*), welcher sich äusserlich durch die Madreporenplatte (*Mdrp*) öffnet.

Der Nervenring (*Nv. R*) giebt radiale Nerven (*Rad. Nv*) an die Arme ab.

Das Ovarium (*Ovy*) liegt interrarial und öffnet sich durch einen dorsalen Ovidukt (*Ovd*).

aus einer Schicht von Cölomepithel (*Coel. Epthm*), welches die Leibeshöhle begrenzt.

Die Cutis besteht aus Bindegewebe, einer bei *Polygordius* nicht vorkommenden Substanz, welche durch die Verlängerung der Mesodermzellen zu welligen Fasern gebildet wird. Die Kalktäfelchen des Skelettes entstehen durch Ablagerung von kohlensaurem Kalk in der Cutis, das Skelett ist daher ein dermales Exoskelett. Die grossen Ambulakralplatten (*Amb. os*) jedoch, welche die Ambulakralfurchen begrenzen, liegen einwärts von den Gefässen (*Rad. B. V*, *Rad. Amb. V*) und haben den Charakter eines Endoskelettes.

Der Darmkanal verläuft vertikal vom Munde (*A, Mth*) zum After (*An*) und zerfällt in Schlund, Magen (*St*) und Enddarm (*Int*). Der Magen giebt fünf weite Taschen ab (*Cd. coe*), deren je eine in die Basis jedes Armes eintritt, und oberhalb derselben fünf weitere Taschen (*Pyl. coe*), deren jede sich in zwei teilt (*B, Pyl. coe*) und sich bis zum Ende des entsprechenden Armes erstreckt. Der Darm giebt kleine, interrarial gelegene Blindfäcke ab (*Int. coe*). Der Verdauungskanal zeigt demnach, gleich dem ganzen Körper, radiale Symmetrie. Derselbe wird vom Darmepithel ausgekleidet, welches grösstenteils endodermalen Ursprungs und äusserlich vom Cölomepithel (*Coel. Epthm'*) bedeckt ist.

Die Respiration findet statt in blinden, fingerförmigen Ausstülpungen des Cöloms, den respiratorischen Blindfäcken (*Resp. coe*), welche zwischen den Kalkteilchen des Skelettes hindurchtreten und über die Körperoberfläche hervorragend, wodurch die Leibeshöhlichkeit in nahe Beziehung zu dem umgebenden Wasser tritt.

Das Blutgefässsystem besteht aus einem ringförmigen, den Schlund umfassenden Gefässe (*A, C. B. V*), welches mit einem pentagonalen, den Enddarm umgebenden Gefässe durch ein langgestrecktes Netz oder einen Plexus von Gefässen verbunden ist. Von dem Ringgefässe gehen fünf Radiärstämme in die Arme (*Rad. B. V*).

Unterhalb des ringförmigen Blutgefässes und parallel demselben liegt ein ähnliches, aber grösseres Organ, der Ambulakralring (*C, Amb. V*), welcher gleichfalls fünf Radiärgefässe (*Rad. Amb. V*) in die Arme entsendet. Diese geben in jedem Saugfusse (*B, T. F*) einen Zweig ab, welcher an seiner Basis ein Säckchen oder eine Ampulle (*Amp*) trägt. Von dem Ambulakralring erstreckt sich ein Rohr mit kalkiger Wandung, der Steinkanal (*St. C*), aufwärts und endigt in die Madreporenplatte (*Mdrp*), durch deren Öffnungen hindurch die das ganze Ambulakralsystem erfüllende Flüssigkeit in Verbindung mit dem umgebenden Wasser tritt.

Die Funktion des Ambulakralsystems ist hauptsächlich lokomotorisch. Durch Kontraktion der Ampullen wird Flüssigkeit in die Saugfüße gepresst, und durch die Thätigkeit der Muskeln in den Saugfüßchen wird dieselbe in die Ampullen zurückgetrieben. Auf diese Weise werden die Saugfüßchen ausgestreckt und eingezogen, je nach der Willkür des Tieres. Dies Kanalsystem, welches den Echinodermen eigentümlich ist, wird von einem Epithel ausgekleidet, welches bei der Larve kontinuierlich in das Cölomepithel übergeht. Man hat das Ambulakralsystem mit einem sehr großen und stark modifizierten Nephridium verglichen.

Das Nervensystem ist sehr einfach. Es besteht aus einem pentagonalen Ringe (*A, Nv. R*) rings um den Mund, welcher fünf radiale, längs der Ambulakalfurche, unterhalb der Blutgefäße bis in die Enden der Arme verlaufende und dort mit den Augenflecken zusammenhängende Äste abgibt. Sowohl Nervenring als Radialnerven sind einfache Verdickungen des Oberhautepithels.

Die Gonaden (*A, Ovy*) sind verzweigte Organe, fünf an der Zahl, welche interradianal in der Nähe der Basis der Arme liegen und sich durch Gonadukte (*Ovd*) an der Rückenfläche der Scheibe öffnen. Die Geschlechter sind auf verschiedene Tiere verteilt.

Sowohl Eier als Spermien werden ins Wasser entleert, und nach der Befruchtung entwickelt sich das Oosperm zu einer Gastrula, welche sich in eine eigentümliche, frei schwimmende Larve umbildet. Diese macht eine Metamorphose durch und geht in das geschlechtsreife Tier über.

### Der Krebs<sup>1)</sup>.

Der Körper eines Krebses oder Hummers ist bilateral symmetrisch und deutlich segmentiert, er besteht aus einem Prostom und neunzehn Metameren. Die vorderen zwölf Metameren sind miteinander und mit dem Prostom verschmolzen und bilden einen einheitlichen Körperabschnitt, den Cephalothorax (Fig. 77, *A, C. Th*); die sieben hinteren Segmente sind frei beweglich und bilden den Hinterleib oder das Abdomen (*Abd. Seg. 1, Abd. Seg. 7*). Es ist ein sehr allgemeiner Zug der Arthropoden, eine begrenzte und beständige Zahl von Segmenten zu besitzen, von welchen eine größere oder geringere Zahl miteinander verschmelzen.

Ein anderes unterscheidendes Merkmal der Arthropoden, welches der Krebs uns vorführt, ist der Besitz seitlicher Anhänge des Körpers, diese gehen von der Ventralregion aus, zwei Paar entspringen vom Prostom und eins von jedem der Metameren mit Ausnahme des letzten.

<sup>1)</sup> Eingehendere Beschreibungen findet der Leser in Huxley, Der Krebs. Deutsche Ausg., Leipzig 1881. S. auch Vogt und Yung, Prakt. vergleichende Anatomie. Braunschweig 1888—94, II. Band, S. 13—53. Anm. d. Übersetzers.

Die Anhänge selbst sind überdies gegliedert, und zerfallen in gelenkig verbundene Glieder oder Podomeren.

Beim Krebs finden wir eine ausgeprägte Differenzierung der Anhänge. Diejenigen des Prothoms sind ein Paar von Augenstielen<sup>1)</sup> und ein Paar kleiner Fühler (Antennulae), welche dem Geruchsinne dienen und auch das Gehörorgan einschließen<sup>2)</sup>. Die Metameren des Cephalothorax tragen ein Paar Fühler oder Antennen, sechs Paar, welche als Kiefer dienen (Mandibeln, erstes und zweites Maxillenpaar, und erstes, zweites und drittes Kieferfüßpaar) und fünf Paar Beine, deren erstes — bei den Süßwasserkrebsen und Hummern — viel größer ist, als die übrigen. Der Hinterleib trägt kleine, flossenartige Schwimmfüße an den fünf ersten Metameren, das sechste trägt größere Anhänge, welche, zusammen mit dem siebenten Segment oder dem Telson, die Schwanzflosse bilden.

Schnitte lehren, daß die Körperwand aus einer Schicht von Oberhautepithel (*Der. Epithm*), welches eine dicke Cuticula absondert (*Cu*), einer Bindegewebsschicht, welche die Cutis bildet (*Derm*), und einer sehr dicken Schicht großer und komplizierter Muskeln besteht (*M*), welche einen großen Teil des Körperinneren ausfüllen.

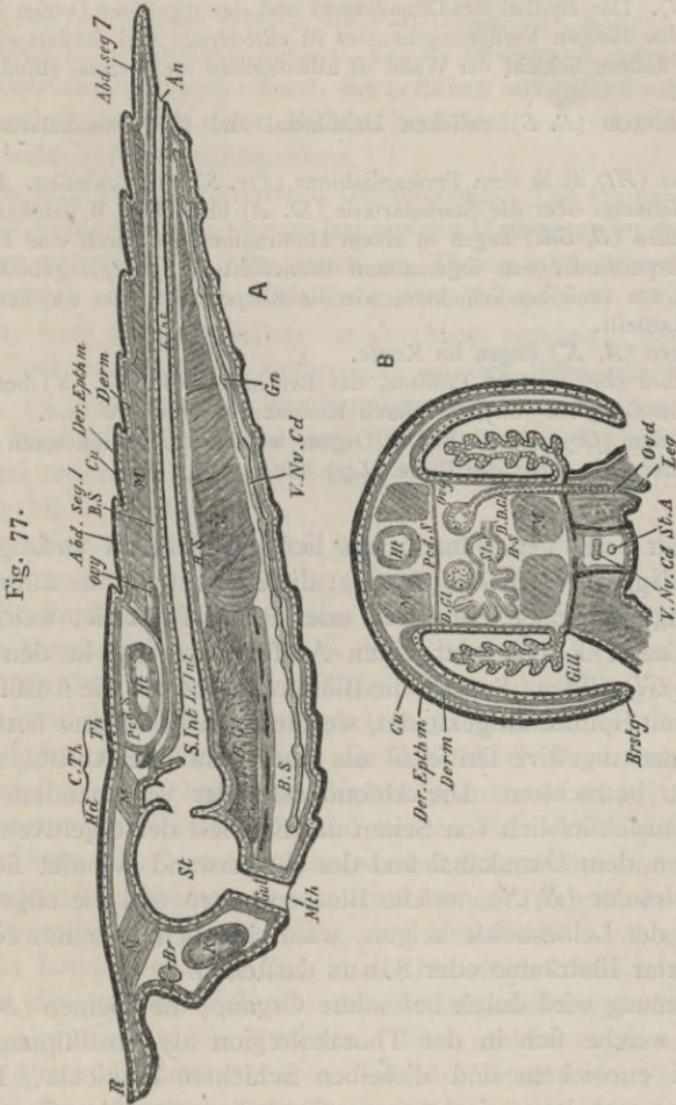
Die Cuticula (*Cu*) ist von großer Dicke und — mit Ausnahme der Gelenke zwischen den verschiedenen Segmenten des Körpers und der Gliedmaßen — mit Kalksalzen imprägniert, so daß sie einen harten, gegliederten Panzer bildet. Sie stellt auf diese Weise ein Skelett dar, welches, abweichend von dem des Seefernes (S. 234), ein cuticulares Exoskelett ist, und eine kontinuierliche, aber nicht kontinuierlich verkalkte Bedeckung des ganzen Körpers bildet.

Der Mund (*Mth*) liegt an der Ventralfläche des Kopfes, in dem Segment der Mandibeln oder des ersten Kieferpaares. Er erscheint deshalb, verglichen mit dem Munde von Polygordius, rückwärts verlagert, die Anhänge des ersten Metamers (die Antennen) liegen vor demselben. Der Darmkanal besteht aus einem kurzen Schlunde (*Gul*), einem großen Magen (*St*) und einem geraden Darne, welcher in einen kurzen vorderen (Dünndarm, *S. int*) und einen langen hinteren Abschnitt (Dickdarm, *L. int*) zerfällt; der letztere öffnet sich durch einen After (*An*) an der ventralen Fläche des letzten Segmentes. Das Studium der Entwicklungsgeschichte zeigt, daß der einzige Teil des Kanales, welcher sich aus dem Urdarm des Embryos entwickelt, der Dünndarm ist; Schlund und Magen entwickeln sich aus dem Stomodaeum, der Dickdarm aus dem Proktodaeum. Der einzige Abschnitt des Darmepithels, welcher endodermalen Ursprunges ist, ist also der des Dünndarmes; das Epithel

1) Die Augenstiele werden von den meisten neueren Zoologen nicht als den übrigen Körperanhängen gleichwertige Bildungen angesehen. Anm. d. Übersetzers.

2) Die Antennulen werden häufig als zum ersten Metamer gehörig betrachtet, und man zählt dann zwanzig Segmente.

des Schlundes, des Magens und des Dickdarmes ist ektodermaler Herkunft und sondert, wie das Oberhäutepithel, eine Cuticula ab. Die äußere Wandung des ganzen Verdauungskanales besteht aus Bindegewebe und Muskeln; Cölomepithel ist nicht vorhanden.



Schematischer Durchschnitt eines Flusskrebfs.

*A* Längschnitt: Rechte digestive Drüse (*D. Gl*) und Ovarium (*Ovy*) perspektivisch.

*B* Querschnitt durch den Thorax: Die digestive Drüse (*D. Gl*) ist nur links gezeichnet, der Ovidukt (*Ovd*) nur rechts.

Cuticula schwarz, Ektoderm grob, Nervensystem fein punktiert; Endoderm quer gestrichelt, Mesoderm gleichmäßig schattiert.

Der Körper zerfällt in Kopf (*Hd*) und Brust (*Th*), welche zusammen den Cephalothorax (*C. Th*) bilden, und sieben freie Abdominalsegmente (*Abd. seg. 1*, *Abd. seg. 7*). Der Kopf ist vorn in einen Stachel (Rostrum) verlängert.

Die Körperwand besteht aus Cuticula — teilweise verkalkt und zu einem Exoskelett geworden —, Oberhautepithel (*Der. Epithm*), Cutis (*Derm*) und einer sehr dicken Muskelschicht (*M*), welche im Abdomen deutlich segmentiert ist.

Der Mund (*Mth*) führt durch einen kurzen Schlund (*Gul*) in einen großen Magen (*St*), von welchem ein kurzer Dünndarm (*S. Int*) in den Dickdarm (*L. Int*) führt, der in den After (*An*) endigt. In den Dünndarm öffnen sich die digestiven Drüsen (*D. Gl*). Das Epithel des Dünndarmes und der digestiven Drüsen ist endodermal, das des übrigen Verdauungskanales ist ektodermal und sondert eine Cuticula ab. Die äußere Schicht der Wand ist allenthalben mesodermal (Bindegewebe und Muskeln).

Der Hohlraum (*B. S*) zwischen Darmkanal und Körpermuskulatur ist ein Blut sinus.

Das Herz (*Ht*) ist in dem Perikardialsinus (*Per. S*) eingeschlossen. Der ventrale Blutgefäßstamm oder die Sternalarterie (*St. A*) ist in Fig. B sichtbar.

Die Kiemen (*B, Gill*) liegen in einem Hohlraume, der durch eine Falte der thorakalen Körperwand, den sogenannten Branchioflegit (*Brstg*), gebildet wird. Dieser besteht aus denselben Schichten, wie die Körperwand, von welcher er eine Ausstülpung darstellt.

Die Nieren (*A, K*) liegen im Kopfe.

Das Gehirn (*Br*) liegt im Prostom, das Bauchmark (*V. Nv. Cd*) besteht aus einer Kette von Ganglien (*Gn*), die durch Konnektive verbunden sind.

Das Ovarium (*Ovy*) ist ein hohles Organ, welches sich durch einen Ovidukt (*B, Ovd*) an der Basis eines der Beine (*Leg*) öffnet.

An jeder Seite des Dünndarmes befindet sich ein umfangreiches Organ, die digestive Drüse (*D. Gl*); dieselbe besteht aus zahlreichen, handschuhfingerähnlichen Fortsätzen oder Blindfäcken, welche sich durch eine kurze Röhre oder einen Ausführungsgang in den Dünndarm (*B, D. Gl*) öffnen. Sowohl die Blindschläuche als die Ausführungsgänge sind mit Epithel ausgekleidet, welches vom Endoderm her stammt, und die ganze digestive Drüse ist als eine verzweigte Ausstülpung des Urdarmes zu betrachten. Die Abfonderung der verdauenden Flüssigkeit erfolgt ausschliesslich von Seiten des Epithels der digestiven Drüse.

Zwischen dem Darmkanal und der Körperwand befindet sich eine Anzahl Hohlräume (*B, S*), welche Blut enthalten und die allgemeinen Verhältnisse der Leibeshöhle zeigen, wahrscheinlich aber nur eine Anzahl erweiterter Bluträume oder Sinus darstellen.

Die Atmung wird durch besondere Organe, die Kiemen (*B, Gill*), ausgeführt, welche sich in der Thorakalregion als Ausstülpungen der Körperwand entwickeln und dieselben Schichten (Cuticula, Epithel, Bindegewebe) enthalten, wie letztere. Sie haben eine federförmige Gestalt und werden durch eine Falte der Körperwand bedeckt (*Brstg*).

Das Blutgefäßsystem ist nach demselben allgemeinen Grundplane gebaut, wie das des Polygordius, aber im Einzelnen stark modifiziert. Ein Teil des Rückengefäßes vergrößert sich und bildet eine muskulöse Erweiterung, das Herz (*Ht*), und die übrigen Gefäße, welche nur Arterien (*B, St. A*) genannt werden, bilden nicht ein in sich geschlossenes System, sondern bilden im Körper ausgedehnte Verzweigungen, deren äußerste in größere Hohlräume oder Sinus zwischen den Muskeln einmünden.

Einer dieser Hohlräume — der Perikardialsinus (*Pcd. S*) — umschließt das Herz. Das Herz, die Arterien und die Sinus zusammen bilden ein geschlossenes System, in welchem das Blut durch die Kontraktionen des Herzens in einer bestimmten Richtung fortgeleitet wird.

Die Ausscheidung wird durch ein Paar drüsiges Gebilde, die Nieren (*A, K*), bewirkt, welche im Vorderteile des Kopfes liegen, eingeschlossen in geräumigen Säcken, welche sich durch Ausführungsgänge an der Basis der Antennen öffnen. Sie bestehen aus zusammengeknäuelten, vom Epithel ausgekleideten Röhren und sind wahrscheinlich als stark modifizierte Nephridien anzusehen.

Die Krebse sind getrennten Geschlechtes. Die Ovarien (*Ovy*) sind ein Paar hohle Organe, welche bei einigen Gattungen in der Mitte miteinander verschmelzen, sie liegen im Thorax und öffnen sich durch Ovidukte (*B, ovd*) an der Basis des dritten Beinpaars. Die Spermatiden (Hoden) sind ebenfalls häufig in der Mitte vereinigt, und öffnen sich durch Spermidukte (*vafa deferentia*) an der Basis des fünften Beinpaars. Es liegt Grund zu der Annahme vor, daß die Gonadukte modifizierte Nephridien sind, und daß die Höhlungen der hohlen Gonaden eine stark reduzierte Leibeshöhle darstellen, aus deren Epithel die Sexualzellen gebildet werden.

Das Nervensystem ist nach ganz demselben Plane gebaut, wie das von *Polygordius*, es besteht aus einem dorsalen Gehirne (*Br*), welches durch Schlundkonnective mit dem Bauchmarke (*V. Nv. Cd*) verbunden ist. Im Bauchmarke sind jedoch die Zellen nicht gleichmäßig verteilt, sondern sie sind in kleineren Anschwellungen oder Ganglien (*Gn*) angehäuft, von denen sich ursprünglich in jedem Metamer ein Paar findet, während im erwachsenen Tiere die Zahl durch Verwachsung reduziert erscheint. Die Abschnitte des Nervensystemes zwischen den Ganglien bestehen nur aus Nervenfasern und werden Konnective genannt. Beim Embryo hängt das Nervensystem, wie bei *Polygordius*, unmittelbar mit der Epidermis zusammen, beim erwachsenen Tiere ist es jedoch nach einwärts gerückt, so daß es völlig vom Mesoderm umgeben ist.

Ein hervorragender Zug in der Histologie des Krebses, welcher sich bei der großen Mehrzahl der Arthropoden wiederfindet, ist die völlige Abwesenheit von Wimpern. Eine andere Eigentümlichkeit — welche gleichfalls dem größeren Teile der Tiere dieses Stammes eigen ist — ist die Unbeweglichkeit der Spermien.

Die abgelegten Eier werden den Schwimmfüßen der Mutter angeheftet und machen in dieser Situation ihre Entwicklung durch. Bei den Süßwasserkrebsen schlüpfen die Jungen in einer den erwachsenen Tieren sehr ähnlichen Gestalt aus, aber bei den Hummern und Seekrebsen findet eine Metamorphose statt.

Die Teichmuschel<sup>1)</sup>.

Der Körper ist bilateral symmetrisch und stark seitlich zusammengedrückt. Seine dorsale Wand ist in zwei paarige Lappen, die Mantellappen, verlängert (Fig. 78, *A* und *B*, *Mant*), welche jederseits am Körper abwärts reichen. Der äußeren Fläche der Mantellappen liegen die beiden Klappen der zweiklappigen, stark verkalkten Schale unmittelbar an, welche als cuticulares Sekret des Oberhautepithels entstehen (*B*, *Sh*). Die ventrale Körperregion ist in ein seitlich zusammengedrücktes, muskulöses Organ, den Fufs (*A* und *B*, *Foot*) ausgezogen, durch dessen Kontraktion sich das Tier langsam durch den Sand oder Schlamm fortbewegen kann, in welchem es zum Teil eingegraben lebt.

Der Besitz eines als Verlängerung der dorsalen Körperregion entstehenden Mantels, einer von dem Mantel abgeforderten, kalkigen Schale und eines muskulösen Fusses, welcher als unpaarige Verlängerung der ventralen Region entsteht, sind die charakteristischen Züge der Mollusken im Allgemeinen.

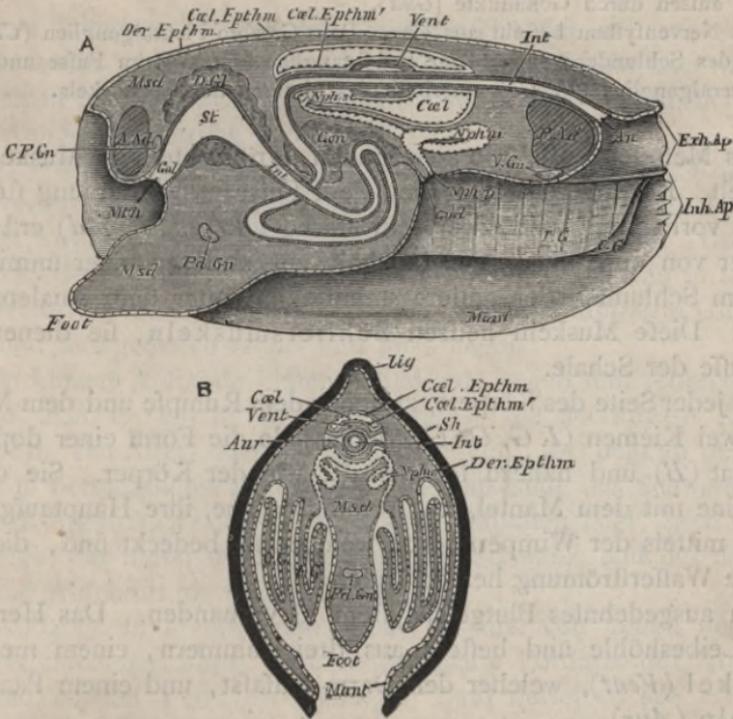
Nach hinten zu verdicken sich die Mantellappen stark und verschmelzen dort miteinander in der Weise, daß sie zwei Öffnungen einschließen, eine große, ventral gelegene Einfuhröffnung (*Inh. Ap*), und eine kleine, dorsal gelegene Ausfuhröffnung (*Exh. Ap*). Mittels des Wimperbesatzes der Kiemen (f. u.) wird ein Wasserstrom hervorgerufen, welcher in die Einfuhröffnung einströmt, reichliche Mengen Sauerstoff und kleine, zur Nahrung dienende Organismen mit sich führt, und durch die Ausfuhröffnung wieder ausströmt, indem er die verschiedenen Ausscheidungsprodukte und Fäkalstoffe mitnimmt.

Der Mund liegt vorn und ventral (*Mth*), gerade oberhalb des Fusses; er wird jederseits durch ein Paar dreieckiger Gebilde, die Mundlappen, begrenzt und führt durch einen kurzen Schlund (*Gul*) in einen Magen (*St*), an welchen sich ein langer, gewundener Darm (*Int*) anschließt. Dieser macht mehrere Windungen in der Ventralregion des Rumpfes, steigt dann in die Dorsalregion auf und verläuft endlich in der Mittellinie nach hinten, um sich durch einen After am hinteren Körperende zu öffnen, gerade innerhalb der Ausfuhröffnung. Der Darmkanal entwickelt sich fast ausschließlichs aus dem Urdarm, Stomodaeum und Prokto-daeum sind beide unbedeutend; daher ist das Darmepithel fast ganz endodermaler Natur. Es ist eine große, digestive Drüse vorhanden (*D, Gl*), welche den Magen umhüllt und sich durch verschiedene Ausführungsgänge in denselben öffnet.

Das Cöloin (*Coel*) ist ein kleiner Hohlraum in der Dorsalregion, welcher einen Teil des Darmes einschließt; im Übrigen ist der Verdauungskanal in solides Mesoderm eingebettet.

<sup>1)</sup> Eine genauere Beschreibung der Teichmuschel (*Anodonta anatina*) findet der Leser u. a. in Vogt und Yung, Praktische vergleichende Anatomie, Band I, S. 735 bis 775. Anm. d. Übersetzers.

Fig. 78.



Schematische Durchschnitte durch eine Teichmuschel.

A Längschnitt: Mantellappen (*Mant*) und Kiemen (*I. G. O. G.*) der rechten Seite, perspektivisch.

B Querschnitt.

Die nur in *B* dargestellte Cuticularschale (*Sh*) schwarz, das Ektoderm punktiert, das Nervensystem fein punktiert, das Endoderm quer gefrichelt, das Mesoderm gleichmäßig schattiert und das Cölomepithel durch eine Perllinie dargestellt.

Die Dorzalregion verlängert sich in den rechten und linken Mantellappen (*Mant*), welchem die oben durch ein elastisches Ligament (*Lig*) verbundenen Klappen der Schale (*Sh*) anliegen.

Die Mantellappen sind zum Teil miteinander verschmolzen und umgeben die Ein- (*Inh. Ap*) und Ausfuhröffnung (*Exh. Ap*) am hinteren Körperende.

Der Körper setzt sich ventral in den Fufs fort (*Foot*), zu dessen beiden Seiten die Kiemen, eine innere (*I. G.*) und eine äufsere (*O. G.*), liegen, deren jede aus einer inneren und einer äufseren Lamelle besteht.

Der Körper ist äusserlich vom Oberhautepithel (*Der. Epthm*) bedeckt, welches ein grösstenteils zu Muskeln differenziertes Mesoderm (*Msd*) einschliesst. Der vordere (*A. Ad*) und hintere (*P. Ad*) Schliessmuskel sind in Fig. A sichtbar.

Der Mund (*Mth*) führt durch einen kurzen Schlund (*Gul*) in den Magen (*St*), an welchen sich ein gewundener Darm (*Int*) anschliesst, der im After (*An*) ausmündet. Das Darmepithel ist grösstenteils endodermal. Die digestive Drüse (*D. G*) umhüllt den Magen. Die Leibeshöhle (*Coel*) beschränkt sich auf einen kleinen Hohlraum, welcher einen Teil des Darmes und das Herz umschliesst. Das parietale (*Coel. Epthm*) und viscerales (*Coel. Epthm'*) Blatt des Cölomepithels sind sichtbar.

Das Herz besteht aus einem medianen, einen Teil des Darmes einschliessenden Ventrikel (*Ventr.*) und einem Paare Aurikel (*Aur*).

Die paarigen Nephridien (*Nphn*) öffnen sich in das Cölom (*Nph. st*) und nach aussen (*Nph. p*).

Die Gonaden (*Gon*) liegen im Inneren des soliden Mesoderms und öffnen sich nach außen durch Gonadukte (*Gnd*).

Das Nervensystem besteht aus einem Paar Cerebro-Pleuralganglien (*C. P. Gn*) oberhalb des Schlundes, einem Paar Pedalganglien (*Pd. Gn*) im Fusse und einem Paar Visceralganglien (*V. Gn*) unterhalb des hinteren Schließmuskels.

Das Mesoderm ist, wie gewöhnlich, größtenteils in Muskeln umgewandelt. Es sind zahlreiche, mit dem Fusse in Verbindung stehende Muskeln vorhanden, und zwei sehr starke (*A. Ad, P. Ad*) erstrecken sich quer von einer Klappe der Schale zur andern, einer unmittelbar über dem Schlunde, der andere unmittelbar unter dem Analende des Darmes. Diese Muskeln heißen Schließmuskeln, sie dienen zum Verchlusse der Schale.

An jeder Seite des Körpers, zwischen dem Rumpfe und dem Mantel, liegen zwei Kiemen (*I. G, O. G*), deren jede die Form einer doppelten Platte hat (*B*) und nahezu so hoch ist, wie der Körper. Sie dienen, im Vereine mit dem Mantel, als Atmungsorgane, ihre Hauptaufgabe ist jedoch, mittels der Wimpern, von welchen sie bedeckt sind, die oben erwähnte Wasserströmung hervorzurufen.

Ein ausgedehntes Blutgefäßsystem ist vorhanden. Das Herz liegt in der Leibeshöhle und besteht aus drei Kammern, einem medianen Ventrikel (*Vent*), welcher den Darm umfaßt, und einem Paare von Aurikeln (*Aur*).

Die Exkretion wird durch ein einziges Paar von Nephridien vermittelt (*Nphm*), welche sich mit einem Ende (*Nph. st*) in die Leibeshöhle, mit dem andern (*Nph. p*) nach außen öffnen.

Das Nervensystem besteht aus drei Ganglienpaaren, die beiden Ganglien eines jeden Paares sind durch Querkommissuren verbunden. Die Cerebro-Pleuralganglien (*C. P. Gn*) liegen oberhalb des Schlundes und vertreten im Großen und Ganzen das Gehirn des Polygordius oder des Krebses; sie sind durch Längskonnective mit den Pedalganglien (*P. Gn*) — welche im Fusse liegen und als Repräsentanten des Bauchmarkes der Würmer und Arthropoden betrachtet werden können — und mit den Visceralganglien (*V. Gn*) verbunden, welche unterhalb des hinteren Schließmuskels liegen.

Die Gonaden (*Gon*) sind grobe, unregelmäßige Organe, in beiden Geschlechtern von sehr ähnlichem Aussehen, welche zwischen den Windungen des Darmes liegen und sich durch einen Ausführungsgang (*Gnd*) an jeder Seite des Rumpfes, nahe dem Nephridioporus, öffnen. Die befruchteten Eier gelangen in den Hohlraum der äußeren Kiemen des Weibchens, wo sie die ersten Entwicklungsstadien durchlaufen. Die Larve der Teichmuschel ist eine eigentümliche, zweifalige Form, sehr unähnlich dem erwachsenen Tiere, ein sogenanntes Glochidium; bei den typischeren Mollusken jedoch verläßt der Embryo das Ei als Trochosphäre, sehr ähnlich derjenigen des Polygordius.

Der Hundshai<sup>1)</sup>.

Ein Hundshai ist bilateral symmetrisch, der nahezu cylindrische Körper endet vorn in eine stumpfe Schnauze und geht nach hinten allmählich in einen aufwärts gebogenen Schwanz über. Äußerlich ist keine Spur von Segmentierung vorhanden.

Der Mund (*Mth*) liegt an der ventralen Fläche des Kopfes oder des vorderen Körperabschnittes; er ist quer gerichtet und von Kiefern gestützt, welche als vorderer (Oberkiefer) und hinterer (Unterkiefer) unterschieden werden. Dieselben unterscheiden sich also in fundamentaler Weise von denen der Arthropoden, welche modifizierte Gliedmaßen sind, und infolgedessen rechts und links liegen.

In kurzem Abstände hinter dem Munde liegen fünf senkrechte Spalten (*B, Ext. br. ap*) in einer Längsreihe, die äußeren Kiemenpalten. Der After, oder die Kloakenöffnung (*An*) liegt an der Ventralfläche in beträchtlicher Entfernung von dem Ende des Schwanzes. Derjenige Körperteil, welcher vor den Kiemenpalten liegt, wird als Kopf, derjenige, der hinter dem After liegt, als Schwanz, und der dazwischen liegende Abschnitt als Rumpf bezeichnet.

Anhänge sind vorhanden, aber in einer von denen des Krebses sehr verschiedenen Form. Sie stellen platte Fortsätze der Körperwand dar und werden Flossen genannt. Zwei derselben (*D. F<sup>1</sup>, D. F<sup>2</sup>*) liegen in der Mittellinie des Rückens (Rückenflossen); eine (*V. F*) in der ventralen Mittellinie hinter der Kloakenöffnung (Afterflosse), und eine ist dem aufwärts gebogenen Ende des Schwanzes angefügt (Schwanzflosse); diese alle sind mediane oder unpaarige Flossen. Außerdem ist ein Paar von Brustflossen vorhanden, deren je eine an jeder Seite des Körpers liegt, dicht hinter der letzten Kiemenpalte, und ein Paar von Bauchflossen, welche jederseits am Bauche liegen. Dies sind die lateralen oder paarigen Flossen. Es ist charakteristisch für die Wirbeltiere, daß die Zahl der seitlichen Körperanhänge niemals über zwei Paar hinausgeht.

Die Haut oder die äußere Schicht der Körperwand besteht aus einer äußeren, aus mehreren Zellschichten zusammengesetzten Epidermis (*Der. Epthm*) und einer inneren Bindegewebsschicht oder Cutis (*Derm*). In der letzteren finden sich unzählige Knochenplättchen (*Derm. Sp*), welche ein dermales Exoskelett bilden. Die Muskelschicht der Körperwand ist von großer Dicke, besonders in der Dorsalregion, und ist deutlich segmentiert. Dies deutet darauf hin, daß der Körper des Hundshaies, gleich dem des Polygordius und des Krebses, aus Metameren besteht, wenn auch äußerlich nichts davon zu erkennen ist.

Die große Leibeshöhle (*Coel*) ist auf den Rumpf beschränkt; es ist charakteristisch für die Wirbeltiere, daß Kopf und Schwanz im er-

<sup>1)</sup> Eine genauere Beschreibung eines Fischkörpers findet der Leser u. a. in Vogt und Yung, Prakt. vergl. Anatomie, II. Band, S. 470 bis 531.

wachsenen Zustande acöloemat find. Unter dem Cölomepithel (*Coel. Epthm.*, *Coel. Epthm'*) liegt eine befondere Bindegewebsschicht, beide zusammen bilden das Bauchfell oder Peritoneum.

Ein anderes wesentliches Merkmal der Wirbeltiere ist das, daß die Dorfalregion der Körperwand einen mittleren Längskanal enthält (*C. Sp. Cav.*), welcher sich unmittelbar von der Schnauze bis zum Ende des Schwanzes erstreckt. Es ist dies die Cerebrospinalhöhle, welche das Centralnervensystem einschließt.

Ein weiterer charakteristischer Zug ist das Vorhandensein eines Endoskelettes, oder eines Systemes innerer Stützgebilde, aufer dem dermalen Exoskelette. Zwischen der Cerebrospinalhöhle oben und der Leibeshöhle unten liegt eine Längsreihe von bikonkaven Scheiben, oder Wirbelkörpern (*V. Cent.*); sie bestehen aus einem eigentümlichen, als Knorpel (*Cartilago*) bezeichneten Gewebe und sind stark mit Kalksalzen imprägniert. Im jugendlichen Zustande nimmt ein gallertiger Stab, das Notochord [*Chorda dorsalis*] ihre Stelle ein. Die Wirbelkörper, welche mit den Muskelsegmenten alternieren, sind verbunden mit einer Reihe knorpeliger Bogen (*N. A.*), welche die Cerebrospinalhöhle überwölben und mit den Wirbelkörpern zusammen die Wirbelfäule bilden. Im Schwanze findet sich auch eine ventrale Reihe von Bogen (*H. A.*), welche einen Hohlraum einschließen, der eine weitere Verlängerung der embryonalen Leibeshöhle nach hinten andeutet.

Nach vorn setzt sich die Wirbelfäule in eine knorpelige Kapfel, den Schädel (*C.*), fort, welcher das Gehirn und die Geruchs- und Gehörorgane einschließt. Die oben erwähnten Kiefer sind Knorpelfläche, welche den Mund oben und unten begrenzen. Die Kiemen werden durch ein kompliziertes Knorpelsystem (*Br. A.*, *Br. R.*, *Br. R'*), und sowohl die medianen als die paarigen Flossen durch parallele Stäbe aus derselben Substanz gestützt (*Ptosph.*). Alle diese Knorpel werden verstärkt durch eine mehr oder weniger ausgedehnte oberflächliche Auflagerung von Knochensubstanz.

Der Mund (*Mth.*) führt in eine geräumige Mundhöhle (*Or. cav.*), welche unmerklich in einen weiten Schlund oder Pharynx (*Ph.*) übergeht; von diesem führt eine kurze Speiseröhre (*Gul.*) in einen weiten, U-förmigen Magen, an welchen sich ein kurzer, weiter Darm (*Int.*) anschließt, der sich durch Vermittelung eines kleinen Hohlraumes, der Kloake (*Cl.*), nach außen öffnet. Mit Ausnahme der Speiseröhre liegt der Darm in der Leibeshöhle. Der größte Teil des Darmepithels ist endodermal, nur die Mundhöhle stammt vom Stomodaeum und die Kloake vom Proktodaeum her.

In der die Kiefer bedeckenden Haut entwickeln sich Hautverknöcherungen von ungewöhnlicher Form, sie bilden die Zähne (*T.*). Von wichtigen digestiven Drüsen sind zwei vorhanden, eine sehr große, die Leber (*Lr.*), welche den ganzen vorderen und ventralen Teil der Leibeshöhle ausfüllt, und eine kleine, das Pankreas (*Pn.*), welches dem

vorderen Ende des Darmes angeheftet ist. Die Ausführungsgänge beider Drüsen öffnen sich in den Darm und ihre secernierenden Zellen sind,

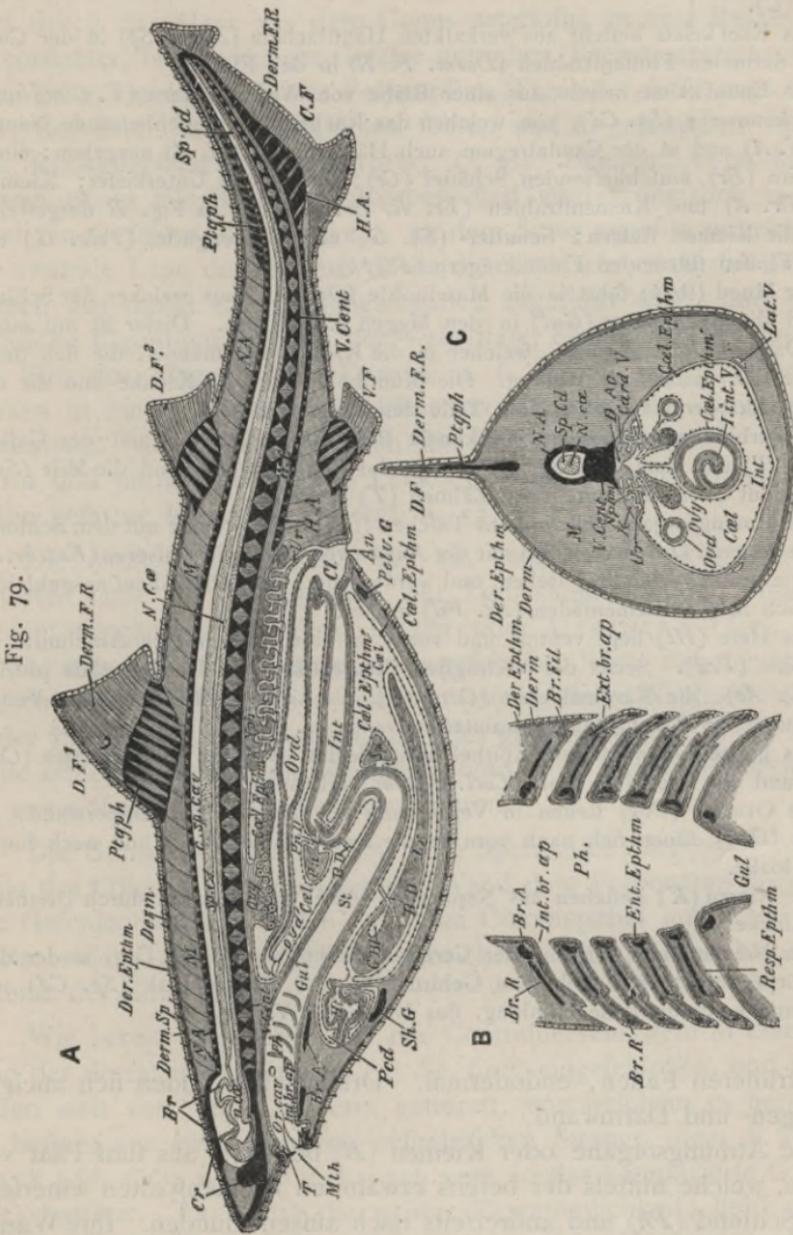


Fig. 79.

- A vertikaler Längsschnitt [Sagittalschnitt].
- B Horizontalschnitt durch Schlund und Kiemen [Frontalschnitt].
- C Querschnitt durch den Rumpf.

Das Ektoderm ist grob, das Nervensystem fein punktiert, das Endoderm quer gefrichelt, das Mesoderm schattiert, das Cölomepithel durch eine Perllinie angedeutet und alle Skeletteile schwarz.

Der Körper trägt die Rücken- (*D. F'*, *D. F''*), After- (*V. F*) und Schwanzflossen (*C. F*). Die paarigen Flossen sind nicht sichtbar.

Schematische Durchschnitte durch einen Hundshai.

Die Körperwand besteht aus Epidermis (*Der. Epthm*), Cutis (*Derm*) und Muskeln (*M*). Die letzteren sind metamer segmentiert und sehr dick; namentlich an der Doralfalte, wo sie die Hälfte der ganzen Höhe des Körpers ausmachen (*C*).

Das Exoskelett besteht aus verkalkten Hautfacheln (*Derm. Sp*) in der Cutis, und aus dermalen Flossenstrahlen (*Derm. F. R*) in den Flossen.

Das Endoskelett besteht aus einer Reihe von Wirbelkörpern (*V. Cent*) unter dem Rückenmarke (*Sp. Cd*), von welchen das Rückenmark umschließende Neuralbogen (*N. A*) und in der Caudalregion auch Hämalbogen (*H. A*) ausgehen; einem das Gehirn (*Br*) umschließenden Schädel (*Cr*); Ober- und Unterkiefer; Kiemenbogen (*Br. A*) und Kiemenstrahlen (*Br. R, Br. R'*, nur in Fig. *B* dargestellt), welche die Kiemen stützen; Schulter- (*Sh. G*) und Beckengürtel (*Pelv. G*) und den die Flossen stützenden Flossenträgern (*Ptgp*).

Der Mund (*Mth*) führt in die Mundhöhle (*Or. cav*), aus welcher der Schlund (*Ph*) und die Speiseröhre (*Gul*) in den Magen (*St*) führen. Dieser ist mit einem kurzen Darne (*Int*) verbunden, welcher in die Kloake (*Cl*) mündet, die sich durch den After (*An*) nach außen öffnet. Die Mundhöhle und die Kloake sind die einzigen von Ektoderm ausgekleideten Teile des Darmkanales.

In Verbindung mit dem Darmkanale steht die Leber (*Lr*) mit der Gallenblase (*G. Bl*) und dem Gallengang (*B. D*), das Pankreas (*Pn*) und die Milz (*SpI*). Der Mund ist oben und unten von Zähnen (*T*) begrenzt.

Die Atmungsorgane bestehen aus Taschen (f. Fig. *B*), welche mit dem Schlunde durch die inneren (*Int. br. ap*) und mit der Außenwelt durch die äußeren (*Ext. br. ap*) Kiemenpalten in Verbindung stehen, und werden von einer Schleimhaut ausgekleidet, welche sich in die Kiemenfäden (*Br. Fil*) erhebt.

Das Herz (*Ht*) liegt ventral und vorn, in einem besonderen Abschnitte der Leibeshöhle (*Pcd*). Sechs der wichtigsten Blutgefäße, das Rückengefäß (dorsale Aorta, *D. Ao*), die Kardinalvenen (*Card. V*), die Lateralgefäße (laterale Venen, *Lat. V*) und das Bauchgefäß (Intraintestinalvenen, *I. int. V*) zeigt Fig. *C*.

Das ganze Cölom ist von Epithel ausgekleidet, welches ein parietales (*Coel. Epthm*) und ein viscerales Blatt (*Coel. Epthm'*) erkennen läßt.

Die Ovarien (*Ovy*) stehen in Verbindung mit der dorsalen Körperwand; die Ovidukte (*Ovd*) öffnen sich nach vorn in die Leibeshöhle (*ovd'*) und nach hinten in die Kloake.

Die Nieren (*K*) bestehen aus Nephridien (*Nph*) und münden durch Uretheren in die Kloake.

Das Nervensystem liegt in der Cerebrospinalhöhle (*C. Sp. Cav*) in der dorsalen Körperwand; es besteht aus Gehirn (*Br*) und Rückenmark (*Sp. Cd*) und enthält eine kontinuierliche Höhlung, das Neurocel (*N. coe*).

wie in früheren Fällen, endodermal. Drüsenzellen finden sich auch in der Magen- und Darmwand.

Die Atmungsorgane oder Kiemen (*B*) bestehen aus fünf Paar von Taschen, welche mittels der bereits erwähnten Kiemenpalten einerseits in den Schlund (*Ph*) und andererseits nach außen münden. Ihre Wände erheben sich in Falten, die Branchialfilamente (*Br. Fil*), welche von Epithel (*Resp. Epthm*) bedeckt und reichlich mit Blutgefäßen versehen sind. Die Kiemen entwickeln sich als Ausflümpungen des Schlundes und das respiratorische Epithel ist daher endodermal, nicht ektodermal, wie beim Krebs und bei der Muschel.

Das Herz (*Ht*) liegt unter dem Pharynx in einem besonderen, vorderen Abschnitte der Leibeshöhle, der Perikardialhöhle. Es besteht

aus vier in einer einzigen Längsreihe angeordneten Kammern (Sinus venofus, Aurikel, Ventrikel und Conus arteriofus) und ist als eine muskulöse Erweiterung des ventralen Blutgefäßes zu betrachten. Das Blut wird durch das Herz aus dem Conus arteriofus in eine Reihe paarig angeordneter, bogenförmiger Gefäße getrieben (Kiemenarterien), welche den Verbindungsgefäßen des Polygordius (Fig. 68, *A*, S. 205) ähnlich sind, das Blut durch die Kiemen führen und in gereinigtem Zustande dem Rückengefäße (dorsale Aorta, *D. Ao*) zuleiten. Von hier aus gelangt es in alle Teile des Körpers und wird schließlich in dünnwandigen Gefäßen, den Venen, zu dem Sinus venofus zurückgeführt. Die ventrale Lage des Herzens, sowie die Thatfache, daß das Blut vom Herzen aus direkt den Atmungsorganen zugeführt wird, sind charakteristische Eigentümlichkeiten der Wirbeltiere, ebenso der Umstand, daß das Blut des Magens, des Darmes u. s. w. auf seinem Wege zum Herzen in einem besonders modifizierten Abschnitt des ventralen Gefäßstammes (der Pfortader) durch die Leber geführt wird. Das Blut ist rot und enthält außer den Leukocyten noch ovale, durch Hämoglobin gefärbte Körperchen (vergl. S. 43).

Die Ausscheidungsorgane sind ein Paar Nieren (*K*), welche am hinteren Ende der Dorsalregion der Leibeshöhle liegen, und durch Ausführungsgänge, die Harnleiter oder Ureteren (*Ur*), in die Kloake münden. Die Entwicklungsgeschichte lehrt, daß sie aus einer großen Zahl von Nephridien bestehen (*Nph*), deren Nephrostomen sich in der Jugend und zuweilen während des ganzen Lebens in die Leibeshöhle öffnen, während die Nephridioporen nicht direkt, sondern durch ein gemeinsames Rohr nach außen führen.

Die Gonaden (Ovarien, *Ovy*, oder Spermarien) liegen im vorderen Teile des Cöloms, mit ihrer dorsalen Wand dem Peritonäum angeheftet. Die Geschlechtszellen bilden sich vom Cölomepithel aus. Die Gonadukte beider Geschlechter (*Ovd*) entwickeln sich aus dem Nephridiensysteme des Embryos.

Wie bereits angegeben, ist das Centralnervensystem in einer Höhlung der dorsalen Körperwand (*C. Sp. Cav*) eingeschlossen, und infolgedessen weit von dem Ektoderm getrennt, von welchem es herflammt. Es besteht aus einem langen, cylindrischen Strange, dem Rückenmark (*Sp. Cd*), welches sich nach vorn in das komplizierte Gehirn (*Br*) fortsetzt. Es besitzt die weitere Eigentümlichkeit, hohl zu sein; eine mehr oder weniger cylindrische Höhlung, das Neurocöl (*N. coe*), erstreckt sich durch seine gesamte Länge.

Der Besitz eines hohlen Nervensystemes, welches ganz dorfwärts vom Darmkanale und vom Cölom liegt, eines Notochords oder einer Reihe von Wirbelkörpern unterhalb des Nervensystemes und von Pharyngealtaschen, die mit der Außenwelt in Verbindung stehen, sind die drei hervorragendsten Charakterzüge des Wirbeltierstammes.

Die Sinnesorgane sind hoch entwickelt und bestehen aus paarigen Geruchskapseln, Augen und Gehörkapseln, welche im Kopfe liegen, fowie aus einem ausgebreiteten System von Hautsinnesorganen. Ihre Sinneszellen sind in allen Fällen ektodermal.

Die Eier sind sehr groß und werden im Inneren des weiblichen Körpers befruchtet. Bei dem Hundshai (Scyllium) werden sie bald nach der Befruchtung abgelegt, jedes in einer hornigen Eifchale eingeschlossen, bei dem Dornhai (Acanthias) und dem glatten Hai (Mustelus) bleiben sie im Ovidukt, bis sie ihre endgültige Körperform erreicht haben.

## Achtundzwanzigste Vorlesung.

# Die Moose.

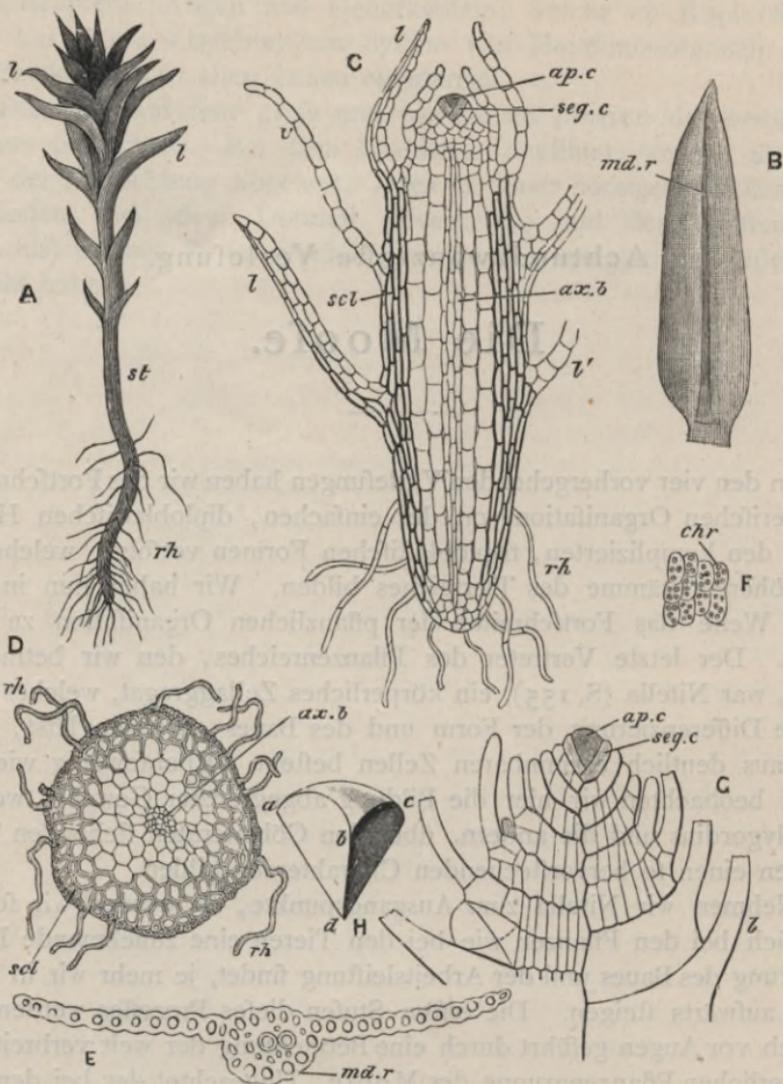
---

In den vier vorhergehenden Vorlesungen haben wir das Fortschreiten der tierischen Organisation von der einfachen, diploblastischen Hydra bis zu den komplizierten, triploblastischen Formen verfolgt, welche die fünf höheren Stämme des Tierreiches bilden. Wir haben nun in derselben Weise das Fortschreiten der pflanzlichen Organisation zu verfolgen. Der letzte Vertreter des Pflanzenreiches, den wir betrachtet haben, war *Nitella* (S. 155), ein körperliches Zellaggregat, welches eine gewisse Differenzierung der Form und des Baues erkennen läßt, aber noch aus deutlich erkennbaren Zellen besteht. Ebenfowenig wie bei *Hydra* beobachten wir hier die Bildung abgegrenzter Gewebe, welche für *Polygordius* und die andern, über den Cölenteraten stehenden Tiergruppen einen so hervorstechenden Charakterzug bilden.

Nehmen wir *Nitella* zum Ausgangspunkte, so werden wir sehen, daß sich bei den Pflanzen wie bei den Tieren eine zunehmende Differenzierung des Baues und der Arbeitsleistung findet, je mehr wir in ihrer Reihe aufwärts steigen. Die ersten Stufen dieses Prozesses werden uns deutlich vor Augen geführt durch eine Betrachtung der weit verbreiteten und zierlichen Pflanzengruppe der Moose. Ungeachtet der bei den verschiedenen Gattungen der Gruppe vorkommenden Variationen sind die wesentlichen Züge ihrer Organisation so beständig, daß die nachfolgende Beschreibung auf jede der gewöhnlichen Arten paßt.

Die Pflanze besteht aus einem kurzen, dünnen Stamme (Fig. 80, *A. st.*, a. f. S.), von welchem Gebilde von zweierlei Art ausgehen: Rhizoide oder Wurzelhaare (*rh*), welche abwärts in den Boden eindringen, und Blätter (*l*), welche am Stamme und seinen Zweigen dicht gedrängt stehen. Wie bei *Nitella* (S. 155) nennt man den Teil des Stengels, von welchem die Blätter ausgehen, einen Knoten, und den zwischen je zwei Knoten liegenden Teil ein Internodium, während der Name Glied oder Segment einen Knoten samt dem nächst unteren Internodium bezeichnet. Am oberen oder distalen Ende drängen sich die Blätter zusammen und bilden eine Gipfelknospe.

Fig. 80.



### Die Anatomie und Histologie der Moose.

*A* ganze Pflanze von *Funaria hygrometrica* mit Stamm (*st*), Blättern (*l*) und Rhizoiden (*rh*). Vergrößerung sechsfach.

*B* Blatt derselben Pflanze, mit Mittelrippe (*md. r*) und Seitenteilen. Vergrößerung 25fach.

*C* halbchematischer Längsschnitt eines Mooßes, zeigt die Anordnung der Gewebe. Der Stamm besteht äußerlich aus Sklerenchym (*scl*) und enthält ein Axialbündel (*ax. b*); in einigen Blättern (*l*) trifft der Schnitt die Mittelrippe, in andern (*l'*) die Seitenteile; der Stamm endet distal in eine Scheitelzelle (*ap. c*), von welcher Segmentzellen (*seg. c*) gebildet werden.

*D* Querschnitt durch den Stamm von *Bryum roseum*, zeigt Sklerenchym (*scl*), Axialbündel (*ax. b*) und Rhizoide (*rh*). Vergrößerung 60fach.

*E* Querschnitt eines Blattes von *Funaria*, zeigt die aus mehreren Zellschichten gebildete Mittelrippe (*md. r*) und die einschichtigen Seitenteile. Vergrößerung 150fach.

*F* Kleines Stück eines Seitenteiles desselben Blattes, zeigt die Form der Zellen und die Chromatophoren (*chr*). Vergrößerung 150fach.

*G* Distalende des Stammes von *Fontinalis antipyretica* im Längsschnitt, zeigt die Scheitelzelle (*ap. c*), welche Segmentzellen bildet (*seg. c*), welche durch fortgesetzte Teilung die Glieder des Stammes mit den Blättern erzeugen. Die dicken Linien bezeichnen die Grenzen der Glieder.

*H* Schema der Scheitelzelle eines Mooses in Form eines Tetraeders mit gewölbter Basis *abc* und drei ebenen Seitenflächen *abd, bcd, acd*.

*D* nach Sachs, *G* nach Leitgeb.

Infolge der Undurchsichtigkeit des Stammes kann der feinere Bau desselben nur durch Untersuchung dünner Schnitte (*C* und *D*) erkannt werden. Er ist ein solides Aggregat dicht gedrängter Zellen, welche nicht alle gleich sind, sondern einen gewissen Grad von Differenzierung erkennen lassen. In den äußersten zwei oder drei Lagen sind die Zellen in der Längsrichtung des Stammes gestreckt, so daß sie spindelförmig erscheinen, ihre Wände sind stark verdickt und rötlich gefärbt. Sie bilden ein schützendes und stützendes Gewebe, welches man mit dem Namen Sklerenchym bezeichnet. Durch das Centrum des Stammes erstreckt sich der Länge nach eine Gewebemasse (*ax. b*), welche durch ihre kleinen, dünnwandigen Zellen ausgezeichnet ist und das Axialbündel genannt wird.

Die Blätter (*B*) haben die Form einer Lanzen Spitze, sind distalwärts zugespitzt und sitzen proximalwärts mit breiter Basis dem Stamme an. Der axiale Teil (*B* und *E, md. r, C, l*) besteht aus verschiedenen Schichten mehr oder weniger länglicher Zellen und heißt die Mittelrippe; die seitlichen Teile (*E* und *F, C, l'*) bestehen aus einer einzigen Schicht kurzer Zellen. So hat das Blatt größtenteils den Charakter eines flächenhaften Aggregates. Die Zellen enthalten ovale Chromatophoren (*F, chr*).

Die Rhizoide (*C* und *D. rh*) sind lineare Aggregate, sie bestehen aus länglichen, chlorophyllfreien, Ende an Ende gereihten Zellen.

In der Gipfelknospe überwölben die Blätter, wie bei *Nitella* (S. 157 u. 158), den Vegetationspunkt des Stammes, welcher in diesem Falle ebenfalls von einer einzigen Scheitelzelle (*C* und *G, ap. c*) gebildet wird. Aber im Einklange mit dem komplizierteren Bau der Pflanze besitzt die Scheitelzelle nicht die Form einer Halbkugel, welche parallel ihrer ebenen Grundfläche neue Segmente entstehen läßt, sondern diejenige einer umgekehrten, dreieitigen Pyramide oder eines Tetraeders (*H*), dessen gewölbte Basis den Scheitel des Stammes bildet (*abc*), während die Segmente (*seg. c*) der Reihe nach von jeder der drei dreieckigen Seitenflächen gebildet werden.

Das beste Mittel, um das Scheitelwachstum eines Mooses zu verstehen, ist, daß man aus einer Mohrrübe oder Runkelrübe ein Tetraeder mit gewölbter Basis ausschneidet, dies stellt die Scheitelzelle (*H*) vor. Dann schneidet man eine Scheibe ab parallel der Seite *abd*, eine zweite

parallel  $bcd$ , eine dritte parallel  $acd$ ; diese repräsentieren drei nach einander gebildete Segmente. Stellen wir uns nun vor, dafs das Tetraeder nach jeder Teilung wieder zu feiner ursprünglichen Gröfse heranwächst, so werden wir eine gute Vorstellung von der Art und Weise bekommen, wie die aufeinander folgenden Segmente des Moosstammes durch Teilung parallel den drei Seitenflächen der Scheitelzelle gebildet werden. Jedes Segment ( $C$  und  $G$ , *seg. c*) teilt sich unmittelbar nach feiner Abgliederung wieder und wieder. Aus der so entstandenen Zellmasse entwickelt sich ein Auswuchs, der zu einem Blatte wird, und auf diese Weise nimmt der Stamm an Gröfse zu und die Blätter an Zahl.

Ungeschlechtliche Vermehrung erfolgt auf verschiedene Weise; alle Arten derselben sind jedoch verschiedene Formen der Knospung, und die Knospen wachsen immer zur Form eines linearen Zellaggregates heran, welches Protonema genannt wird; aus diesem entwickelt sich die Moospflanze in derselben Weise, wie aus einem aus einer Spore hervorgegangenen Protonema (S. 255).

Die Gonaden entwickeln sich am Ende des Hauptstammes oder eines seiner Zweige und sind in einem Büschel von Blättern eingeschlossen, welche oft rötlich gefärbt sind — die Gipfelknospe des fruchtbaren Triebes oder die sogenannte »Blüte« des Moofes.

Das Spermarium (Fig. 81,  $A^1$ ,  $A^2$ ) ist ein länglich keulenförmiger Körper; es besteht aus einer soliden Masse von Zellen, deren äufserste die Wandung des Organes bilden, während die inneren ( $A^3$ ) sich zu Spermien entwickeln. Die letzteren ( $A^4$ ) sind spiral gewunden und mit zwei Wimpern versehen. Sie werden durch Aufreißen der Wand des Spermariums an seinem distalen Ende in Freiheit gesetzt ( $A^2$ ).

Die Ovarien<sup>1)</sup> (Fig. 81,  $B^1$ ,  $B^2$ ,  $B^3$ ) können an derselben Pflanze vorkommen, welche die Spermarien trägt, oder nicht; einige Moofe sind monöcisch, andere diöcisch. Wie die Spermarien, bestehen sie ( $B^1$ ,  $B^2$ ) zuerst aus einer soliden Zellmasse, welche die Form einer Flasche hat, mit einem runden basalen Abschnitte oder Bauch ( $v$ ) und einem langen Halfe ( $n$ ). Die äufere Zellschicht des Halfes und die beiden äufseren Schichten des Bauches bilden die Wand des Ovariums, die inneren Zellen sind zu einer einzigen axialen Reihe geordnet und sind anfangs den Zellen der Wand ähnlich. Im Laufe der Entwicklung des Ovariums nehmen die proximalen oder untersten Zellen der axialen Reihe den Charakter eines Eies an ( $B^2$ , *ov*); die andern, die sogenannten Kanalzellen (*cn. c*) verwandeln sich in Schleim, welcher aufquillt, die Mündung der Flasche öffnet und so einen freien Zugang von aufsen her zum Ei herstellt ( $B^3$ ).

<sup>1)</sup> Das Ovarium der Moofe, Farne u. s. w. wird gewöhnlich Arche-gonium, das Spermarium, wie bei den niederen Pflanzen, Antheridium genannt.

Durch den so entstandenen Zugang nimmt ein Sperma feinen Weg, konjugiert mit dem Ei und bringt, wie gewöhnlich, ein Oosperm oder einen einzelligen Embryo hervor.

Die Entwicklung des Embryos gleicht zuerst in merkwürdiger Weise dem, was wir bei den Hydroiden eintreten sehen (S. 186). Das Oosperm teilt sich durch eine, rechtwinkelig zur Längsachse des Ovariums stehende Wand in zwei Zellen; jede von diesen teilt sich wiederholt von Neuem und so entsteht ein solider, einzelliger Embryo oder Polyplast ( $C^1$ , *spgmm*).

Sehr bald jedoch zeigt der Moospolyplast eine auffallende Abweichung von dem tierischen Polyplasten oder der Morula; eine seiner Zellen — die dem Halbe des Ovariums zunächst liegende — nimmt den Charakter einer Scheitelzelle an und beginnt, gleich der Scheitelzelle des Stammes, neue Segmente zu bilden. So unterscheidet sich der pflanzliche Embryo fast von Anfang an von dem tierischen. Beim Tiere giebt es keine Scheitelzelle, alle Zellen des Polyplasten teilen sich und haben ihren Anteil an der Bildung der bleibenden Gewebe. Bei der Pflanze differenziert sich in einem sehr frühen Stadium eine Zelle zu einer Scheitelzelle und von dieser stammen alle später gebildeten Zellen, direkt oder indirekt, ab.

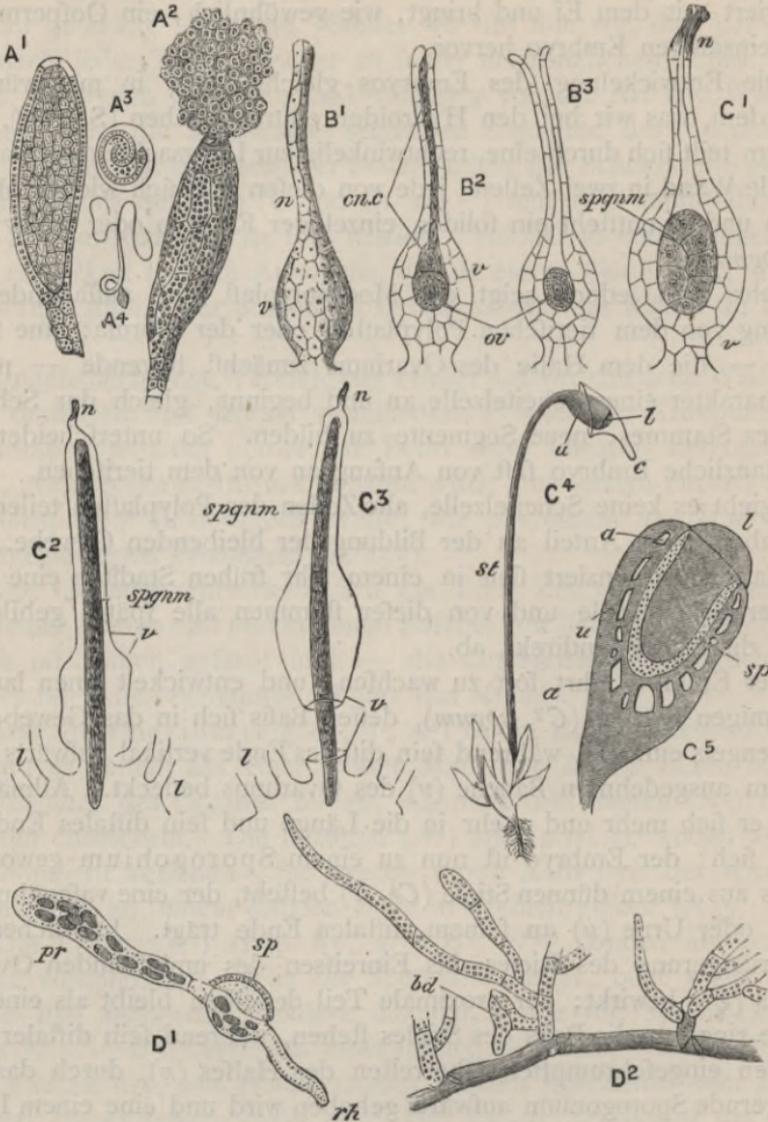
Der Embryo fährt fort zu wachsen, und entwickelt einen langen, stabförmigen Körper ( $C^2$ , *spgmm*), dessen Basis sich in das Gewebe des Moostengels einfenkt, während sein distales Ende vertikal aufwärts ragt, von dem ausgedehnten Bauche ( $v$ ) des Ovariums bedeckt. Allmählich streckt er sich mehr und mehr in die Länge und sein distales Ende erweitert sich; der Embryo ist nun zu einem Sporogonium geworden, welches aus einem dünnen Stiele ( $C^4$ , *st*) besteht, der eine vasenähnliche Kapfel oder Urne ( $u$ ) an seinem distalen Ende trägt. Inzwischen hat die Verlängerung des Stieles das Einreißen des umhüllenden Ovarialbauches ( $C^3$ ) bewirkt; der proximale Teil desselben bleibt als eine Art Scheide rings um die Basis des Stieles stehen, während sein distaler Teil, samt den eingeschrumpften Überresten des Halfes ( $n$ ), durch das sich verlängernde Sporogonium aufwärts gehoben wird und eine einem Lichtlöcher vergleichbare Kappe oder Calyptra ( $C^4$ ,  $c$ ) über der Urne bildet.

Mit fortschreitender Entwicklung trennt sich das distale Ende der Urne in Form eines Deckels ( $C^4$ ,  $C^5$ ,  $l$ ) ab und bestimmte Zellen im Inneren derselben, die sogenannten Sporenmutterzellen, teilen sich in je vier Tochterzellen, welche eine doppelte Zellwand bekommen und die Sporen des Mooses darstellen ( $C^5$ , *sp*).

Wenn die Sporen reif sind, fällt die Calyptra ab oder wird durch den Wind fortgeführt, der Deckel löst sich von der Urne und die Sporen werden ausgestreut.

Bei der Keimung dringt das von der inneren Schicht der Zellwand bedeckte Protoplasma der Spore durch einen Spalt in der äußeren

Fig. 81.



### Fortpflanzung und Entwicklung der Moofe.

*A*<sup>1</sup> Spermarium von *Funaria* im optischen Längsschnitte, zeigt die Wandung, welche eine centrale Masse von Spermazellen einschließt.

*A*<sup>2</sup> dasselbe in Oberflächenansicht, feine Spermien entleerend. (Vergr. 300fach.)

*A*<sup>3</sup> Spermazelle mit eingeschlossenem Sperma.

*A*<sup>4</sup> frei schwimmendes Sperma. (Vergr. 800fach.)

*B*<sup>1</sup> Ovarium von *Funaria*, Oberflächenansicht; zeigt Bauch (*v*) und Hals (*n*);

*B*<sup>2</sup> dasselbe im optischen Längsschnitte; zeigt Ei (*ov*) und Kanalzellen (*cn. c*);

*B*<sup>3</sup> dasselbe nach dem Verschwinden der Kanalzellen, der Hals ist offen und das Ei zugänglich. (Vergr. 200fach.)

*C*<sup>1</sup> Ovarium mit vertrocknetem Halse, einen Embryo (*spgmm*) im Polyplast-

stadium enthaltend. (Vergr. 200fach.) *C*<sup>2</sup> das Ovarium, aus dem ausgedehnten

Bauche (*v*) und dem eingeschrumpften Halse (*n*) bestehend, schließt ein junges Sporogonium (*spgmm*) ein. Das distale Ende des Stammes mit den Basen der

Blätter (*l*) ist sichtbar. In  $C^3$  ist der Bauch des Ovariums zerrissen, und zerfällt nun in einen proximalen Teil oder eine Scheide und einen distalen Teil oder eine Calyptra, welche durch das fortwachsende [Sporogonium emporgehoben wird. (Vergr. 10 fach.)

$C^4$  kleine Funariapflanze mit reifem Sporangium, bestehend aus Stiel (*st*), Urne (*u*) und von der Calyptra (*c*) verhülltem Deckel (*l*).

$C^5$  schematischer Längsschnitt der Urne (*u*), zeigt Deckel (*l*), Lufträume (*a*) und Sporen (*sp*).

$D^1$  keimende Spore von Funaria, zeigt die durchbrochene äußere Hülle (*sp*) und das junge Protonema (*pr*) mit Rhizoiden (*rh*). (Vergr. 550 fach.)]

$D^2$  Teil des Protonemas derselben Pflanze, mit seitlicher Knospe (*bd*), aus welcher die beblätterte Pflanze hervorgeht. (Vergr. 90 fach.)

*A* und *B* nach Sachs, *B*,  $C^1$  und  $C^5$  verändert nach Sachs.

Schicht ( $D^1$ , *sp*) hervor und wächst in einen langen Faden aus, das Protonema (*pr*), welches sich durch schiefe Querwände in eine Reihe von Zellen teilt. Das Protonema — welches, wie wohl zu beachten ist, ein einfaches lineares Zellaggregat darstellt — verzweigt sich und kann eine dicht verflochtene Masse von Fäden bilden. Früher oder später erscheinen an verschiedenen Stellen des Protonemas seitliche Knospen ( $D^2$ , *bd*); jede derselben nimmt die Form einer dreieckig pyramidenförmigen Scheitelzelle an, welche dann fortfährt, sich in der charakteristischen Weise zu teilen (S. 251) und drei Reihen von Segmenten bildet, aus denen Blätter hervorgehen. Auf diese Weise erzeugt jede seitliche Knospe des Protonemas eine Moospflanze.

Offenbar haben wir hier einen etwas komplizierten Fall von Generationswechsel (vergl. S. 165). Das Gamobium oder die geschlechtliche Generation wird durch die Moospflanze repräsentiert, welche durch Knospung entsteht und Sexualorgane hervorbringt, während das Agamobium durch das Sporogonium dargestellt wird, welches sich aus dem Oosperm entwickelt und sich durch Sporen fortpflanzt. Das Protonema, welches aus der Spore hervorgeht und die beblätterte Pflanze durch Knospung erzeugt, ist nur ein Entwicklungsstadium des Gamobiums.

Die Ernährung der Moose ist holophytisch; aber es besteht bei ihnen eine auffallende Funktionsdifferenzierung, welche mit ihrer terrestrischen Lebensweise zusammenhängt. Bei *Nitella* ist der ganze Körper von Wasser bedeckt und alle Zellen enthalten Chlorophyll, so daß Zerfetzung von Kohlensäure und Absorption einer wässerigen Salzlösung gleichmäßig in allen Teilen desselben erfolgt, und jede Zelle sich unabhängig von den übrigen ernährt. Bei den Moosen hingegen sind die Wurzelfasern dem Einflusse des Lichtes entzogen und enthalten kein Chlorophyll, sie können daher keine Kohlensäure zerfetzen; da sie jedoch von feuchtem Erdreich umgeben sind, so befinden sie sich in der günstigsten Lage für die Absorption von Wasser und Mineralsalzen. Der Stamm hinwiederum ist zu einem Stützorgane geworden; die Dicke seiner äußeren Zellen verhindert die Absorption und er enthält kein

Chlorophyll. Die Funktion der Kohlenfäurezerfetzung ist demnach auf die Blätter beschränkt.

Es ergibt sich demnach als eine wesentliche Eigentümlichkeit der Ernährung einer gewöhnlichen Landpflanze, daß sie ihre Kohlenfäure an einer Stelle aufnimmt, ihr Wasser, ihren Schwefel, ihr Kali u. s. w. an einer andern. Da aber alle Teile der Pflanze alle diese Substanzen brauchen, so ist es einleuchtend, daß es Mittel geben muß, durch welche die Wurzeln mit Kohlenstoff, die Blätter mit den übrigen Elementen versorgt werden können. Mit andern Worten, wir finden zum erstenmal bei unferm Aufsteigen in der Reihe der Pflanzen — gerade wie beim Aufsteigen von der einfachen Hydra zum komplizierten Polygordius (S. 211) — das Bedürfnis nach einer Einrichtung zum Zwecke der Verteilung der Nährstoffe.

Die Art und Weise, wie dieser Verteilungsprozess sich vollzieht, ist hauptsächlich bei den höheren Pflanzen studiert worden, aber die wesentlichen Züge desselben gelten wahrscheinlich in gleicher Weise für die Moose.

Wasser wird beständig von der Oberfläche der Blätter durch Verdunstung abgegeben, seine Stelle wird beständig durch Wasser — mit gelösten Salzen — ersetzt, welches die Rhizoide aufnehmen. Diese Transpiration, oder die Abgabe von Wasser seitens der Blätter, ist ein wichtiger Faktor in dem in Rede stehenden Vorgange, da sie eine beständige, aufwärts gerichtete Strömung von Wasser, oder, genauer, einer wässerigen Lösung von Mineralsalzen hervorruft. Das Vertrocknen einer abgepflückten Moospflanze rührt natürlich davon her, daß, wenn die Wurzeln sich nicht in feuchtem Erdreiche oder in Wasser befinden, die Transpiration nicht mehr durch die Absorption ausgeglichen wird<sup>1)</sup>. Bei den höheren Pflanzen hat man gefunden, daß die Wurzelhaare eine von der Transpiration unabhängige Absorptionsthätigkeit ausüben, so daß Wasser auch ohne das Vorhandensein von Blättern absorbiert werden kann.

Durch den Transpirationsstrom also werden die Blätter beständig mit einer aus dem Erdboden stammenden Lösung von Mineralsalzen versehen und werden somit ebenso, wie irgend eine der in den früheren Vorlesungen besprochenen grünen Wasserpflanzen ernährt; durch die doppelte Zerfetzung des Wassers und der Kohlenfäure bildet sich ein Kohlehydrat; dies bildet, durch weitere Kombination mit dem Stickstoffe der absorbierten Ammoniumsalze oder Nitrate einfache Stickstoffverbindungen, und aus diesen wird endlich, durch eine lange Reihe von Mesoformaten oder Zwischenprodukten, Protoplasma hergestellt.

Auf diese Weise erklärt sich die Ernährung der grünen Zellen der Blätter; wir haben jedoch noch die der farblosen Zellen des Stengels.

<sup>1)</sup> Die Moose können jedoch, abweichend von den meisten höheren Pflanzen, mittels ihrer Blätter Wasser aufnehmen.

und der Rhizoide zu betrachten, welche, wie wir gesehen haben, durch den Transpirationsstrom mit Allem, dessen sie bedürfen, versehen werden, mit Ausnahme des Kohlenstoffes, den sie, in Anbetracht ihres Chlorophyllmangels, nicht in der Form von Kohlenäure aufnehmen können.

In der That haben die chlorophyllhaltigen Zellen der Blätter nicht nur für ihre eigene Ernährung zu sorgen, sondern auch für die ihrer nicht grünen Schwesterzellen. Aufser dem Erfatz für den Verbrauch ihres eigenen Protoplasmas bereiten sie reichliche Mengen plastischer Produkte (S. 24), wie z. B. Traubenzucker, und einfacher Stickstoffverbindungen, wie Asparagin, und diese gelangen durch Diffusion von Zelle zu Zelle, bis sie die entlegensten Teile der Pflanze, das Centrum des Stammes und die Enden der Rhizoide erreicht haben. Die farblosen Zellen werden auf diese Weise nicht nur mit den im Transpirationsstrom enthaltenen Salzen versorgt, sondern auch mit Kohlehydraten und Stickstoffverbindungen. Aus diesen bilden sie ihre Nahrung, und sie leben daher wie Hefezellen in Pasteur'scher Lösung oder wie Bakterien in einer organischen Infusion.

Wir sehen also, dafs die farblosen Zellen des Stengels und der Rhizoide in Bezug auf ihre Nahrungszufuhr von den grünen Zellen der Blätter abhängen. Wie andere chlorophyllfreie Zellen, sind sie aufser Stande, die Kohlenäure als Kohlenstoffquelle zu verwerthen, sie bedürfen vielmehr fertig hergestellter Kohlehydrate, deren Bildung während des Tageslichtes beständig in den chlorophyllhaltigen Zellen der Blätter stattfindet. Diese merkwürdige Arbeitsteilung bildet den wichtigsten physiologischen Unterschied zwischen den Moosen und den in früheren Vorlesungen beschriebenen niedriger organisierten grünen Pflanzen.

## Neunundzwanzigste Vorlesung.

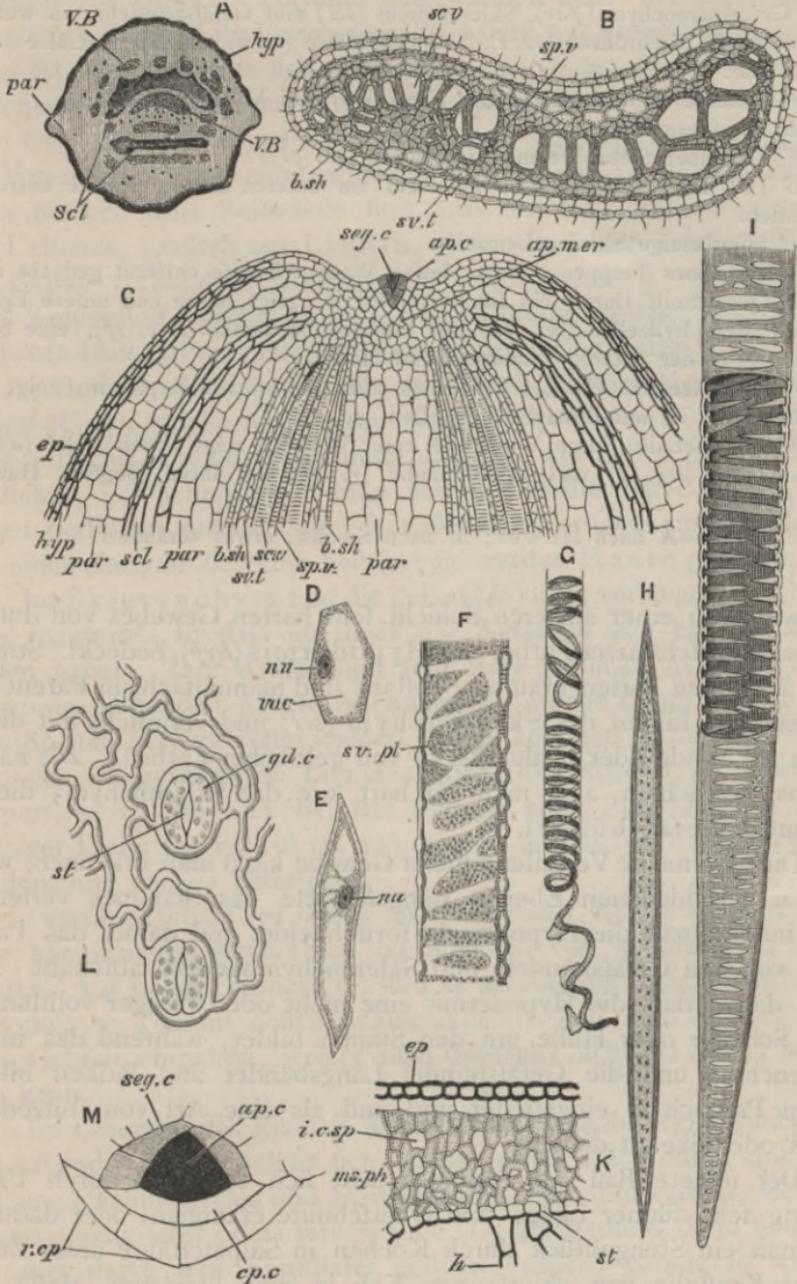
### Die Farne.

Wir fahen in der vorigen Vorlesung, dafs bei den Moosen ein gewisser niederer Grad von histologischer Differenzierung besteht, indem einige Zellen so umgewandelt sind, dafs sie ein Sklerenchym, andere so, dafs sie ein Axialbündel bilden. Wir haben nunmehr eine Pflanzengruppe zu betrachten, welche in dieser Beziehung ungefähr auf derselben morphologischen Stufe steht, wie *Polygordius*, insofern der ausgebildete Organismus nicht aus einem blofsen Aggregate einfacher Zellen besteht, sondern aus verschiedenen, deutlich unterscheidbaren Geweben.

Eine Farnpflanze hat einen starken Stamm, der bei einigen Formen, wie z. B. bei dem gewöhnlichen Adlerfarn (*Pteris aquilina*) ein horizontaler, unterirdischer Sprofs ist, und daher oft fälschlich als Wurzel angesehen wird; bei andern klettert er an Baumstämmen oder Felsen empor, bei andern wieder, wie bei den Baumfarne, steht er aufrecht und kann eine Höhe von drei bis vier Meter erreichen. Vom Stamme gehen Gebilde von zweierlei Art aus: die Blätter, welche bei den verschiedenen Species eine fast unbegrenzte Formenmannigfaltigkeit aufweisen, und die zahlreichen dünnen Wurzeln. In einigen Fällen, z. B. bei den Baumfarne und dem gewöhnlichen Schildfarn (*Aspidium filix mas*) endigt die Pflanze distalwärts in eine Gipfelknospe, welche, wie bei *Nitella* und den Moosen, aus dem von Blättern überwölbten fortwachsenden Stammende besteht; bei andern, wie bei *Pteris*, läuft der Stamm in ein stumpfes, knopfartiges Ende aus, welches nicht von Blättern verdeckt wird. Am proximalen Ende des Stammes finden sich in der Regel die vertrockneten Überreste der Blätter des vorigen Jahres oder die bei ihrem Abfall gebliebenen Narben. Die Wurzeln gehen von der ganzen Oberfläche des Stammes aus und bedecken denselben oft mit einer dichtverflochtenen Masse dunkelbrauner Fasern.

Wenn man den Stamm quer durchschneidet (Fig. 82, *A*), so sieht man sogar mit blofsem Auge, dafs derselbe aus drei wohlumschriebenen Geweben besteht. Die Hauptmasse bildet eine weifliche, weiche, sich zähe anfühlende Substanz, das sogenannte Grundparenchym (*par*);

Fig. 82.



Anatomie und Histologie der Farne.

A Querschnitt des Stammes von *Pteris aquilina*, zeigt Hypodermis (*hyp*), Grundparenchym (*par*), Sklerenchym (*scl*) und Gefäßbündel (*V. B.*). Vergr. zweifach.

B Querschnitt eines Gefäßbündels, zeigt Bündelscheide (*b. sh*), Siebröhren (*sv. t*), Treppengefäße (*sc. v*) und Spiralgefäße (*sp. v*). — Vergr. sechsfach.

C halb-schematischer Längsschnitt durch den Vegetationspunkt des Stammes, zeigt Scheitelzelle (*ap. c*), Segmentzellen (*seg. c*) und Scheitelmeristem (*ap. mer*),

welches in Dauergewebe übergeht. Dies besteht aus Epidermis (*ep*), Hypodermis (*hyp*), Grundparenchym (*par*), Sklerenchym (*scl*) und Gefäßsbündeln, in welchen Scheide (*b. sh*), Siebröhren (*sv. r*), Treppengefäße (*sc. v*) und Spiralgefäße (*sp. v*) sichtbar sind.

*D* einzelne Parenchymzelle mit Kern (*nu*) und Vakuole (*vac*).

*E* Hypodermiszelle.

*F* Teil einer Siebröhre mit Siebplatten (*sv. pl*).

*G* Teil eines Spiralgefäßes mit dem am unteren Ende teilweise entrollten Spiralfaden.

*H* faserförmige Sklerenchymzelle.

*I* Teil eines Treppengefäßes, dessen Wand teilweise entfernt gedacht ist.

*K* Querschnitt durch ein Blatt von *Pteris*, zeigt obere und untere Epidermis (*ep*), Mesophyllzellen (*ms. ph*) mit Interzellularräumen (*i. c. sp*), eine Spaltöffnung (*st*) in der unteren Epidermis und Haare.

*L* Oberflächenansicht der Epidermis eines Blattes von *Aspidium*, zeigt zwei Spaltöffnungen (*st*) mit ihren Schließzellen (*gd. c*).

*M* Längsschnitt durch das Ende einer Wurzel, zeigt Scheitelzelle (*ap. c*), Segmentzellen (*seg. c*) und Wurzelhaube (*r. ep*) mit ihren jüngsten Haubenzellen (*cp. c*).

*A, B, D—K* nach Howes; *M* nach Sachs, etwas verändert.

dies wird von einer äußeren Schicht sehr harten Gewebes von dunkelbrauner oder schwarzer Farbe, der Hypodermis (*hyp*), bedeckt. Streifen einer ähnlichen harten braunen Substanz sind mannigfach im Parenchym verstreut und bilden das Sklerenchym (*scl*) und vermischt mit diesen finden wir runde oder ovale Flecke von gelblicher Farbe (*V. B*), härter, als das Parenchym, aber nicht so hart, wie das Sklerenchym, die sogenannten Gefäßsbündel.

Die allgemeine Verteilung dieser Gewebe kann man erkennen, wenn man in verschiedenen Ebenen Längsschnitte des Stammes verfertigt, oder indem man die Hypodermis fortstreichet und darauf das Parenchym von den Gefäßsbündeln und Sklerenchymbändern abschabt. Man findet dann, daß die Hypodermis eine mehr oder weniger vollständige harte Scheide oder Hülle um den Stamm bildet, während das innere Sklerenchym und die Gefäßsbündel Längsbänder und Balken bilden, die im Parenchym eingebettet sind und als eine Art von stützendem Gerüst oder Skelett dienen.

Der feinere Bau des Stammes läßt sich entweder durch Untersuchung sehr dünner Längs- und Querschnitte erkennen, oder dadurch, daß man ein Stengelstück durch Kochen in Salpetersäure unter Zusatz einiger Krystalle von chlorsaurem Kali in eine breiartige Masse verwandelt [maceriert]. Durch diesen Prozeß werden die verschiedenen Elemente der Gewebe voneinander getrennt und können leicht bei starker Vergrößerung untersucht werden.

Durch Kombination dieser beiden Präparationsmethoden, des Schneidens und des Macerierens, erkennt man, daß das Parenchym aus einem Aggregate polyedrischer Zellen (*D*) besteht, welche beträchtlich länger als breit sind, und deren Längsachse parallel der Längsachse des Stammes

selbst ist. Man kann diese Zellen als Cylinder ansehen, welche durch gegenseitigen Druck in Polyeder umgewandelt sind. Sie haben den gewöhnlichen Bau und ihr Protoplasma ist häufig mit großen Stärkekörnern angefüllt. Sie schliessen sich nicht völlig aneinander, sondern es bleiben zwischen ihnen Hohlräume, die sogenannten Intercellularräume.

Die Zellen der Hypodermis (*E*) sind verhältnismässig länger, als die Parenchymzellen, und an beiden Enden zugespitzt. Sie enthalten keine Stärke. Ihre Zellwände sind stark verdickt und bestehen nicht aus Cellulose, sondern aus Lignin, einem in feiner Zusammensetzung der Stärke verwandten Kohlehydrat, welches jedoch verhältnismässig mehr Kohlenstoff enthält. Schulze'sche Lösung, welche, wie wir sahen, Cellulose blau färbt, erteilt dem Lignin eine gelbe Farbe.

Ausserhalb der Hypodermis findet sich eine einzige Schicht von Zellen (*C, ep*), welche mit blossem Auge nicht sichtbar ist und die wirkliche äusserste Schicht des Stammes darstellt. Die Zellen haben schwach verdickte, gelblichbraune Wände und bilden die Epidermis. Von vielen derselben gehen feine, fadenförmige Fortsätze aus, deren jeder aus einer einzigen Zellreihe besteht; sie werden Haare genannt.

Im Sklerenchym sind die Zellen (*H*) stark verlängert und beiderseits zugespitzt, so dass sie mehr das Aussehen von Fasern, als von Zellen haben. Ihre Wände sind sehr stark verdickt und verholzt und zeigen in Abständen schiefe Zeichnungen, welche durch schmale oder tiefe Spalten hervorgerufen werden. Diese kommen dadurch zu Stande, dass die Ablagerung von Lignin an der Oberfläche des Protoplasma-körpers nicht, wie dies bei der Bildung einer Zellwand von gleichmässiger Dicke der Fall ist (S. 24), überall in gleicher Weise stattfindet, sondern hier und da unterbleibt.

Die Gefässbündel haben im Querschnitt (*B*) das Aussehen eines sehr komplizierten Netzwerkes mit Maschen von wechselndem Durchmesser. Auf Längsschnitten (*C*) und an macerierten Stücken sieht man, dass sie zum Teil aus Zellen zusammengesetzt sind, dass sie aber ausserdem Gebilde enthalten, welche man durchaus nicht als Zellen bezeichnen kann.

Im Centrum des Bündels liegen einige schmale, cylindrische Röhren (*B* und *C, sp. v*), welche sich auf den ersten Blick durch eine Spiralzeichnung kennzeichnen und Spiralgefässe genannt werden. Genauere Untersuchung lehrt, dass ihre Wände (*G*) grösstenteils dünn sind, dass sie aber durch eine Spiralfaser gestützt werden, gerade so wie eine Papierröhre dadurch gestützt werden kann, dass man einen spiralförmigen Streifen Pappe auf ihrer inneren Fläche aufklebt. Diese Gefässe sind von beträchtlicher Länge und an beiden Enden offen; auch enthalten sie kein Protoplasma, sondern sind entweder mit Luft oder mit Wasser gefüllt. Sie haben daher keins der charakteristischen Merkmale einer Zelle. Bei Behandlung mit Schulze'scher Lösung erweisen sie sich als aus Lignin bestehend.

In der Umgebung dieser Gruppe von Spiralgefäßen finden sich weite, an beiden Enden zugespitzte Röhren (*B* und *C*, *sc. v*), welche auf Längsschnitten mit ihren schief zulaufenden Enden zwischen einander greifen, und auf Querschnitten die so auffallenden weiten polygonalen Maschen bilden. Sie zeigen quer verlaufende Streifen, ähnlich angeordnet, wie die Sprossen einer Leiter, und werden daher Leiter- oder Treppengefäße genannt. Diese Streifen (*I*) rühren von breiten transversalen Gruben in der im Übrigen dicken, verholzten Wand her. An den schiefen Enden, mittels deren die Gefäße zwischen einander greifen, treten an Stelle dieser Vertiefungen häufig wirkliche Spalten, so daß eine Längsreihe solcher Gefäße ein zusammenhängendes Rohr darstellt, welches, wie die Spiralgefäße, Luft oder Wasser, aber kein Protoplasma enthält. Bei den meisten Farnen sind die Wandungen der Röhrenden nicht in dieser Weise durchbohrt, und diese Gebilde heißen dann Tracheiden.

Die Anwesenheit dieser Gefäße — der Spiral- und Treppengefäße — ist der wichtigste histologische Charakterzug, der die Farne und Moose unterscheidet. Die letztere Gruppe, und alle Pflanzen, welche noch unter derselben stehen, bestehen ausschließlich aus Zellen. Die Farne und alle höher stehenden Pflanzen enthalten außerdem Gefäße, und heißen daher Gefäßpflanzen.

Die Gefäße, samt den zwischen ihnen zerstreuten kleinen Parenchymzellen, stellen den centralen Teil des Gefäßbündels, den sogenannten Holz- oder Xylemteil dar. Der peripherische Teil besteht aus mehreren Zellschichten, welche den Bast- oder Phloënteil bilden. Das Ganze wird von einer einzigen Schicht schmaler Zellen, der Gefäßbündelscheide (*b. sh*), umschlossen.

Die Zellen des Phloëms sind zum größten Teile parenchymatisch, aber unter denselben befinden sich einige, denen wir unsere besondere Aufmerksamkeit zuwenden müssen. Dieselben (*B* und *C*, *sv. t*) sind mehrmals so lang als breit und besitzen an ihren Wänden unregelmäßige Flecken, sogenannte Siebplatten (*F*, *sv. pl*), welche Gruppen von kleinen Öffnungen enthalten, durch welche das Protoplasma der Zelle mit dem einer Nachbarzelle in Verbindung tritt. Die transversalen oder schiefen Wände zwischen den Zellen einer Längsreihe sind in gleicher Weise durchlöchert, so daß eine Reihe solcher Zellen eine Siebröhre bildet, in welcher das Protoplasma von einem Ende bis zum andern einheitlich zusammenhängt. Es liegt uns hier also ein ebenso augenfälliges Beispiel einer kontinuierlichen Protoplasmanasse vor, wie in dem Oberhautepithel und gewissen andern Geweben von *Polygordius* (vergl. S. 207, 228).

Das distale oder fortwachsende Ende des Stammes endigt in einen stumpfen Scheitel oder Vegetationspunkt (*C*), welcher bei aufrechten Stämmen von den Blättern der Gipfelknospe umgeben, bei dem unterirdischen Stamme des Adlerfarns in eine Vertiefung eingefenkt und von

dicht stehenden Haaren bedeckt ist. Eine Reihe von Längsschnitten zeigt, daß in kurzer Entfernung von dem Vegetationskegel die verschiedenen Gewebearten des Stammes — Epidermis, Parenchym, Sklerenchym und Gefäßbündel — unmerklich in eine weißliche Substanz übergehen, welche, mit bloßem Auge betrachtet, dem Parenchym ähnlich ist und Scheitelmeristem (*ap. mer*) genannt wird.

Dünne Schnitte lassen erkennen, daß der Gipfel des Vegetationskegels von einer keilförmigen Scheitelzelle (*ap. c*) eingenommen wird, welche bei aufrechten Stämmen dreiseitig ist, wie bei den Moosen (Fig. 80, H, S. 250), bei dem horizontalen Stamme von *Pteris* jedoch nur zweiseitig. Wie bei den Moosen werden Segmentzellen nacheinander an den drei (oder zwei) Seitenflächen der Scheitelzelle gebildet, und diese bilden durch fortgesetzte Teilung das Scheitelmeristem (*ap. mer*), welches aus kleinen, dichtgedrängten Zellen ohne Intercellularräume besteht. In der Gegend der Basis des Vegetationskegels sieht man das Meristem unmerklich in die Dauergewebe übergehen, indem die Zellen an der Oberfläche sich in die Epidermis und Hypodermis, diejenigen der Centralregion in das Sklerenchym und die verschiedenen Bestandteile der Gefäßbündel, und die der Zwischenregion in das Parenchym fortsetzen.

Die Untersuchung des fortwachsenden Stammendes zeigt uns, in welcher Weise der Prozeß des Scheitelwachstumes in einer komplizierten Pflanze, wie in einem Farn, vor sich geht. Die Scheitelzelle teilt sich wiederholt und bildet eine Reihe von Segmentzellen, diese teilen sich wieder und bilden das Scheitelmeristem, welches sich an dem fortwachsenden Ende beständig durch die Bildung und darauf folgende Teilung neuer Segmentzellen vermehrt; auf diese Weise wächst der Scheitel des Stammes beständig aufwärts und vorwärts. Gleichzeitig aber beginnen die vom Scheitel am weitesten entfernten Meristemzellen sich zu differenzieren; einige strecken sich nur wenig in die Länge, wachsen stark an und werden zu Parenchymzellen; andere werden durch Längenwachstum parallel der Längsrichtung des Stammes und durch Verdickung und Verholzung ihrer Zellwand zu Sklerenchymzellen; wieder andere verlängern sich stark, ordnen sich, mit ihren Enden zusammenstoßend, in Längsreihen und wandeln sich, unter Verlust ihres Protoplasmas und der Querwände zwischen den Zellen jeder Reihe, in Gefäße um, je nach der Beschaffenheit ihrer Wände in Spiral- oder Treppengefäße. Während also die Epidermis, das Parenchym und das Sklerenchym aus Zellen bestehen, sind die Spiral- und Treppengefäße Zellfusionen, oder genauer, Zellwandfusionen, da sie durch die Verschmelzung einer Längsreihe mehr oder weniger zahlreicher Zellwände bestehen. Wir erinnern uns, daß auch die Muskelplatten von *Polygordius*, wie das Studium ihrer Entwicklung beweist, Zellfusionen sind (S. 228).

Wir sehen demnach, daß jede Zelle im Stamme eines Farnes ursprünglich eine Zelle des Scheitelmeristems war, daß jedes Gefäß durch

die Verschmelzung einer Anzahl solcher Zellen entstanden ist, und daß die Meristemzellen selbst alle mittels des gewöhnlichen Teilungsprozesses aus der Scheitelzelle hervorgegangen sind. So bewirken die zusammenwirkenden Vorgänge der Zellteilung, Zelldifferenzierung und Zellverschmelzung die Entstehung der verschiedenen und komplizierten Gewebe des ausgebildeten Stammes.

Die Blätter variieren sehr in ihrer Form bei den verschiedenen Gattungen und Arten der Farne. Sie können einen unverzweigten Stiel haben, welcher eine einzige ausgebreitete Blattspreite trägt, oder der Stiel kann mehr oder weniger verzweigt sein, und feine Verzweigungen tragen zahlreiche Teilblättchen oder Fiedern.

Die Anatomie des Blattes kann, wie die des Stammes, auf Schnitten leicht untersucht werden. Der Blattstiel und feine Verzweigungen besitzen denselben allgemeinen Bau, wie der Stamm, sie bestehen aus Parenchym, welches äußerlich von Epidermis bedeckt und innerlich durch Gefäßbündel gestützt wird, die mit denen des Stammes zusammenhängen. Die Blattspreite jedoch, oder bei den zusammengesetzten Blättern die Fieder, hat einen abweichenden und ganz eigenartigen Bau. Sie ist von einer Epidermischicht bedeckt, welche leicht als außerordentlich dünne, farblose Membran abgelöst werden kann, so daß dann eine weiche, grüne Substanz, das Blattparenchym oder Mesophyll, sichtbar wird. Das Blatt ist äußerlich durch ein Netz zarter Rippen oder Adern ausgezeichnet; durch Präparation erkennt man in denselben feine weiße Fäden, welche sich durch das Mesophyll verzweigen. Wenn man diese bis in den Blattstiel verfolgt, so kann man nachweisen, daß sie aus den Gefäßbündeln desselben entspringen, deren vielfach verzweigte Distalenden sie in Wahrheit darstellen.

Mikroskopische Untersuchung lehrt, daß die Epidermis der Blätter aus flachen, farblosen Zellen (*K*, *ep.* und *L*) von sehr unregelmäßigem Umriss besteht, welche sich, wie die Teile einer Mosaik, eng aneinander schließen. Zwischen denselben findet man hier und da Paare von wurstförmigen Zellen (*gd. c*), welche mit ihren konkaven Flächen einander zugekehrt sind, so daß sie eine schmale, spaltförmige Öffnung (*st*) einschließen. Diese Öffnungen, welche die einzigen Interzellularräume innerhalb der Epidermis sind, heißen Spaltöffnungen (*Stomata*), die dieselben begrenzenden Zellen sind die Schließzellen und unterscheiden sich von den übrigen Epidermiszellen durch den Besitz einiger Chromatophoren.

Das Mesophyll, welches, wie wir gesehen haben, den ganzen Raum zwischen der oberen und der unteren Epidermis einnimmt, besteht aus dünnwandigen Zellen, welche mit Chromatophoren angefüllt und infolgedessen tief grün gefärbt sind (*K*, *ms. ph*). Die Zellen, welche auf die obere Epidermis folgen, sind cylindrisch und stehen vertikal in einer einzigen Reihe, diejenigen in der Nähe der unteren Fläche sind in Form und Anordnung sehr unregelmäßig. Weite Interzellularräume (*i. c. sp*)

finden sich zwischen den Mesophyllzellen und stehen mit der äußeren Atmosphäre durch die Spaltöffnungen in Verbindung.

Die Blätter entstehen als Auswüchse des distalen oder fortwachsenden Stammendes, jedes entspringt aus einer einzigen Segmentzelle des Vegetationskegels.

Das Farn ist die erste bisher von uns betrachtete Pflanze, welche echte Wurzeln besitzt. Die mit diesem Namen bezeichneten Gebilde unterscheiden sich fundamental von den einfachen Rhizoiden der Nitella und der Moose. Sie sind nicht einfache lineare Zellaggregate, sondern stimmen in ihrem allgemeinen Bau mit dem Stamme, von welchem sie entspringen, überein, indem sie eine Epidermisfchicht besitzen, unter welcher sich ein durch Sklerenchymbänder und ein einziges, centrales Gefäßbündel gestütztes Parenchym befindet. Von den Epidermiszellen gehen einzellige Fortsätze aus, die Wurzelhaare.

Der Scheitel der Wurzel besteht, wie der des Stammes, aus einer Masse von Meristem, in welcher man eine einzige, keilförmige Scheitelzelle (Fig. 82, *M*, *ap. c*) unterscheiden kann. Während jedoch im Stamme die Basis dieser Zelle das wirkliche distale Ende des Stammes darstellt (vergl. *C*), wird dieselbe hier von mehreren Zellschichten bedeckt, welche die Wurzelhaube bilden (*r. cp*). In der That teilt sich die Scheitelzelle der Wurzel nicht nur längs den ihren Seitenflächen parallelen Ebenen, sondern auch in einer solchen, die ihrer Basis parallel ist, und sie erzeugt auf diese Weise nicht nur drei Reihen von Segmentzellen (*seg. c*), welche sich später weiter teilen und das Scheitelmeristem bilden, sondern auch noch eine Reihe von Haubenzellen (*cp. c*), welche eine schützende Scheide um den zarten Vegetationskegel der Wurzel bilden, während diese sich ihren Weg durch das Erdreich bahnt.

Die Wurzeln zeigen auch in ihrer Entwicklung eine Eigentümlichkeit. Sie sind nicht, wie die Blätter, Auswüchse der oberflächlichen Gewebeschichten des Stammes, sondern sie entspringen aus einer Zellschicht, welche die Gefäßbündel unmittelbar umgiebt, und bahnen sich während des Wachstumes ihren Weg durch die oberflächlichen Teile des Stammes, um schließlich durch einen Spalt derselben auszutreten. Man hat daher ihre Entstehung eine endogene, die der Blätter eine exogene genannt.

Die Ernährung der Farne vollzieht sich ungefähr in derselben Weise, wie die der Moose (vergl. S. 255 ff.). Nach Analogie der höheren Pflanzen zu schließen, scheint der aufsteigende Wasserstrom von den Wurzeln hauptsächlich durch den Xylemteil der Gefäßbündel zu fließen, während der absteigende Strom stickstoffhaltiger und anderer Nährsubstanzen für den Bedarf der chlorophyllfreien Zellen des Stammes und der Wurzeln besonders durch das Phloem, und speciell durch die Siebröhren fließt. Die Absorption des Wassers erfolgt mittels der Wurzelhaare.

Im Herbste finden sich an der Unterseite der Blätter braune Flecken, die sogenannten Sori, welche nach Form und Anordnung in den verschiedenen Gattungen sehr variieren und aus unzähligen kleinen, samenähnlichen Körpern, den mit bloßem Auge eben sichtbaren Sporangien (Fig. 83, *A*) bestehen. Jeder Sorus oder jede Sporangiengruppe ist von einer Falte der Blattepidermis, dem sogenannten Indusium, bedeckt.

Ein Sporangium ist durch einen mehrzelligen Stiel (*st*) an dem Blatte befestigt und stellt einen Sack dar, welcher zwei mit ihren konkaven Flächen einander zugekehrten und an ihren Rändern durch einen dicken Ring (*an*) verbundenen Uhrgläsern gleicht. Die Seitenflächen bestehen aus dünnen, abgeplatteten Zellen von unregelmäßiger Gestalt, der Ring oder Annulus aus eigentümlich gestalteten Zellen, welche an einem Rande (dem linken in Fig. *A*) dünn und breit, an dem andern (dem rechten) dick, stark verholzt und gelblichbraun gefärbt sind. Die ganze innere Höhlung ist von Sporen erfüllt (*B*, *sp*), welche die Form eines Tetraeders mit abgerundeten Ecken haben, und deren jede aus Protoplasma mit einem Kerne besteht und von einer doppelten Cellulosewand umgeben ist. Eine Spore ist daher, wie bei den Moosen, eine einzelne Zelle.

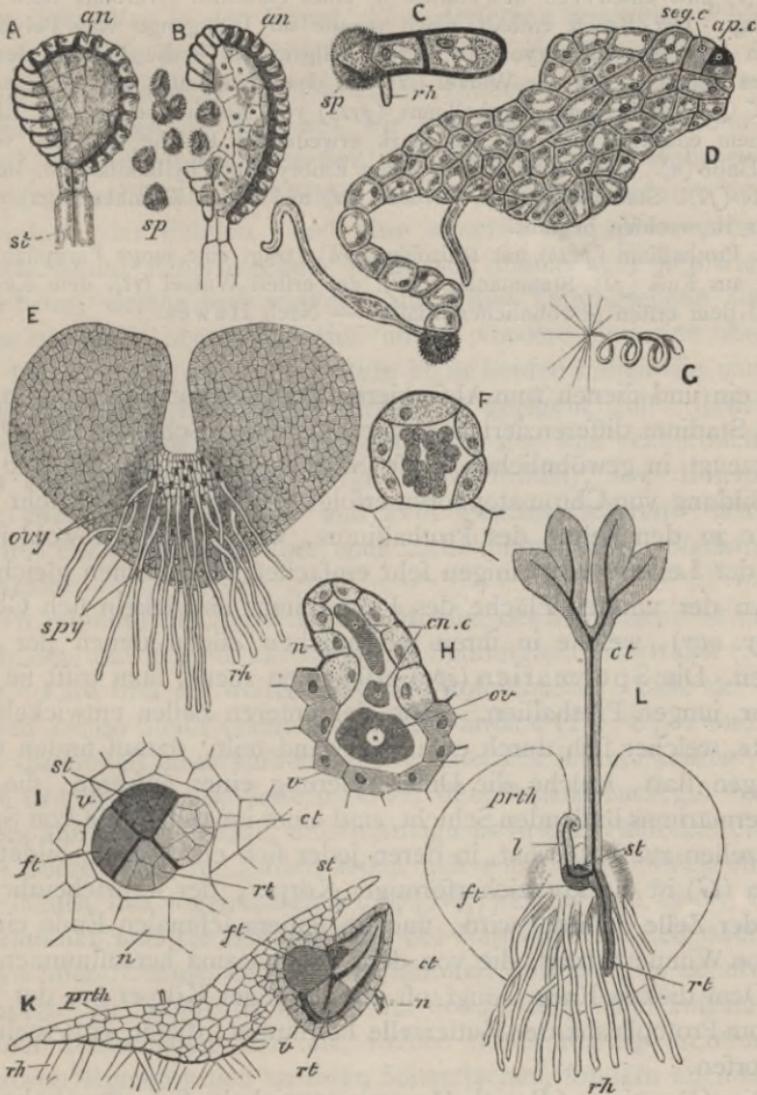
Jedes Sporangium geht aus einer einzelnen Epidermiszelle des Blattes hervor. Diese teilt sich wiederholt und erzeugt so eine solide Masse von Zellen, von welchen die äußersten zur Wand des Sporangiums werden, während die inneren Sporenmutterzellen sind. Die letzteren teilen sich, wie bei den Moosen (S. 253), in vier Sporen.

Während der Reifung der Sporen trocknet die Wand des Sporangiums aus, und gleichzeitig streckt sich der verdickte Teil des Ringes gerade, zerreißt die dünnen Zellen und es entsteht ein großer Riß, durch welchen die Sporen ins Freie gelangen (*B*).

Wenn die Sporen auf feuchte Erde ausgefäet werden, so keimen sie, indem das von der inneren Schicht der Zellwand bedeckte Protoplasma durch die zerriffene äußere Schicht (*C*, *sp*) in Form eines kurzen Fadens hervordringt. Dieser teilt sich der Quere nach, und bildet so zwei Zellen, deren proximale ein kurzes Rhizoid (*rh*) erzeugt. Die Ähnlichkeit dieses Entwicklungsstadiums mit dem jungen Protonema eines Mooses ist augenfällig genug (f. Fig. 81, *D*<sup>1</sup>, S. 254).

Weitere Zellteilungen finden statt, und bald darauf teilen sich die distalen Zellen in longitudinaler Richtung, und es entsteht ein blattartiger Körper, welcher Prothallium (*D*) genannt wird. Dieser ist zuerst nur einschichtig, aber allmählich nimmt er an Größe zu, wird mehr oder weniger nierenförmig (*E*) und gleichzeitig teilen sich die Zellen parallel zur Oberfläche, so daß das Prothallium zwei und endlich zahlreiche Zellfichten dick ist. Das Prothallium ist also zuerst ein lineares, dann ein flächenhaftes und zuletzt ein körperliches Zellaggregat. Rhizoide entwickeln sich in großer Zahl an der unteren Fläche, dringen in den

Fig. 83.



## Fortpflanzung und Entwicklung der Farne.

A Sporangium von *Pteris*, äußere Ansicht, mit Stiel (*st*) und Annulus (*an*).  
 B dasselbe, aufgeprungen, die Sporen (*sp*) austreuend.

C keimende Spore, zeigt die durchbrochene äußere Wand (*sp*), und ein von der proximalen Zelle des rudimentären (zweizelligen) Prothalliums entspringendes Rhizoid (*rh*).

D junges Prothallium, mit Spore, Rhizoid, Scheitelzelle (*ap.c*) und Segmentzellen (*seg.c*).

E Vorgefritttes Prothallium, von unten, mit Rhizoiden (*rh*), Ovarien (*ovy*) und Spermarien (*spy*).

F reifes Spermarium von *Pteris*, umgekehrt (d. h. das distale Ende aufwärts gerichtet), zum Vergleich mit Fig. 81, A.

G einzelnes Spermium, mit gewundenem Körper und zahlreichen Wimpern.

H Reifes Ovarium von *Afpidium*, umgekehrt, zum Vergleiche mit Fig. 81, B<sup>2</sup>, zeigt Bauch (*v*), Hals (*n*), Ei (*ov*) und Kanalzellen (*cn.c*).

*I* kleiner Teil des Prothalliums von *Asplenium* im Querschnitt, zeigt den Bauch (*v*) und einen Teil des Halbes (*n*) eines einzelnen Ovariums nach der Befruchtung. Der Bauch enthält einen gerade im Übergange vom Polyplast zur Phyllula begriffenen Embryo, der in vier Zellgruppen — die Anlagen des Fusses (*ft*), des Stammes (*st*), der Wurzel (*rt*) und des Keimblattes (*ct*) — geteilt ist.

*K* Querschnitt eines Prothalliums (*prth*) von *Nephrolepis*, mit Rhizoiden und einem einzelnen Ovarium mit stark erweitertem Bauche (*v*) und vertrocknetem Halbe (*n*). Der Bauch enthält einen Embryo im Phyllula stadium, bestehend aus Fufs (*ft*), Stammanlage (*st*), Wurzel (*rt*) und einem Keimblatte (*ct*), welches aufwärts zu wachsen beginnt.

*L* Prothallium (*prth*) mit Rhizoiden (*rh*), trägt eine junge Farnpflanze, bestehend aus Fufs (*ft*), Stammanlage (*st*), der ersten Wurzel (*rt*), dem Keimblatte (*ct*) und dem ersten gewöhnlichen Blatte. — Nach Howes.

Boden ein und dienen zum Abforbieren der Nährstoffe. Bereits in einem frühen Stadium differenziert sich eine zweifseitige Scheitelzelle (*D*, *ap. c*) und erzeugt in gewöhnlicher Weise Segmentzellen (*seg. c*); eine reichliche Bildung von Chromatophoren erfolgt gleichfalls in einer sehr frühen Periode in den Zellen des Prothalliums, welche daher sowohl im Bau als in der Lebensweise einigen sehr einfachen Moosformen gleichen.

An der unteren Fläche des Prothalliums entwickeln sich Gonaden (*E*, *spy. ovv*), welche in ihren wesentlichen Zügen denen der Moose gleichen. Die Spermatien (*spy*) erscheinen zuerst, man trifft sie häufig an sehr jungen Prothallien. Eine der unteren Zellen entwickelt einen Fortsatz, welcher sich durch eine Querwand teilt, darauf finden weitere Teilungen statt, welche die Differenzierung einer äusseren, die Wand des Spermatiums bildenden Schicht, und einer inneren Masse von Spermatomutterzellen zur Folge hat, in deren jeder sich ein Sperma bildet. Das Sperma (*G*) ist ein korkzieherförmiger Körper, der wahrscheinlich vom Kern der Zelle gebildet wird, und an seinem schmalen Ende eine Anzahl von Wimpern trägt, die von dem Protoplasma herzustammen scheinen. Dem dicken Ende hängt oft ein kugelig Körper an, der gleichfalls vom Protoplasma der Mutterzelle her stammt; dieser wird schliesslich abgeworfen.

Die Ovarien (*E* und *H*, *ovv*) entwickeln sich gewöhnlich erst, wenn das Prothallium eine beträchtliche Grösse erreicht hat. Jedes entsteht, wie ein Spermatium, aus einer einzigen Zelle, welche sich durch eine Wand von einer der unteren Zellen des Prothalliums abschnürt. Die Zelle teilt sich und erzeugt ein Gebilde, welches in seinen allgemeinen Zügen dem Ovarium eines Moores ähnlich ist (f. Fig. 81, *B*, S. 254), abgesehen davon, dass der Bauch (*H*, *v*) in das Prothallium eingefenkt und daher ein weniger scharf umschriebenes Gebilde ist, als bei dem niederen Typus. Wie bei den Moosen, lässt sich auch hier früh eine axiale Zellreihe von den die Wand des Ovariums bildenden Zellen unterscheiden; die proximale Zelle dieser Reihe wird zum Ei (*ov*), die andern zu den Kanalzellen (*cn. c*), welche verschleimen und durch ihr Aufquellen den Hals öffnen und dem Sperma einen freien Zugang schaffen.

Die Spermien schwärmen rings um die Öffnung des Ovariums und nehmen ihren Weg in den Kanal, eins derselben konjugiert schliesslich mit dem Ovarium und verwandelt dasselbe in ein Oosperm.

Die ersten Entwicklungsstadien des Embryos erinnern uns in ihren allgemeinen Zügen an das, was wir bei den Moosen eintreten sehen (S. 253). Das Oosperm teilt sich zuerst in einer dem Halbe des Ovariums parallelen Ebene und bildet zwei Zellen, eine vordere, dem fortwachsenden oder distalen, und eine hintere, dem proximalen Ende des Prothalliums näherliegende. Jede von diesen teilt sich wieder in einer Ebene, welche rechtwinkelig zur ersten Teilungsebene steht, so dass es nun eine obere und eine untere vordere und eine obere und untere hintere Zelle giebt; die untere ist in beiden Fällen die nach dem abwärts gerichteten Halbe des Ovariums zu gelegene Zelle. Jede dieser vier Zellen teilt sich, der Embryo besteht nun aus acht Zellen; zwei oberen vorderen (einer rechten und einer linken), zwei unteren vorderen, zwei oberen hinteren und zwei unteren hinteren. Wir erhalten somit ein vielzelliges, aber noch nicht differenziertes Stadium, den Polyplast.

Wir erinnern uns, dass bei den Moosen der Polyplast eine Scheitelzelle bildet und sich direkt zu einem Sporangium entwickelt (S. 253). Bei dem Farn sind die weiteren Stadien komplizierter. Eine der oberen vorderen Zellen bleibt unentwickelt, die andere (Fig. 83, *I* und *K*, *st*) nimmt die Gestalt einer keilförmigen Scheitelzelle an und erzeugt, indem sie sich in gewöhnlicher Weise teilt, ein dem Vegetationskegel des Farnstammes ähnliches Gebilde, dessen Anlage es in der That darstellt. Die beiden oberen hinteren Zellen teilen sich wieder und bilden eine vielzellige Masse, den sogenannten Fufs (*ft*), welcher sich in das Prothallium einfenkt und zur Abforbierung der Nährstoffe für den wachsenden Embryo dient. Eine der unteren hinteren Zellen bleibt unentwickelt, die andere (*rt*) nimmt die Gestalt der Scheitelzelle einer Wurzel, d. h. die einer keilförmigen Zelle an, welche durch Teilung nicht nur drei Reihen von Segmentzellen an ihren Seitenflächen, sondern auch Haubenzellen an ihrer Basis erzeugt (S. 265); die Zellen teilen sich in sehr rascher Folge und es entsteht eine Wurzel, welche sogleich abwärts in den Boden wächst. Endlich erfahren die beiden unteren vorderen Zellen schnell aufeinander folgende Teilungen und entwickeln sich zum ersten Blatte des Embryos, dem Keimblatte oder Kotleton (*ct*), welches alsbald aufwärts gegen das Licht zu wachsen beginnt.

So hat der Farnembryo in einem verhältnismässig frühen Stadium seiner Entwicklung eine Stufe der Differenzierung erreicht, welche weit über Alles hinausgeht, was wir bei dem Moosembryo gefunden haben. Der kaum differenzierte Polyplast ist in ein Entwicklungsstadium übergegangen, welches Phyllula genannt werden kann, und durch den Besitz der beiderlei für die höheren Pflanzen charakteristischen Organe, des Blattes und der Wurzel, ausgezeichnet ist.

Es ist bemerkenswert, wie früh sich bei der Entwicklung die wesentlichen Unterscheidungsmerkmale der Tiere und Pflanzen bemerkbar machen. Bei *Polygordius* folgt auf den Polyplast die Gastrula, welche durch den Besitz einer Verdauungshöhle ausgezeichnet ist, beim Farn existiert ein solcher Hohlraum nicht, aber auf den Polyplast folgt ein Entwicklungsstadium, welches durch den Besitz von Blatt und Wurzel ausgezeichnet ist. In dem einen Falle treten die Organe der holozöischen, im andern Falle die Organe der holophytischen Ernährung auf und kennzeichnen somit den Embryo als Tier oder als Pflanze. Wir sehen demnach, daß, während das Oosperm- und das Polyplaststadium des Embryos den höheren Pflanzen und den höheren Tieren gemeinsam zukommen, die weiteren Entwicklungsstufen nicht mehr entsprechend sind, indem der nächste Schritt beim Tiere die Entwicklung des Urdarmes, bei der Pflanze die Entwicklung von Blatt und Wurzel ist. Mit andern Worten, die Phyllula und die Gastrula sind einander entsprechende Entwicklungsstadien.

Das Keimblatt wächst schnell heran und dringt zwischen den Lappen des nierenförmigen Prothalliums hervor (*L*), gleichzeitig streckt sich die Wurzel zu beträchtlicher Länge und das Resultat ist, daß die Phyllula ein recht augenfälliges Gebilde wird, welches in enger Verbindung mit dem Prothallium steht und anscheinend ein Teil des letzteren ist. Die beiden sind jedoch in der That völlig voneinander getrennt, und ihr Zusammenhang beruht nur darauf, daß der Fuß der Phyllula sich in das Gewebe des Prothalliums einfenkt, wie eine Wurzel in den Boden.

Die Phyllula steht daher in ganz derselben Beziehung zu dem Prothallium, wie das Sporogonium zur Moospflanze (vergl. Fig. 83, *K* mit Fig. 81, *C*<sup>2</sup> und Fig. 83, *L* mit Fig. 81, *C*<sup>4</sup>).

Die Anlage des Stammes (*L*, *st*) fährt fort, durch Bildung neuer Segmente seitens der Scheitelzelle zu wachsen; aus den Segmenten entwickeln sich Blätter (*l*) und wachsen, parallel dem Keimblatte, aufwärts. Die zuerst gebildeten Blätter sind klein und von einfachem Bau, aber die später entwickelten werden immer größer und komplizierter, bis sie endlich die Größe und den komplizierten Bau der gewöhnlichen Farnblätter erreichen. Inzwischen haben sich neue Wurzeln gebildet, das Keimblatt, der Fuß und das Prothallium vertrocknen, und so wird die Phyllula durch die fortgesetzte Bildung neuer Organe an dem beständig fortwachsenden Stamme zu einer Farnpflanze.

Wir sehen, daß die Entwicklungsgeschichte eines Farns im Wesentlichen der eines Mooses gleicht. Bei beiden findet ein Generationswechsel statt, ein Gamobium oder eine Geschlechtsgeneration erzeugt durch die Konjugation eines Eies und eines Spermas ein Agamobium oder eine ungeschlechtliche Generation, welche durch den ungeschlechtlichen Prozeß der Sporenbildung das Gamobium hervorbringt. Aber in dem gegenseitigen Größenverhältnisse der beiden Generationen besteht

ein sehr großer Unterschied. Was wir als Moospflanze kennen, ist das Gamobium, und das Agamobium ist ein einfaches, Sporen produzierendes Gebilde, welches niemals über das Stadium eines hoch differenzierten Polyplasten hinausgelangt und während seiner ganzen Existenz von dem Gamobium abhängig bleibt, dem es beständig aufsitzt. Was wir als Farnpflanze kennen, ist das Agamobium, ein großes, kompliziertes Gebilde, welches nur während einer kurzen Periode seines Jugendlebens von dem kleinen und unscheinbaren Gamobium abhängig ist. Während also das Gamobium die vorherrschende Generation im Lebenslaufe der Moose ist, und das Agamobium wie ein einfaches Organ desselben erscheint, ist bei den Farnen das Verhältnis das umgekehrte: das Agamobium kann baumartige Größe erreichen, während das Gamobium so klein ist, daß seine ganze Existenz einem großen Teile der Farnsammler unbekannt ist.

Aus dem eben Gefagten folgt, daß die verschiedenen Organe eines Farns genau genommen denen eines Moooses nicht entsprechen. Die Blätter eines Moooses sind denen eines Farns nicht homolog, sondern eher den Lappen des Prothalliums vergleichbar; ebenso entsprechen die Rhizoide eines Moooses nicht den komplizierten Wurzeln des Farns, sondern den Rhizoiden des Prothalliums.

## Dreißigste Vorlesung.

Die allgemeinen Charaktere der höheren Pflanzen<sup>1)</sup>.

In der siebenundzwanzigsten Vorlesung (S. 230) wurde dargelegt, daß das Verständnis des Baues und der Entwicklung von Polygordius uns befähigt, die Hauptzüge der Organisation aller höheren Tiere zu verstehen.

In derselben Weise bahnt uns das Studium der Farne den Weg zur Kenntnis aller höheren Pflanzengruppen, welche sich in der That alle viel weniger von den Farnen unterscheiden, als die verschiedenen in der siebenundzwanzigsten Vorlesung besprochenen Tiertypen von Polygordius. Wir sehen, daß die Unterschiede zwischen diesen sich auf so wichtige Punkte erstrecken, wie z. B. das Fehlen oder Vorhandensein der Segmentation und der seitlichen Körperanhänge, die Beschaffenheit des Skelettes und den Bau und die Lage des Nervensystems. Bei den höheren Pflanzen hingegen sind die wesentlichen Organe — Wurzel, Stamm und Blätter — abgesehen von den Unterschieden der Form, Größe u. s. w. im Grunde überall gleich; die Gewebe zerfallen überall in Epidermis, Grundparenchym und Gefäßbündel, welche letztere aus Phloëm und Xylem bestehen; der Vegetationspunkt des Stammes und der Wurzel besteht aus Meristem, aus welchem die bleibenden Gewebe sich entwickeln, und der Vegetationspunkt der Wurzel wird überall von einer Wurzelhaube bedeckt, während der des Stammes einfach von Blättern überwölbt wird. Überdies läßt sich überall ein Generationswechsel nachweisen.

Die Pflanzen lassen sich in folgende Hauptgruppen oder Stämme einteilen:

<sup>1)</sup> Lesfer, welche keine botanische Studien getrieben, oder wenigstens typische Vertreter der wichtigsten Pflanzengruppen untersucht haben, werden aus dieser Vorlesung wenig Nutzen ziehen.

Algen.

Pilze.

Muscineen.

Gefäßkryptogamen.

Filicinen.

Equifetaceen.

Lycopodinen.

Phanerogamen.

Gymnospermen.

Angiospermen.

Die Algen sind die niederen, grünen Pflanzen. Dieselben können einzellig fein, oder die Form linearer, flächenhafter oder körperlicher Zellaggregate annehmen; sie erreichen nur eine niedere Stufe der Zelldifferenzierung. Diese Gruppe ist auf den vorhergehenden Blättern durch Zooxanthella, die Diatomeen, Vaucheria, [Spirogyra], Caulerpa, Monostroma, Ulva, Laminaria und Nitella<sup>1)</sup> vertreten gewesen.

Die Pilze sind die chlorophyllfreien niederen Pflanzen. Einige derselben sind einzellig, andere sind lineare Zellaggregate; keiner derselben zeigt eine erwähnenswerte Zelldifferenzierung. Saccharomyces, Mucor, Penicillium und Agaricus gehören in diese Gruppe.

Die Stellung einiger der zu unserer Kenntnis gelangten niederen Formen ist noch zweifelhaft. Die Bakterien beispielsweise werden von einigen Autoren als Pilze, von andern als Algen betrachtet, während noch andere sie als eine Gruppe für sich betrachten. Die Diatomeen werden ebenfalls häufig in eine besondere Gruppe gestellt. Wir müssen uns überdies daran erinnern, daß die meisten Botaniker Haematococcus und Volvox zu den Algen rechnen und die Mycetozoen entweder zu den Pilzen stellen, oder als eine besondere Gruppe chlorophyllfreier Pflanzen ansehen (vergl. S. 136).

Die Muscineen umfassen die Moose und die Lebermoose; die ersteren haben wir in der achtundzwanzigsten Vorlesung ausführlich besprochen.

Die Gefäßkryptogamen sind blütenlose Pflanzen, welche Gefäßbündel besitzen. Man faßt sie mit den Phanerogamen unter dem Namen der Gefäßpflanzen zusammen gegenüber den gefäßlosen Algen, Pilzen und Muscineen, bei welchen sich keine Gefäße entwickeln. Die Gruppe umfaßt drei Unterabteilungen.

Die erste Abteilung der Gefäßkryptogamen, die der Filicinen, umfaßt die Farne, von denen wir in der vorigen Vorlesung eine kurze Darstellung gaben. Wir müssen jedoch auch noch einer im Wasser lebenden Form, der *Salvinia*, unsere Aufmerksamkeit schenken, da sie in gewissen wichtigen Eigentümlichkeiten von den bekannteren Mitgliedern der Gruppe abweicht.

1) Von manchen Autoren wird Nitella in die Nähe der Moose gestellt. (D)

Die Equisetaceen umfassen die bekannten Schachtelhalme (Gattung Equisetum), welche wir kurz schildern werden, da sie in Bezug auf ihre Vermehrungsweise ein interessantes Mittelglied zwischen den gewöhnlichen Farnen und Salvinia bilden.

Die Lycopodinen oder Bärlappgewächse sind die höchstentwickelten unter den Kryptogamen oder blütenlosen Pflanzen. Eine kurze Beschreibung eines derselben, der Selaginella, wird die auffallendsten Eigentümlichkeiten der Gruppe veranschaulichen.

Die Phanerogamen oder Blütenpflanzen werden so genannt, weil ihre Fortpflanzungsorgane die Form besonders umgewandelter Sprosse, sogenannter Zapfen oder Blüten annehmen. Sie werden auch mit einem noch bezeichnenderen Namen Spermaphyten oder Samenpflanzen genannt, weil sie allein von allen Pflanzen sich durch Samen vermehren, Gebilde, welche sich von den Sporen dadurch unterscheiden, dass jedes eine embryonale Pflanze im Phyllulaftadium einschließt.

Die Gymnospermen oder nacktfamigen Phanerogamen umfassen die zapfentragenden Bäume, wie z. B. die Kiefern, Lärchen, Cypressen u. f. w., samt den Cycadeen (Sagobäumen) und einigen andern weniger bekannten Formen. Wir werden eine allgemeine Darstellung dieser Gruppe geben.

Die Angiospermen oder bedecktfamigen Phanerogamen umfassen alle gewöhnlichen Blütenpflanzen und außerdem Bäume, wie z. B. die Eichen, Ulmen, Pappeln, Kastanien u. f. w. Eine kurze Besprechung der Hauptzüge dieser Gruppe wird den Abschluss dieser Vorlesung bilden.

### Equisetum.

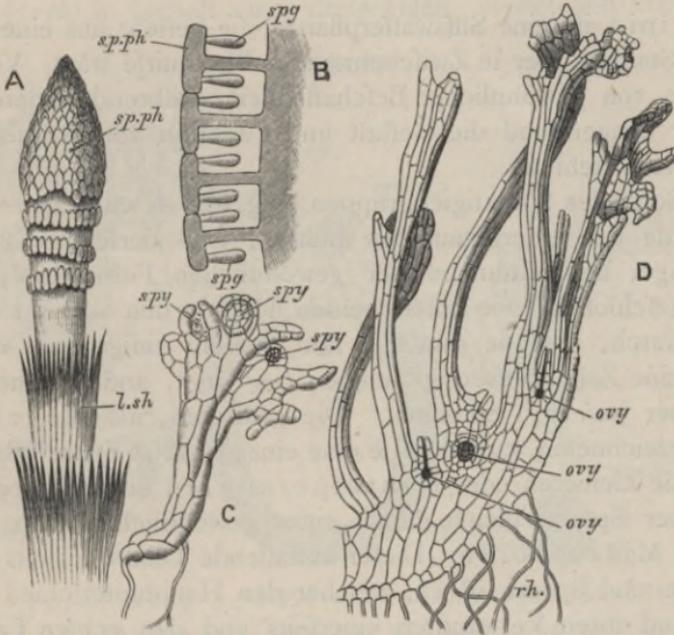
Ein Schachtelhalm besteht aus einem unterirdischen, kriechenden Stamme, von welchem vertikale Triebe ausgehen. Einige von diesen tragen nur Blätter und Zweige, andere sind abweichend gestaltet und bringen Sporangien hervor.

Ein fruchtbarer oder Sporangien tragender Trieb endet distalwärts in einen kegelförmigen Körper (Fig. 84, *A*), welcher von eng aneinanderschließenden sechseckigen Platten gebildet wird (*sp. ph*). Jede Platte (*B, sp. ph*) ist mittels eines Stieles an der Sprossachse befestigt und trägt an ihrer inneren Fläche eine Anzahl Sporangien (*spg*). Die Platten sind umgebildete Blätter, und da sie allein Sporangien hervorbringen, so werden sie von den gewöhnlichen Laubblättern als Sporophylle unterschieden.

Die Sporen, welche denselben allgemeinen Bau haben, wie die der Farne, werden durch Auffpringen der Sporangien in Freiheit gesetzt, keimen und erzeugen Prothallien. Dieselben sind jedoch weder alle in Form und Größe gleich, noch sind alle monöcisch, sondern einige (*C*) bleiben klein und einfach und erzeugen nur Spermarien (*spy*), andere (*D*) erhalten eine komplizierte Form, werden über ein Centimeter lang

und bringen nur Ovarien (*ovy*) hervor. Wenn also auch die Sporen keinen Unterschied erkennen lassen, so gehen aus denselben doch Prothallien von zweierlei Art hervor, die kleineren derselben sind ausschliesslich männlich, die größeren ausschliesslich weiblich<sup>1)</sup>.

Fig. 84.



#### Fortpflanzung und Entwicklung von Equisetum.

*A* Distalende eines fruchtbaren Sprosses, zeigt zwei Blattscheiden (*l. sh*) und den aus sechseckigen Sporophyllen (*sp. ph*) gebildeten Zapfen. Nat. Gr.

*B* schematischer Längsschnitt eines Teiles des Zapfens, zeigt die Sporophylle (*sp. ph*), welche durch einen kurzen Stiel an der Achse des Zapfens befestigt sind und an ihrer inneren Oberfläche Sporangien (*sp.g*) tragen.

*C* männliches Prothallium mit drei Spermatarien (*sp.y*). Vergr. 100 fach.

*D* Teil eines weiblichen Prothalliums mit drei Ovarien (*ovy*); das rechte und das linke enthalten Eier, das mittlere einen Polyplast. *rh* Rhizoiden.

*A* nach Le Maout und Decaisne; *C* und *D* nach Hofmeister.

Das Oosperm entwickelt sich ungefähr in derselben Weise, wie bei den Farnen; es teilt sich und erzeugt einen Polyplast, welcher durch Ausbildung eines Stammes, einer Wurzel, eines Fusses und zweier Kotyledonen zu einer Phyllula wird und dann zur ausgebildeten Pflanze heranwächst.

Wie die Farnpflanze, ist auch die Schachtelhalm pflanze, da sie sich ungeschlechtlich fortpflanzt, das Agamobium; das Gamobium wird durch

<sup>1)</sup> Das hier angegebene Verhalten ist das gewöhnliche. Es ist jedoch von Interesse, dass unter besonderen Bedingungen auch beiderlei Geschlechtsorgane an einem Prothallium sich entwickeln können, wie bei den Farnen. Anmerk. des Übersetzers.

das Prothallium repräsentiert. Das Eigentümliche ist in unförmigen Falle, daß das Gamobium sexuell dimorph ist, indem einige Prothallien nur männliche, andere nur weibliche Gonaden erzeugen.

### Salvinia.

Salvinia ist eine Süßwasserpflanze, sie besteht aus einem langen flutenden Stamme, der in Zwischenräumen Blattquirle trägt. Von diesen sind einige von gewöhnlicher Beschaffenheit, während andere abwärts ins Wasser hängen und die Gestalt und Funktion von Wurzeln haben. Echte Wurzeln fehlen.

Die Sori oder Sporangiengruppen (Fig. 85, A) entstehen am proximalen Ende der untergetauchten Blätter, jede derselben ist in eine kugelförmige, dem Indusium der gewöhnlichen Farne entsprechende Hülle eingeschlossen. Sie unterscheiden sich von den Sori der typischen Farne dadurch, daß sie dimorph sind, indem einige eine verhältnismäßig kleine Zahl großer Sporangien (*mg. spg*), andere eine größere Zahl kleiner (*mi. spg*) enthalten. Die größeren, als Megasporengien<sup>1)</sup> bezeichneten, enthalten je eine einzige große Spore oder Megaspore; die kleineren oder Mikrosporangien enthalten eine große Zahl kleiner Sporen gleich denen eines gewöhnlichen Farns, die sogenannten Mikrosporen. Dieser auffallende Dimorphismus der Sori, Sporangien und Sporen ist es, welcher den Hauptunterschied zwischen Salvinia und ihren Verwandten einerseits und den echten Farnen andererseits ausmacht.

Die Mikrospore keimt (B), während sie noch in ihrem Sporangium eingeschlossen ist, indem sie einen Faden austreibt, dessen Ende (*spy*) sich durch ein Septum abgliedert, und dann in zwei Zellen teilt. Das Protoplasma jeder derselben teilt sich in vier Spermamutterzellen und aus diesen bilden sich in der gewöhnlichen Weise spiral aufgewundene Spermien. Es ist einleuchtend, daß die beiden Zellen, in welchen die Spermien sich entwickeln, ein sehr vereinfachtes Spermarium, die einzelne proximale Zelle (*prth*) des aus der Mikrospore ausgetriebenen Fadens ein noch mehr vereinfachtes Prothallium darstellt. Sowohl Prothallium als Spermarium sind rudimentäre Bildungen; das Prothallium ist mikroskopisch und einzellig, während es bei den vorhergehenden Typen ein körperliches Zellaggregat von beträchtlicher Größe ist; das Spermarium ist zweizellig, während es bei jenen eine besondere Wand und eine innere Zellmasse besitzt, und die Zahl der Spermien ist auf acht reduziert.

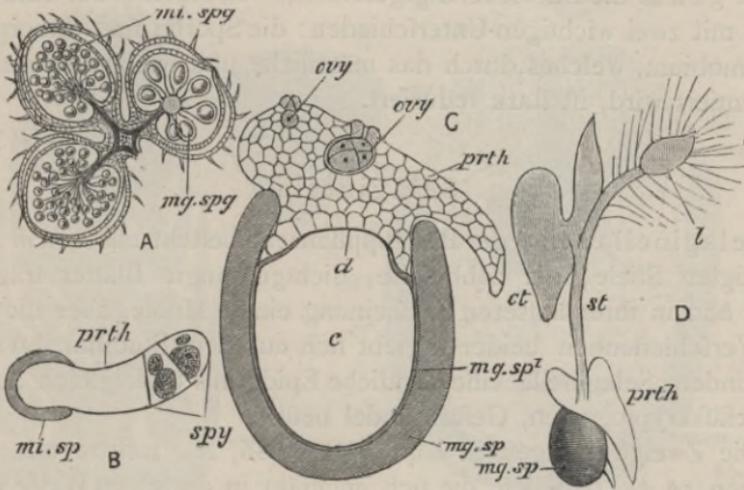
Der Inhalt der Megaspore zerfällt in eine verhältnismäßig kleine Protoplasmanasse an einem Ende und in Stärkekörner, Ölkügelchen

<sup>1)</sup> In der deutschen Litteratur sind die Namen Makrosporangium und Makrospore gebräuchlich (vergl. S. 83). Anm. d. Übersetzers.

und Eiweiskörper, welche den übrigen Raum der Spore erfüllen (*C. c.*). Die Megaspore verdankt ihre bedeutende Gröfse thatfächlich der Anhäufung grofser Mengen plastischer Substanzen, welche dem künftigen Prothallium und Embryo zur Nahrung dienen.

Das Protoplasma der Megaspore (*C*) teilt sich und bildet ein Prothallium (*prth*) in Gestalt einer dreieckigen, vielzelligen Masse, welche

Fig. 85.



#### Fortsetzung und Entwicklung von Salvinia.

*A* Teil eines Wasserblattes, zeigt drei Sori im Längsschnitt, zwei mit Mikrosporangien (*mi. spg*) und eins mit Megasporangien (*mg. spg*). Vergr. 10fach.

*B* keimende Mikrospore (*mi. sp*) mit dem rudimentären Prothallium (*prth*) und Spermatium (*spy*). Vergr. 150fach.

*C* schematischer Längsschnitt durch eine keimende Megaspore, zeigt die äussere (*mg. sp*) und innere (*mg. sp'*) Wand der Spore und ihren mit plastischen Produkten erfüllten Hohlraum, welcher durch ein Septum (*d*) von dem Prothallium (*prth*) getrennt ist. In diesem sind zwei Ovarien sichtbar (*ovy*), von denen das linke ein Ei, das rechte einen Polyplast enthält. Vergr. 50fach.

*D* Megaspore (*mg. sp*) mit Prothallium (*prth*) und Phyllula, welche gerade beginnt, sich zur beblätterten Pflanze zu entwickeln. *st* Stamm, *ct* Kotyledon, *l* äusserstes Blatt der Gipfelknospe. Vergr. 25fach.

*A* und *B* nach Sachs, *D* nach Pringsheim.

aus der Spore, die sie nur wenig an Gröfse übertrifft, hervorwächst. Mehrere Ovarien (*ovy*) entwickeln sich an demselben, welche ungefähr denselben Bau haben, wie bei den gewöhnlichen Farnen. Es ist also die Reduktion bei dem von der Megaspore erzeugten Prothallium, wenn auch deutlich erkennbar, so doch wesentlich geringer, als bei dem, welches aus der Mikrospore hervorgeht.

Wir sehen, dass der sexuelle Dimorphismus bei Salvinia noch einen Schritt weiter gegangen ist, als bei Equisetum; nicht allein die Prothallien, sondern auch die Sporen, aus denen dieselben hervorgehen, sind in männliche und weibliche differenziert.

Die Befruchtung findet in der gewöhnlichen Weise statt und das Oosperm erzeugt durch Teilung einen Polyplast, welcher, durch Differenzierung einer Stammanlage, eines Kotyledonen und eines Fusses in das Phyllulaftadium übergeht; eine Wurzel entwickelt sich bei *Salvinia* nicht. Durch die allmähliche Verlängerung des Stammes (*D, st*) und die fortgesetzte Entwicklung von Blattquirlen (*l*) nimmt die Pflanze schliesslich die endgültige Form an.

So gleicht die Entwicklungsgegeschichte von *Salvinia* der eines Farns, jedoch mit zwei wichtigen Unterschieden: die Sporen sind dimorph, und das Gamobium, welches durch das männliche und weibliche Prothallium repräsentiert wird, ist stark reduziert.

### Selaginella.

Selaginella, eine der Bärlapppflanzen, besteht aus einem langen, verzweigten Stiele, der zahlreiche, dichtgedrängte Blätter trägt. Sie gleicht also in ihrer äusseren Erscheinung einem Moose, aber die wesentliche Verschiedenheit beider ergibt sich aus dem Studium ihrer Histologie, indem Selaginella eine deutliche Epidermis und, gleich den übrigen Gefässkryptogamen, Gefässbündel besitzt.

Die Zweige endigen in Zapfen (Fig. 86, *A*), welche aus kleinen Blättchen (*sp. ph*) bestehen, die sich ungefähr in derselben Weise decken, wie die Schuppen eines Fichtenzapfens. Jedes dieser Blätter ist ein Sporophyll und trägt an seiner oberen oder distalen Seite nahe der Basis ein kugeliges Sporangium. Die Sporangien sind völlig gleich gross, einige sind jedoch Megaspangien (*mg. spg*) und enthalten gewöhnlich vier Megasporen, andere sind Mikrospangien (*mi. spg*) und enthalten zahlreiche Mikrosporen.

Von der Mikrospore (*B*) kann man überhaupt nicht sagen, dass sie keimt. Ihr Protoplasma teilt sich und bildet eine kleine (*prth*) Zelle, welche ein rudimentäres Prothallium, und eine grosse Zelle, die ein Spermarium darstellt. Das letztere (*spy*) erfährt weitere Teilungen und bildet sechs bis acht Zellen, in welchen sich zahlreiche Spermamutterzellen entwickeln.

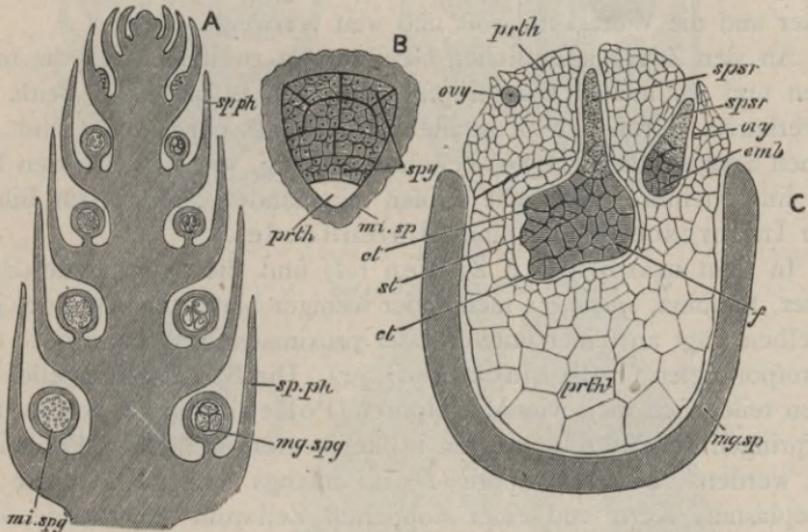
Eine ähnliche, aber nicht so vollständige Reduktion des Prothalliums treffen wir bei der Megaspore (*C*). Ihr Inhalt zerfällt, wie bei *Salvinia*, in eine kleine Protoplasmanasse an einem Ende und eine grosse Menge plastischer Substanzen, welche den übrigen Raum der Höhlung erfüllen. Das Protoplasma teilt sich und bildet ein kleines Prothallium (*prth*) und ebenso finden Teilungsvorgänge in dem übrigen Teile des Sporeinhaltes statt, welche ein grosszelliges Gewebe, das sekundäre Prothallium, liefern.

Durch Zerreißen der doppelten Zellwand der Megaspore wird das Prothallium von aussen zugänglich, doch wächst es niemals durch die so entstandene Öffnung hindurch, und ist demnach, ebenso wie die

entsprechende männliche Form, rein endogen. Einige Ovarien entwickeln sich an demselben (*ovy*), deren jedes aus einem kurzen Halbe, einem Ei und zwei später verschleimenden Kanalzellen besteht; ein Bauch fehlt, und der Hals besteht nur aus zwei Zellreihen.

Das Oosperm teilt sich in einer rechtwinkelig zum Halbe des Ovariums stehenden Ebene und bildet so das erste oder zweizellige Stadium

Fig. 86.



### Fortpflanzung und Entwicklung von Selaginella.

*A* schematischer Längsschnitt durch einen Zapfen; derselbe besteht aus einer Achse mit dicht gedrängten Sporophyllen (*sp. ph*), an deren Basen Mikrosporangien (*mi. spg*) und Megasporangien (*mg. spg*) entstehen.

*B* Durchschnitt einer Mikrospore, zeigt die äußere Hülle (*mi. sp*), die Prothalliumzelle (*prth*) und das vielzellige Spermium (*sp.v*).

*C* Längsschnitt durch eine Megaspore, deren Wand (*mg. sp*) durch das Wachstum des Prothalliums (*prth*) gesprengt ist; ihre Höhlung enthält ein großzelliges Gewebe, das sekundäre Prothallium (*prth'*). Im Prothallium liegen drei Ovarien (*ovy*), das linke enthält ein Ei, das rechte einen Embryo (*emb*) im Polyplaststadium, das mittlere einen Embryo im Phyllulaftadium mit Stammanlage (*st*), Fufs (*f*) und zwei Keimblätter (*ct*). Beide Embryonen sind mit (punktierem) Embryoträger versehen und in das sekundäre Prothallium eingefenkt.

Verändert nach Sachs.

des Polyplasten. Die obere Zelle erfährt weitere Teilungen und bildet einen länglichen Körper, den (in *C* punktieren) Embryoträger (Suspensor); die untere Zelle oder der eigentliche Embryo (*emb*) wird infolge der Verlängerung des Embryoträgers in das sekundäre Prothallium eingefenkt und geht bald durch Differenzierung einer Stammanlage (*st*), zweier Keimblätter (*ct*), eines Fusses (*f*) und später auch einer Wurzel in das Phyllulaftadium über.

So zeigt uns Selaginella eine noch stärkere Reduktion des Gamobiums: sowohl das männliche als das weibliche Prothallium sind ganz

rudimentär und treten nie aus den Sporen hervor, und das Spermarium und Ovarium sind von sehr einfachem Bau.

### Die Gymnospermen.

Die bekannten Gymnospermen, wie z. B. die Fichte, haben den Charakter von Waldbäumen, der Stiel ist ein harter, holziger Stamm. Die zahlreichen, dichtstehenden Zweige tragen schmale, nadelförmige Blätter und die Wurzel ist groß und weit verzweigt.

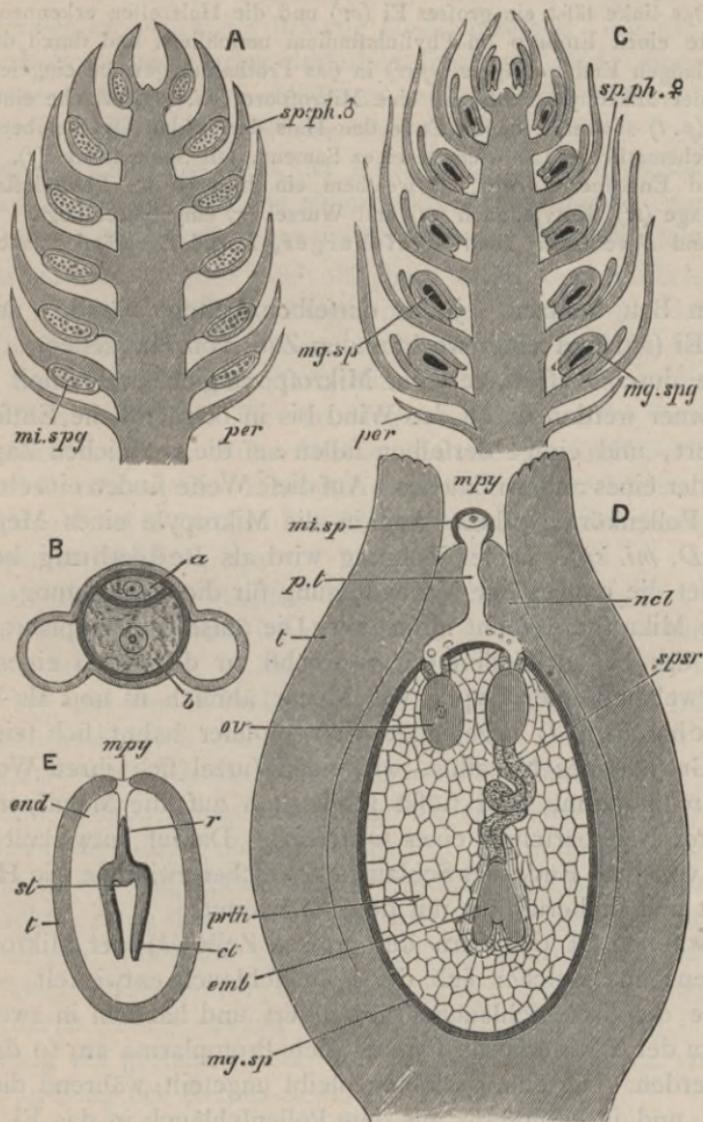
An den Zweigen entstehen Gebilde von zweierlei Art, die männlichen und weiblichen Blütenzapfen (Fig. 87, *A* und *C*). Beide sind als verkürzte Sprosse zu betrachten, da sie aus einer Achse und zahlreichen Sporophyllen (*sp. ph*) bestehen. Häufig, wie z. B. bei den Fichten, sind mehrere männliche Zapfen miteinander vereinigt zur Bildung einer Inflorescenz oder eines Blütenstandes.

In dem männlichen Zapfen (*A*) sind die Sporophylle (Staubblätter, Stamina, *sp. ph* ♂) mehr oder weniger blattartige Gebilde, jedes derselben trägt an seiner unteren oder proximalen Seite zwei oder mehr Mikrosporangien (Pollenfäcke, *mi. spg*). Die Sporenmutterzellen derselben teilen sich in je vier Mikrosporen (Pollenkörner), welche durch Auffpringen der Mikrosporangien in ungeheuren Mengen in Freiheit gesetzt werden. Die Mikrospore (*B*) ist anfangs eine gewöhnliche, aus Protoplasma, Kern und einer doppelten Zellwand bestehende Zelle, kurz bevor sie aber ins Freie gelangt, teilt sich das Protoplasma, wie bei Selaginella, in zwei Zellen: eine kleine (*a*), das Rudiment des männlichen Prothalliums, und eine große (*b*), welche keine Spermien entwickelt, sondern unter günstigen Bedingungen Verwandlungen durchmacht, die wir fogleich betrachten wollen.

In dem weiblichen Zapfen (*C*) trägt jedes Sporophyll (Karpell, *sp. ph* ♀) an seiner oberen oder distalen Seite zwei Megasporangien (sogenannte Ovula, *mg. spg*), von eigenartigem Bau. Jedes derselben besteht aus einer soliden Masse kleiner Zellen, dem sogenannten Nucellus (*D, ncl*), welche mit ihrem proximalen Ende am Sporophyll befestigt und von einer gleichfalls aus kleinzelligem Gewebe bestehenden Wand, dem Integument (*t*) umgeben ist. Das Integument umschliesst unmittelbar den Nucellus, ist jedoch distalwärts durch eine Öffnung, die Mikropyle (*mpy*) durchbohrt, durch welche ein kleiner Teil des Nucellus sichtbar wird.

Jedes Megasporangium enthält nur eine einzige Megaspore (Embryosack, *C* und *D mg. sp*) in Gestalt eines großen, ovalen, in das Gewebe des Nucellus eingebetteten Körpers. Derselbe besitzt zuerst das Aussehen einer einzelnen Zelle, später jedoch wird er durch Teilung seines Protoplasmas zu einem kleinzelligen, ein Prothallium darstellenden Gebilde (*prth*). Wie bei den Gefäßkryptogamen wandeln sich einzelne oberflächliche Zellen des Prothalliums zu Ovarien um, welche einen sehr

Fig. 87.



### Fortpflanzung und Entwicklung der Gymnospermen.

*A* schematischer Längsschnitt durch einen männlichen Zapfen, zeigt die Achse mit den männlichen Sporophyllen (*sp. ph. ♂*), welche Mikrosporangien (*mi. spg*); *per* schuppenförmige Blättchen, welche eine rudimentäre Blütenhülle darstellen.

*B* einzelne Mikrospore mit den blasenförmigen Anhängen der äusseren Hülle und ihren in eine schmale Prothalliumzelle (*a*) und eine grosse, den Pollenschlauch erzeugende Zelle (*b*) getheilten Inhalt.

*C* schematischer Längsschnitt durch einen weiblichen Zapfen, zeigt die Achse mit den weiblichen Sporophyllen (*sp. ph. ♀*), welche Megasporangien (*mg. spg*) tragen. Jedes derselben enthält eine einzige Megaspore (*mg. sp*). *per* die schuppenförmigen Perianthblätter.

*D* schematischer Längsschnitt durch ein Megasporangium, zeigt die zellige Wand (*t*), den Nucellus (*ncl*), die Mikropyle (*mpy*) und die Megaspore (*mg. sp*);

die letztere umschließt das Prothallium (*prth*), in welchem sich zwei Ovarien befinden. Das linke läßt ein großes Ei (*ov*) und die Halszellen erkennen, während das rechte einen Embryo im Phyllulaftadium umschließt und durch das Wachstum des langen Embryoträgers (*spsr*) in das Prothalliumgewebe eingefenkt ist.

In der Mikropyle sieht man eine Mikrospore (*mi. sp*), welche einen Pollenschlauch (*p. t*) austreibt, dessen Ende den Hals der beiden Ovarien berührt.

*E* schematischer Längsschnitt eines Samens, mit Samenschale (*t*), Mikropyle (*mpy*) und Endosperm (*end*), in welchem ein Embryo im Phyllulaftadium mit Stammaanlage (*st*), Kotyledonen (*ct*) und Wurzel (*r*) eingebettet liegt.

*A* und *B* verändert nach Strafsburger, *D* und *E* verändert nach Sachs.

einfachen Bau besitzen. Jedes derselben besteht nämlich aus einem großen Ei (*ov*) und einer wechselnden Zahl von Halszellen.

Die durch Aufspringen der Mikrosporangien in Freiheit gesetzten Pollenkörner werden durch den Wind bis in beträchtliche Entfernungen fortgeführt, und einige derselben fallen auf die weiblichen Zapfen desselben oder eines andern Baumes. Auf diese Weise finden einzelne Mikrosporen (Pollenkörner) ihren Weg in die Mikropyle eines Megasporangiums (*D, mi. sp*). Dieser Vorgang wird als Bestäubung bezeichnet und bildet die notwendige Vorbedingung für die Befruchtung.

Die Mikrospore keimt nunmehr. Die äußere Haut platzt, und die größere der beiden Zellen (*B, b*) wächst in der Form eines Fadens hervor, welcher einer Hyphe von *Mucor* ähnlich ist und als Pollenschlauch (*D, p. t*) bezeichnet wird. Dieser bahnt sich seinen Weg in das Gewebe des Nucellus, wie eine Wurzel sich ihren Weg durch das Erdreich bahnt, und stößt schließlich auf die Megaspore in unmittelbarer Nachbarhaft eines Ovariums. Darauf entwickelt sich ein Fortsatz von dem Ende des Schlauches, welcher zwischen die Halszellen eindringt und in Berührung mit dem Ei kommt.

Inzwischen ist der Kern der großen Zelle (*b*) der Mikrospore — derjenigen, aus welcher sich der Pollenschlauch entwickelt — bis an das Ende des Pollenschlauches gewandert und hat sich in zwei geteilt. Um jeden der Tochterkerne sammelt sich Protoplasma an, so daß sie zu Zellen werden. Die eine derselben bleibt ungeteilt, während die andere sich teilt, und ihre Substanz aus dem Pollenschlauch in das Ei übertritt, wo sie einen zellenähnlichen Körper bildet, welcher als männlicher Vorkern oder Pronucleus bezeichnet wird (vergl. S. 197). Dieser konjugiert mit dem Eikern oder dem weiblichen Pronucleus, und bewirkt so die Befruchtung oder die Umwandlung des Eies in ein Oosperm.

Die soeben beschriebene Art der Zellbildung ist besonders beachtenswert. Statt des bisher beobachteten gewöhnlichen Vorganges der Zellteilung umgeben sich hier die Teilprodukte eines Kernes mit Protoplasma, und es bilden sich Zellen, welche frei im Innern der Mutterzelle liegen. Dies wird als freie Zellbildung bezeichnet<sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> Es ist leicht zu sehen, daß es sich hier nur um eine besondere Form der Zellteilung handelt. Freie Zellbildung im Sinne der älteren Autoren, d. h.

Die Entwicklung des Oosperms ist ein sehr komplizierter Vorgang, derselbe endet nicht mit der Bildung eines einzelnen, sondern mit der von vier Polyplasten. Jeder derselben liegt am Ende eines langen Embryoträgers (*D, spsr*) von der Form eines linearen Zellenaggregates, welcher durch sein Wachstum den Embryo (*emb*) in das Gewebe des Prothalliums hineindrängt. In der Regel gelangt nur einer dieser Embryonen zur Reife; er entwickelt einen rudimentären Stamm, eine Wurzel, und vier oder mehr Kotyledonen und wird so zu einer Phyllula.

Während diese Prozesse sich vollziehen, wächst der weibliche Zapfen stark und wird holzig. Die Megasporengien werden gleichfalls viel größer, ihr Integument (*E, t*) wird braun und hart und die Megaspore in jedem derselben wächst so stark, daß sie den Nucellus verdrängt; zu derselben Zeit entwickeln die die Megaspore erfüllenden Prothalliumzellen große Mengen plastischer Substanzen, wie Fett und Eiweißkörper, welche zur Ernährung des Embryos dienen; das so gebildete Gewebe ist das Endosperm (*end*). Das Megasporengium wird nunmehr ein Same genannt (vergl. S. 274).

Unter günstigen Umständen keimt der Same. Durch Aborption von Feuchtigkeit quillt der Inhalt auf und zer Sprengt die Samenhülle, die Wurzel der Phyllula (*r*) tritt hervor, in Kurzem gefolgt von dem Stamme (*st*) und den Keimblättern (*ct*). Die Phyllula wird so zur Keimpflanze und durch weiteres Wachstum und allmähliche Bildung neuer Teile wandelt sich diese zur ausgebildeten Pflanze um.

Bei den Gymnospermen beobachten wir eine noch auffallendere Reduktion des Gamobiums, als bei Selaginella. Das weibliche Prothallium ist dauernd in der Megaspore, und die Megaspore im Megasporengium eingeschlossen. Auch die Ovarien sind sehr vereinfacht. Das männliche Prothallium wird durch die kleinere Zelle des Mikrosporengiums repräsentiert, und es findet keine Spermabildung statt, die Befruchtung erfolgt vielmehr durch Zellen, welche sich am Ende einer schlauchförmigen Verlängerung der größeren Zelle der Mikrospore entwickeln und durch eine Umwandlung des Kernes derselben bedingt sind.

Es ist bemerkenswert, daß die Phanerogamen allein unter den höheren Organismen die gewöhnliche Art der Befruchtung durch Konjugation eines Eies und eines Spermias verlassen haben. In dieser Beziehung sind sie die am meisten spezialisierten Lebewesen<sup>1)</sup>.

---

selbständige Entstehung neuer Zellen, ohne vorhergehende Teilung, im Inneren der Mutterzelle oder gar in der Intercellularsubstanz existiert nicht. Anmerk. des Übersetzers.

<sup>1)</sup> Der Unterschied ist trotzdem nicht so fundamental, wie es auf den ersten Blick scheinen könnte. Auch bei den Phanerogamen besteht der wesentliche Teil der Befruchtung in der Verschmelzung der beiden Pronuclei, welche in ganz ähnlicher Weise, wie bei den übrigen Organismen, gebildet werden. Anmerk. des Übersetzers.

## Die Angiospermen.

In dieser Gruppe sind die allgemeinen Verhältnisse der Haupttheile der Pflanze — des Stammes, der Blätter, der Wurzeln u. f. w. — dieselben, wie bei den Gymnospermen.

Die Blüten, in welchen, wie bei den Gymnospermen, die Befruchtungsorgane enthalten sind, haben einen sehr charakteristischen Bau, welcher, wenn er auch im Einzelnen eine fast unbegrenzte Variabilität zeigt, doch in seinen allgemeinen Grundzügen in der ganzen Gruppe derselbe ist.

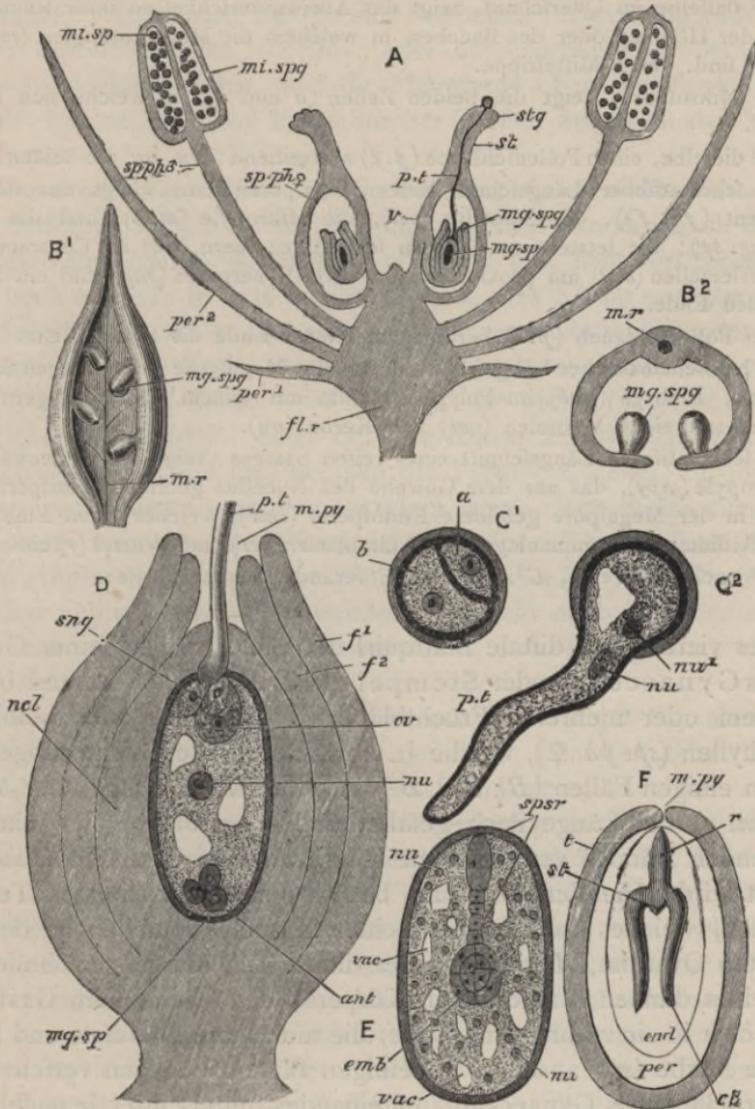
Eine typische Angiospermenblüte (Fig. 88, *A*) ist ein stark verkürzter Spross, der aus einer kurzen Achse (*fl. r*) von begrenzter Länge und vier Blattwirteln besteht, von welchen die beiden distalen Wirtel Sporophylle sind.

Die Achse des Blütenproffes (*A, fl. r*) ist gewöhnlich breit und von mehr oder weniger kegelförmiger Gestalt. Sie wird als Blütenboden (Receptaculum) bezeichnet. Die Blätter des unteren oder proximalen Wirtels (*per*<sup>1</sup>), gewöhnlich drei bis fünf an der Zahl, sind kleine, grüne Gebilde, welche die andern Teile bedecken, ehe die Blüte sich öffnet. Sie werden als Kelchblätter oder Sepala bezeichnet und bilden zusammen den Kelch (Calyx).

Über den Kelchblättern folgt ein Wirtel von Blättern (*per*<sup>2</sup>), welche gewöhnlich von beträchtlicher Grösse und bunt gefärbt sind, und welche thatsächlich den augenfälligsten Teil der Blüte darstellen. Dies sind die Kronenblätter (Petalä), sie bilden zusammen die Krone (Corolla). Der Kelch und die Krone zusammen werden zweckmässig als Perianth (Blütenhülle) bezeichnet, da sie die Sporophylle oder die wesentlichen Blüthenteile einschliessen. Das Vorhandensein eines wohl entwickelten Perianths ist charakteristisch für die Mehrzahl der Angiospermen und unterscheidet diese von den Gymnospermen, bei welchen dieser Teil der Blüte ganz rudimentär ist (vergl. Fig. 87, *A* und *B, per*).

Der dritte Quirl wird in seiner Gesamtheit als Androeceum bezeichnet und besteht aus einer wechselnden Zahl von Staubblättern oder männlichen Sporophyllen (*sp. ph* ♂). Jedes Staubblatt ist ein langes, schmales Blatt, welches an seinem distalen Ende vier Mikrosporangien (Pollenfäcke, *mi. spg*) trägt, welche zu einem knopfartigen Körper, der Anthere, vereinigt sind. Die Mikrosporen (*C*<sup>1</sup>) sind zuerst einfache Zellen mit doppelten Zellwänden, später jedoch teilt sich das Protoplasma in zwei Zellen, wie bei den Gymnospermen, eine kleinere (*a*) und eine grössere (*b*). Dieselben werden jedoch nicht durch eine feste Cellulosewand getrennt, und die kleinere Zelle liegt oft frei im Protoplasma der grösseren. Überdies scheint es, dass der Kern der kleineren das aktive Element bei der Befruchtung ist, und dass die grössere demnach als Vertreter des rudimentären Prothalliums anzusehen ist.

Fig. 88.



## Fortpflanzung und Entwicklung der Angiospermen.

A schematischer Längsschnitt durch eine Blüte, mit verkürzter Achse oder Blütenboden (*fl. r.*), einem proximalen (*per<sup>1</sup>*) und einem distalen (*per<sup>2</sup>*) Quirl von Perianthblättern (Sepala und Petala), einem Quirl von männlichen Sporophyllen oder Staubblättern (*sp. ph ♂*) und einem von weiblichen Sporophyllen oder Fruchtblättern (*sp. ph ♀*).

Die männlichen Sporophylle tragen Mikrosporangien (*mi. spg*), welche Mikrosporen (*mi. sp*) enthalten.

Das weibliche Sporophyll besteht aus einem soliden Griffel (*st*), welcher in eine Narbe (*stg*) endigt, und einem hohlen Bauche (*v*), welcher ein Megasporangium (*mg. spg*) mit einer einzigen Megaspore (*mg. sp*) enthält.

Rechts sieht man auf der Narbe eine Mikrospore, welche einen Pollenschlauch (*p. t*) durch das Gewebe des Griffels bis zur Mikropyle des Megasporangiums ausgetrieben hat.

*B*<sup>1</sup> schematische Zeichnung des weiblichen Sporophylls von der distalen Seite.

*B*<sup>2</sup> dasselbe im Querschnitt, zeigt das Aneinandererschließen ihrer Ränder zur Bildung der Höhlung oder des Bauches, in welchem die Megasporangien (*mg. spg*) enthalten sind. *m. r* Mittelrippe.

*C*<sup>1</sup> Mikrospore, zeigt die beiden Zellen (*a* und *b*), in welche sich ihr Inhalt teilt.

*C*<sup>2</sup> dieselbe, einen Pollenschlauch (*p. t*) austreibend; *nu, nu'* die beiden Kerne.

*D* schematischer Längsschnitt eines Megasporangiums, zeigt das doppelte Integument (*f*<sup>1</sup>, *f*<sup>2</sup>), den Nucellus (*ncl*), die Mikropyle (*m. py*) und die Megaspore (*mg. sp*); die letztere enthält den sekundären Kern (*nu*) im Centrum, drei Gegenfüßlerzellen (*ant*) am proximalen und zwei Synergiden (*sng*) und ein Ei (*ov*) am distalen Ende.

Ein Pollenschlauch (*p. t*) berührt mit seinem Ende die Synergiden.

*E* halb-schematischer Längsschnitt durch die Megaspore eines jungen Samens, zeigt einen Embryo (*emb*) im Polyplastadium mit seinem Embryoträger (*spsr*), außerdem zahlreiche Vakuolen (*vac*) und Kerne (*nu*).

*F* schematischer Längsschnitt eines reifen Samens, zeigt die Samenhülle (*t*), die Mikropyle (*mpy*), das aus dem Gewebe des Nucellus gebildete Perisperm (*per*) und das in der Megaspore gebildete Endosperm (*end*), welches einen Embryo im Phyllulaftadium mit Stammanlage (*st*), Keimblättern (*ct*) und Wurzel (*r*) einschließt.

*B*<sup>1</sup> nach Behrens, *C*<sup>1</sup>, *C*<sup>2</sup> und *E* verändert nach Howes.

Der vierte oder distale Blattquirl der Blüte wird in feiner Gesamtheit als Gynaeceum oder Stempel (Pistill) bezeichnet und besteht aus einem oder mehreren Fruchtblättern (Karpellen) oder weiblichen Sporophyllen (*sp. ph* ♀), welche in charakteristischer Weise umgebildet sind. In einigen Fällen (*B*<sup>1</sup> und *B*<sup>2</sup>) ist jedes Karpell längs der Mittelrippe (*m. r*) der Länge nach gefaltet und seine beiden sich nunmehr berührenden Ränder verschmelzen miteinander, so daß ein Hohlraum gebildet wird. Die Verschmelzung betrifft nur den proximalen Teil des Karpelles, welches so zu einer hohlen Kapfel, dem Bauch (dem sogenannten Ovarium, *A, v*) wird; der distale Teil nimmt gewöhnlich die Form eines dünnen, stabförmigen Körpers, des sogenannten Griffels, an, welcher in ein verbreitertes Ende, die mit Haaren besetzte und häufig klebrige Narbe (*st*), ausläuft. In einigen Blüten hingegen verschmelzen alle Karpelle eines Gynaeceums miteinander mittels ihrer benachbarten Ränder, so daß sie alle einen gemeinsamen Hohlraum umschließen. In diesem Falle wird gleichfalls der hohle Abschnitt oder der Bauch nur von dem proximalen Teile der Karpelle gebildet, während ihre distalen Abschnitte einen oder mehrere Griffel und Narben bilden.

Die Megasporangien (*Ovula, A* und *B, mg. spg*) entstehen gewöhnlich an den Rändern der Karpelle, werden infolge der Verwachsung der letzteren in den Hohlraum des Bauches eingeschlossen und sind infolgedessen von aller direkten Verbindung mit der Außenwelt abgeschnitten. Dieser Einschluss der Megasporangien in einen von den Sporophyllen, welche sie hervorbringen, gebildeten Hohlraum bildet das wesentliche Unterscheidungsmerkmal der Angiospermen gegenüber den Gymnospermen.

Die Megasporangien (*D*) weichen von denen der Gymnospermen hauptsächlich durch den Besitz eines doppelten Integumentes ab. Beide Hüllen sowohl wie der Nucellus, oder die centrale Gewebemasse bestehen aus kleinen Zellen, und die Megaspore (Embryosack, *mg. sp*) ist eine einzelne Zelle von beträchtlicher Grösse, welche in den Nucellus eingebettet ist.

Ein Prothallium bildet sich in der Megaspore nicht, sondern der Kern derselben teilt sich, die Teilungsprodukte wandern nach den entgegengesetzten Enden der Spore und jedes teilt sich von Neuem und dann noch einmal, so dass an jedem Ende vier Kerne entstehen. Drei von den Kernen am proximalen — dem am weitesten von der Mikropyle entfernten — Ende umgeben sich mit Protoplasma und nehmen den Charakter von Zellen an (*D, ant*), der vierte bleibt unverändert. In gleicher Weise bleibt einer der vier Kerne am distalen Mikropylende unverändert, und drei nehmen die Form von Zellen an, indem sie sich mit Protoplasma umhüllen (vergl. S. 282). Von diesen drei Zellen liegen zwei nahe an der Wand der Megaspore, sie heissen Synergiden (*sng*); die dritte, tiefer gelegene, ist das Ei (*ov*). Die zwei unverändert gebliebenen Kerne wandern nunmehr nach dem Centrum der Megaspore und verschmelzen miteinander zum sekundären Kern der Spore.

Es wird also in jeder Megaspore nur ein einziges Ei, aber weder ein Ovarium noch ein Prothallium gebildet; der weibliche Teil des Gamobiums ist auf die einfachste Form reduziert.

Die Bestäubung kann, wie bei den Gymnospermen, durch die Thätigkeit des Windes bewirkt werden, gewöhnlich werden die Mikrosporen jedoch durch Insekten übertragen, welche die Blumen besuchen, um Nektar (Blütenhonig) zu finden, eine zuckerhaltige, von gewissen Pflanzen ausgeschiedene Flüssigkeit. Die Mikrosporen werden auf die Narbe (*A*) übertragen, wo sie keimen, indem jede einen Pollenschlauch (*A* und *C*<sup>2</sup>, *p. t*) entwickelt, welcher abwärts durch das Gewebe der Narbe und des Griffels in die Höhlung des Bauches hineinwächst, wo er ein Megasporangium erreicht und, durch die Mikropyle (*D, p. t*) hineindringend, seinen Weg durch den Nucellus fortsetzt, um sich endlich dem distalen Ende der Megaspore in der unmittelbaren Nachbarchaft der Synergiden anzulegen.

Inzwischen sind die Kerne der Mikrospore (*C*<sup>2</sup>, *nu, nu*<sup>1</sup>) in das Ende des Pollenschlauches gewandert. Der Kern der grösseren Zelle fällt der Degeneration anheim, indem er runzelig und für Farbstoffe unzugänglich wird; der der kleinen Zelle teilt sich mittels der Karyokinese. Einer der hierdurch gebildeten Tochterkerne degeneriert gleichfalls, der andere dringt, begleitet von seiner Richtungssphäre, durch die erwähnte Zellwand des angeschwollenen Endes des Pollenschlauches hindurch und tritt in das Ei ein, mit dessen Kern er in der gewöhnlichen Weise verschmilzt.

Das Ei wird auf diese Weise zum Oosperm oder zum einzelligen Embryo; es erhält eine Zellwand und teilt sich fast unmittelbar darauf in zwei Zellen, von welchen die der Mikropyle am nächsten liegende zum Embryoträger (*E, spsr*) wird, während die andere, oder der eigentliche Embryo (*emb*), ein solides Zellaggregat, den Polyplast erzeugt. Durch weitere Differenzierung entstehen die Anlagen eines Stammes (*F, st*), einer Wurzel (*r*) und eines oder zweier Keimblätter (*ct*) und der Embryo geht in das Phyllula stadium über.

Während die ersten Entwicklungsvorgänge im Embryo sich vollziehen, teilt sich der sekundäre Kern der Megaspore wiederholt und indem sich die Teilprodukte (*E, nu*) mit Protoplasma umgeben, wird eine Anzahl von Zellen gebildet, welche durch weitere Vermehrung den ganzen, nicht vom Embryo eingenommenen Teil der Megaspore erfüllen. Das so gebildete Gewebe heisst das Endosperm (*F, end*). Dasselbe nimmt genau die Stellung des rudimentären Prothalliums der Gymnospermen ein (Fig. 87, S. 281, *D, prth* und *E, end*, und S. 280), von welchen es jedoch dadurch abweicht, dafs es erst nach der Befruchtung gebildet wird. Wir haben hier einen Fall von verzögerter Entwicklung. Die Degeneration des Prothalliums ist so weit vorgeschritten, dafs dasselbe erst lange nach der Bildung des Eies durch freie Zellbildung entsteht, während das Ei bei Gymnospermen und Gefäskryptogamen eine besonders modifizierte Prothalliumzelle ist.

Die Phyllula fährt fort zu wachsen und bleibt in dem Megasporangium eingeschlossen, welches eine entsprechende Vergrößerung erfährt und zum Samen wird. Einer oder mehrere Samen bleiben gleichfalls in dem Bauche des Stempels eingeschlossen, welcher beträchtlich wächst und die Frucht bildet. Schliesslich gelangen die Samen ins Freie, die Phyllula treibt zuerst ihre Wurzel, dann ihren Stamm und ihre Keimblätter durch die aufgeprungene Samenhülle heraus und wird zur Keimpflanze.

Wir lernen aus dieser Vorlesung, dafs bei den höheren Pflanzen eine viel gröfsere Gleichförmigkeit der Organisation besteht, als bei den höheren Tieren, nicht nur in anatomischer und histologischer Beziehung, sondern auch darin, dafs von Nitella und den Moosen aufwärts bis zu den höchsten Blütenpflanzen ein Generationswechsel besteht. Je mehr wir jedoch im Pflanzenreiche aufwärts steigen, desto mehr sinkt das Gamobium von der Stellung einer augenfälligen, beblätterten Pflanze zu der eines kleinen und unscheinbaren Prothalliums herab, und wird schliesslich so stark reduziert, dafs man es nur durch Vergleich mit den niederen Formen als solches erkennen kann.



## REGISTER UND GLOSSARIUM:

### A.

**Abiogenesis** (*ἀ*, nicht, *βίος*, Leben, *γένεσις*, Entstehung), das Entstehen von Organismen aus unbelebter Materie 71.

**Aborption** durch Wurzelhaare 255.

**Achromatin** (*ἀ*, nicht, *χρῶμα*, Farbe), diejenige Substanz des Zellkerns, welche durch Farbstoffe wenig oder gar nicht gefärbt wird 6.

**Achsenfaden** bei *Vorticella* 98.

**Acoelomat** (*ἀ*, nicht, *κοιλῶμα*, Hohlraum), Tiere ohne Leibeshöhle (f. d.) 225.

**Adern** der Blätter 264.

**Aequatorialplatte** 51.

**Aërobien** (*ἀήρ*, Luft, *βίος*, Leben) heißen Organismen, für deren Leben die Gegenwart freien Sauerstoffs notwendig ist 69.

**After**, die Öffnung des Mastdarmes oder der Kloake 204.

**Afterstelle** bei *Paramaccium* 84.

**Agamobium** (*ἀ*, nicht, *γάμος*, Ehe, *βίος*, Leben), die ungeschlechtliche Generation eines Organismus mit Generationswechsel (f. d.) 165.

**Agaricus**, eine Gattung der Blätterpilze. — Fig. S. 144, allgemeine Charaktere 144; mikroskopische Struktur 144; Sporenbildung 145.

**Algen** 127.

**Ambulacralfystem** (*ambulacrum*, ein Raum zum Spaziergehen) des See- sterns 234.

**Amoeba** (*ἀμοιβός*, veränderlich). — Fig. S. 2; Vorkommen und allgemeine Charaktere 1; Bewegungen 3; Arten 6; Ruhezustand 8; Ernährung 9; Wachstum 10; Atmung 13; Metabolismus 13; Fortpflanzung 14; Unsterblichkeit 15; Konjugation 15; Tod 15; Lebensbedingungen 15; Tier oder Pflanze? 135.

**Amoëboide Bewegungen** 3.

**Amoebula** (Diminutiv von *Amoeba*), die amöboide Entwicklungsform eines der niederen Organismen 40.

**Anabolismus** (*ἀναβολή*, das Aufwärtsbewegen eines Gegenstandes). S. konstruktiver Metabolismus 13.

**Anaërobien** (*ἀ*, nicht, *ἀήρ*, Luft, *βίος*, Leben) heißen diejenigen Mikroorganismen, für deren Leben die Gegenwart freien Sauerstoffes nicht notwendig ist 69.

**Analfegment** (*anus* After), von *Polygordius* 203.

**Anastaten** (*ἀνάστατος*, von *ἀναστήναι*, aufwärts steigen) 13.

**Anatomie** (*ἀνατέμνειν*, zergliedern), das Studium, des Baues der Organismen mit Hülfe der Zergliederung derselben 218.

**Androeceum** (*ἀνήρ*, Mann, *οἶκος*, Wohnhaus), Kollektivname für die männlichen Sporophylle in der Blüte der Angiospermen 284.

**Angiospermen** (*ἀγγεῖον*, Gefäß, *σπέρμα*, Same). — Fig. S. 285; allgemeine Charaktere 284; Bau der Blüte 284; Reduktion des Gamobiums 287; Bestäubung und Befruchtung 287; Frucht- und Samenbildung und Entwicklung der beblätterten Pflanze 288.

**Anhänge**, feithliche, beim Krebs 235, beim Hundshai 243.

**Antheren** 284.

**Antheridium** f. *Spermarium*.

**Antherozoid** f. *Sperma*.

**Apposition** (*ad an, ponere* legen), Wachstum durch Anlagerung von außen her 10.

**Arbeit und Stoffwechsel** 11.

**Arbeitsteilung** 25.

**Archegonium** (*ἀρχή*, Beginn, *γόρος*, Erzeugung), gewöhnliche Bezeichnung für das Ovarium der höheren Pflanzen 252.

**Aristoteles** als Anhänger der Abiogenesis 72.

Art, Bedeutung des Wortes 6, 103 ff.  
 Artcharaktere, Artname 105.  
 Arten, Entstehung derselben 106 ff.  
 Arterien beim Krebs 239.  
 Arthropoden (*ἄρθρον*, Glied, *πούς*, Fuß), Gliederfüßler 231.  
 Arthrosporen (*ἄρθρον*, Glied, *σπορά*, Same) der Bakterien 67.  
 Aftparagin 22, 257.  
 Affimilation (*assimilare*, ähnlich machen), die Umwandlung der Nährstoffe in lebendes Protoplasma 10.  
 Atrophie (*ἀ*, ohne, *τροφή*, Nahrung), Rückbildung eines Organes infolge mangelnder Ernährung 87.  
 Augenflecke bei *Euglena* 36, *Medusa* 181, *Polygordius* 224.  
 Automatismus (*αὐτόματος*, willkürlich handelndes Wesen) 8, 214.  
 Axialbündel der Moose 251.

## B.

*Bacillus* (*bacillum*, Stäbchen) 64, Fig. 65, 67.  
*Bacterium termo*, Fig. 63.  
 Baersches Entwicklungsgesetz 32.  
 Bakterien (*βακτήριον*, Stäbchen), oder Mikroben (*μικρός*, klein, *βίος*, Leben) — Vorkommen 62; Bau der Hauptgattungen 64; Vermehrung 66; Ernährung 67; Fermentwirkung 68; Parasitismus 69; Lebensbedingungen 69, 74; Gegenwart in der Atmosphäre 76; Tiere oder Pflanzen? 136.  
 Baft f. Phloëm.  
 Bauch des Ovariums der Moose 252, der Farne 268, des weiblichen Sporophylls oder des gesamten Gynaeceums der Angiospermen (sogenanntes Ovarium) 286.  
 Bauchmark bei *Polygordius* 214, Entwicklung desselben 225, 226, beim Krebs 239.  
 Baumwollepfropfen als Keimfilter 74.  
 Befruchtung, der Konjugationsprozess zwischen Sperma oder Spermakern und Ei, durch welchen letzteres entwicklungsfähig wird, ein besonderer Fall der Konjugation (f. d.) 130; Einzelheiten des Prozesses 196, bei *Vaucheria* 129, bei den Angiospermen 283, bei den Angiospermen 287.  
 Bernickelgänge, angebliche heterogeneitische Erzeugung derselben 76.  
 Bestäubung 282, 287.  
 Bierwürze, Zusammenfetzung derselben 57.  
 Bindegewebe 234.

Binomiale Nomenklatur 6, 105.  
 Biogenefis (*βίος*, Leben, *γένεσις*, Entstehung), Erzeugung der Organismen durch schon vorher existierende Organismen 71; frühere Experimente 72; entscheidende Experimente 75.  
 Biologie (*βίος*, Leben, *λόγος*, Lehre), die Wissenschaft, welche von den lebenden Wesen handelt 1.  
 Blätterpilz f. *Agaricus*.  
 Blastocoel (*βλαστός*, Keim, *κοίλον*, Hohlraum), die embryonale Leibeshöhle oder Furchungshöhle 223.  
 Blatt, Bau eines solchen, bei *Nitella* 158, bei Moosen 251, Farnen 264; begrenztes Wachstum desselben 161.  
 Blattachse 157.  
 Blattwirtel 155.  
 Blüte, ein eigentümlich modifizierter Zapfen (f. d.) mit verkürzter Achse, welcher sowohl Perianthblätter als Sporophylle trägt 284; auch häufig zur Bezeichnung des Zapfens der Gymnospermen gebraucht 280.  
 Blütenboden, die verkürzte Achse einer angiospermen Blüte 284.  
 Blütenstand, eine Vereinigung von Zapfen oder Blüten 280.  
 Blumenkrone der innere oder distale Blattwirtel des Perianths einer angiospermen Blüte 284.  
 Blut von *Polygordius* 212.  
 Blutgefäße von *Polygordius* 211, Entwicklung derselben 226, des Seefernes 234, des Krebses 238, der Teichmuschel 242, des Hundshaies 246.  
 Blutkörperchen, farblose f. Leukocyten, rote 43, 247; Fig. S. 44.  
 Bougainvillea (nach dem französischen Seefahrer L. A. de Bougainville) — Fig. S. 179; Vorkommen und allgemeine Charaktere 178; mikroskopischer Bau 179; Bau der Medusen 80; Bau und Verrichtungen des Nervensystems 184; Sehorgane 181, 185; Fortpflanzung und Entwicklung 185; Generationswechsel 188.  
 Bractee (*bractea*, dünne Platte) 189.  
 Browne, Sir Thomas, über den abio-genetischen Ursprung der Mäuse 72.  
 Buccalgrube (*bucca*, Mund), bei *Paramecium* 80.

## C.

Calyptra (*καλύπτρα*, Schleier) 253.  
 Calyx (*κάλυξ*, Kelch) f. Kelch.  
 Caulerpa (*καυλός*, Stamm, *ἔρπειν*, kriechen) 131.  
 Cellulose (*cella*, Zelle), Zusammen-

- fetzung und Eigentümlichkeiten derselben 20.  
 Centrankapsel der Radiolarien 114.  
 Centrotomen (*κέντρον*, Mitte, *σώμα*, Körper) 49.  
 Cephalothorax des Krebses 235.  
 Cerebralganglion f. Gehirn.  
 Cerebropleuralganglion der Muscheln 242.  
 Cerebrospinalhöhle des Hundshaies 244.  
 Chara, Entwicklung und Generationswechsel 165.  
 Chlorophyll (*χλωρός*, grün, *φύλλον*, Blatt), die grün gefärbte Substanz der Pflanzen, Eigenschaften derselben 19; Vorkommen bei Bakterien 65, bei Hydra 174.  
 Chromatin (*χρωμα*, Farbe), der Bestandteil des Kernes, welcher durch Farbstoffe stark gefärbt wird 6, 48; männliches und weibliches Chr. im Kerne des Oosperms 196.  
 Chromatophor (*χρωμα*, Farbe, *φέρειν*, tragen), mit Chlorophyll oder einem anderen Farbstoff imprägnierte Eiweißkörper 19, 34, 148, 158, 161, 174.  
 Chromosom (*χρωμα*, Farbe, *σώμα*, Körper) 49, 191 ff.  
 Cilien f. Wimpern.  
 Ciliarbewegung f. Wimperbewegung.  
 Cnidoblast (*κνίδη*, Nessel, *βλαστός*, Keim), Zelle in welcher eine Nematocyste (f. d.) sich entwickelt 173.  
 Cnidocil (*κνίδη*, Nessel, *cilium*, Haar), Haar eines Cnidoblasten 173.  
 Coelenterata 231.  
 Coelom (*κοίλωμα*, Hohlraum) f. Leibeshöhle.  
 Coelomaten, Tiere mit Leibeshöhle 207.  
 Columella 122.  
 Corolla f. Blumenkrone.  
 Cuticula (Diminutiv von *cutis*, Haut), Beschaffenheit derselben bei einzelligen 34, 80, und vielzelligen Tieren 180.  
 Cutis, die tiefere oder Bindegewebsschicht der Haut 234, 236, 243.  
 Cyste (*κύστις*, Behälter, Sack), in manchen Fällen zur Bezeichnung der Zellwand gebraucht 8, 38, 42.
- D.**
- Dallinger, W. H., Beobachtung derselben über einen Fall scheinbarer Heterogenese 77.  
 Darm, Teil des Verdauungskanal der höheren Tiere 210, 234, 236, 240, 244.  
 Descendenztheorie f. Entwicklungstheorie.  
 Dextrin 84.  
 Diastase 61.  
 Diastole (*διαστέλλειν*, trennen), der Zustand der Erweiterung des Herzens, der kontraktile Vakuole u. s. w. 83.  
 Diatomaceae (*διατέμνειν*, durchschneiden), mit Rücksicht auf die Zusammensetzung der Schale aus zwei Klappen 117.  
 Diatomin, der charakteristische gelbe Farbstoff der Diatomeen 115, 117.  
 Dichotomisch (*διχοτομείν*, halbieren), heißt eine Verzweigung, wenn der Stamm sich in zwei gleichwertige Aeste teilt 104.  
 Differenzierung (*differre*, sich unterscheiden), erklärt und veranschaulicht 25, 89.  
 Digestion f. Verdauung.  
 Digestive Drüsen 238, 240, 244.  
 Dimorph (*δίς*, zweimal, *μορφή*, Gestalt), in zweierlei Formen existierend 26, 102, 183.  
 Dioecisch (*δίς*, zweimal, *οίκος*, Haus), heißen Organismen, deren männliche und weibliche Organe auf zwei Individuen verteilt sind 150, 185, 219, 274.  
 Diphyes (*διφυής*, doppelt), Fig. S. 188; Vorkommen und allgemeine Charaktere 188; Polymorphismus 189.  
 Diploblastisch (*διπλοῦς*, doppelt, *βλαστός*, Keim), oder zweifachschichtig heißen Tiere, deren Körper aus Ektoderm und Endoderm besteht 169; Ableitung diploblastischer Tiere von einzelligen 197 ff.  
 Discus f. Wimperzscheibe.  
 Distal heißt das vom Ausgangspunkt oder von der Körperachse am weitesten entfernte Ende des Körpers oder eines Teils derselben 95.  
 Divergenz der Charaktere 109.  
 Dotter 52, 177, 193.  
 Dotterhaut, die Zellhaut des Eies 194.  
 Drüsenzellen 173, 174, 210.
- E.**
- Echinodermata 231, 232.  
 Egestion (*egerere*, austreiben) 9.  
 Ei, der weibliche oder Megagamet im höchsten Stadium der Differenzierung; allgemeiner Bau 52; feiner Bau und Reifeerscheinungen 193; f. auch besonders unter Vaucheria 129; Bildung derselben bei den Angiospermen 287.  
 Eileiter f. Ovidukt.  
 Einkapselung oder Encystierung f. Cyste.  
 Einzellige Organismen 47; Zusammenhang derselben mit den vielzelligen 197 ff.

- Eiweißkörper f. Proteide.  
 Eizelle f. Ei.  
 Ektoderm (*ἐκτός*, außen, *δέρμα*, Haut), die äußere Zellschicht diploblastischer und triploblastischer Tiere 169.  
 Ektofark (*ἐκτός*, außen, *σάρξ*, Fleisch), die äußere Protoplasmaschicht bei niederen einzelligen Tieren, welche frei von Körnchen ist 1.  
 Embryo (*ἐμβρυον*), jugendlicher Organismus vor Beginn der selbständigen Existenz 177, 186.  
 Embryosack f. Megaspore.  
 Embryoträger bei Selaginella 279, bei Gymnospermen 283, bei Angiospermen 288.  
 Enddarm, der hinterste Abschnitt des Verdauungskanales 210, 234.  
 Endoderm (*ἐνθον*, innen, *δέρμα*, Haut), die innere Zellschicht der diploblastischen und triploblastischen Tiere 169.  
 Endoderm lamelle der Medusen 181, 183.  
 Endogen (*ἐνθον*, innen, *γίγνεσθαι*, zur Welt kommen), von innen herauswachsend, wie z. B. die Wurzeln der Gefäßpflanzen 265.  
 Endofark (*ἐνθον*, innen, *σάρξ*, Fleisch), das innere körnige Protoplasma der niederen einzelligen Organismen 1.  
 Endoskelett (*ἐνθον*, innen, *σκέλλειν*, trocknen), das innere Skelett der Tiere 234, 244.  
 Endosperm (*ἐνθον*, innen, *σπέρμα*, Same), Nährgewebe in den Megasporen der Phanerogamen 283, 288.  
 Endospore (*ἐνθον*, innen, *σπορά*, Same), eine innerhalb einer vegetativen Zelle gebildete Spore 67.  
 Energie, Verwandlung potentieller in kinetische 12; Quelle derselben in chlorophyllhaltigen Organismen 23.  
 Entwicklung, Bedeutung des Wortes 32.  
 Entwicklungstheorie, Definition 107; Erläuterung am Beispiel der Zoothamnium-Arten 108.  
 Epidermis (*ἐπί*, über, *δέρμα*, Haut), bei Tieren synonym mit Oberhautepithel (f. Epithel), bei Gefäßpflanzen eine einzige äußere Zellschicht 261.  
 Epithel (*ἐπί*, über, *θηλή*, Brustwarze), zellige Membran, die eine freie Oberfläche bedeckt 184; Coelom-E. 207, 228; Oberhaut-E. 207; Darm-E. 208.  
 Epithelzellen, Cylinder-E. 44; Flimmer-E. 45.  
 Equisetum (*equus*, Pferd, *seta*, Borste), Fig. S. 275; allgemeine Charaktere 274; Zapfen und Sporophylle 274; männliches und weibliches Prothallium 274; Generationswechsel 275.  
 Euglena (*εὐγληνος*, mit schönen Augen), Fig. S. 35; Vorkommen und allgemeine Charaktere 34; Bewegungen 34; Bau 34; Ernährung 36; Ruhezustand 36; Fortpflanzung 37; Tier oder Pflanze? 135.  
 Euglenoide Bewegung 34.  
 Ernährung bei Amoeba (holozoisch) 8 ff., Haematococcus (holophytisch) 21 ff., Heteromita (saprophytisch) 28 ff., Opalina (endoparasitisch) 93, Mucor 125, Penicillium 143, Polygordius (Typus der höheren Tiere) 204, 210, und bei Moosen (Typus der höheren Pflanzen) 255 ff.  
 Exkretion (*excernere*, ausscheiden), die Abgabe der durch den destruktiven Metabolismus im Körper erzeugten Zerfallsprodukte 12.  
 Exogen (*ἐξω*, außerhalb, *γίγνεσθαι*, zur Welt kommen), an der Außenseite entstehend, wie z. B. die Blätter 265.  
 Exoskelett (*ἐξω*, außen, *σκέλλειν*, trocknen), das äußere oder Hautskelett; dasselbe ist cuticular 180, 240; cuticular und verkalkt 236; epidermal (Haare, Nägel) oder dermal 234, 243.

## F.

- Faeces, feste Exkreme, aus den unverdauten Teilen der Nahrung bestehend 12.  
 Fangarme f. Tentakel.  
 Fangfäden von Diphyes 188.  
 Farne, Fig. S. 259, 267; allgemeine Charaktere 258; Histologie des Stammes, des Blattes und der Wurzel 260 ff; Ernährung 265; Sporenbildung 266; Prothallium und Gonaden 266; Entwicklung 269; Generationswechsel 270.  
 Faulende Flüssigkeiten 27, 62.  
 Fäulnis, Natur derselben 62; ein Gährungsprozefs 68; Abhängigkeit von Temperatur, Feuchtigkeit u. dergl. 69.  
 Fäulnisfähige Infusionen, Sterilisation derselben 73.  
 Flächenhafte Zellaggregate 152.  
 Flagellaten 80.  
 Flagellum f. Geißel.  
 Flagellula (Diminutiv von flagellum) geißeltragende Jugendform eines der niederen Organismen (häufig Zoospore genannt) 40, 42.  
 Flossen des Hundshaies 243.  
 Foraminiferen (*foramen*, Oeffnung, *ferre*, tragen) 112.  
 Fortpflanzung, Notwendigkeit derselben 14.  
 Fortpflanzungsorgane f. Gonaden.  
 Fragmentation des Kerns 90.  
 Freie Zellbildung 282.

Frucht der Angiospermen 288.  
Fruchtblatt oder Karpell, weibliches  
Sporophyll 280, 286.  
Funktion, Bedeutung des Wortes 7.  
Fufs der Muscheln 240, der Phyllula  
der Farne 269.

## G.

Gamet (*γαμεῖν*, sich vermählen), konjugierende Zelle von bestimmtem oder unbestimmtem Geschlecht, Heteromita 31, Mucor 125, Spirogyra 149, Vaucheria 130.

Gamobium (*γάμος*, Ehe, *βίος*, Leben), geschlechtliche Generation eines Organismus mit Generationswechsel (f. d.); fortschreitende Unterordnung des G. unter das Agamobium bei den Gefäßpflanzen 165.

Ganglion (*γάγγλιον*, Anschwellung), Anschwellung eines Nervenstranges, in welcher Nervenzellen angehäuft sind 239, 242.

Gastrula (Diminutiv von *γαστήρ*, Magen), diploblastisches Stadium des tierischen Embryos mit Urdarmhöhle und einer Oeffnung nach außen, Beschreibung derselben mit Fig. S. 198.

Gattung, Gattungsname, Gattungsmerkmale 105.

Gefäße der Pflanzen, Spiral- und Trep-  
pengefäße 261; der Tiere f. Blutgefäße.

Gefäßbündel 260, 261.

Gefäßbündelscheide 262.

Gefäßkryptogamen 273.

Gefäßpflanzen 262.

Gegenfüßlerzellen 286, 287.

Gehirn bei Polygordius 214, bei der  
Trochosphaera 224, beim Krebs 239,  
beim Hundshai 247.

Geißel f. Wimper.

Geißelinfusorien f. Flagellaten.

Gelbe Zellen der Radiolarien 215.

Generalisierte Formen, Bedeutung des  
Wortes 105.

Generationswechsel, Bedeutung des  
Wortes 165; Vorkommen bei Nitella 165,  
Bougainvillea 188, Moosen 255, Farnen  
270, Equisetum 275, Salvinia 277,  
Selaginella 279, Gymnospermen 283,  
Angiospermen 288.

Genus f. Gattung.

Geschlechtliche Differenzierung,  
erläutert bei Vaucheria 129, Spirogyra  
149.

Geschlechtliche Fortpflanzung, We-  
fen derselben 32.

Geschlechtliche Generation f. Ga-  
mobiolum.

Geschlechtszellen, primitive 191; Ent-

wicklung derselben bei Hydra 176, bei  
Polygordius 219.

Gewebedifferenzierung bei Polygor-  
dus 218, bei den Farnen 258 ff.

Gipfelknospe bei Nitella 157, 158 ff.,  
bei den Moosen 251.

Glochidium 242.

Gonade (*γόνος*, Nachkommenschaft), das  
wesentliche Organ der geschlechtlichen  
Fortpflanzung, entweder von bestimmtem  
oder unbestimmtem Geschlecht, d. h.  
ein Organ, welches entweder undifferen-  
zierte Gameten oder Eier bezw. Sper-  
men hervorbringt; vgl. die verschiedenen  
Typen, besonders 129, 149, 157, 161,  
219, 252, 268.

Gonaduct (*Gonade* f. o., *duco*, führen),  
Gang, durch welchen die Eier oder  
Samen aus der Gonade nach außen  
entleert werden 221.

Griffel, der distale, solide Abschnitt des  
weiblichen Sporophylls oder des ganzen  
Gynaeceums der Angiospermen 286.

Grundparenchym 258.

Gymnospermen (*γυμνός*, nackt, *σπέρ-  
μα*, Same), Fig. 281; allgemeine Cha-  
raktere 280; Bau der Zapfen und Spo-  
rophyll 280; Reduktion des Gamobiums  
283; Bestäubung und Befruchtung 282;  
Bildung des Samens und Entwicklung  
der beblätterten Pflanze 283.

Gynaeceum (*γυναικείον*, Frauenge-  
mach), Sammelname für die weiblichen  
Sporophylle in der Blüte der Angio-  
spermen 286.

## H.

Haematochrom (*αἷμα*, Blut, *χρῶμα*,  
Farbe) roter, dem Chlorophyll verwandter  
Farbstoff 19.

Haematococcus (*αἷμα*, Blut, *κόκκος*,  
Beere, kleine Kugel), Fig. S. 18; all-  
gemeine Charaktere 17; Maß für die  
Bewegungsgeschwindigkeit 17; Wimper-  
bewegung 18; Farbstoffe 19; beweg-  
liches und ruhendes Stadium 21; Er-  
nährung 21; Energiequelle 23; Fort-  
pflanzung 26; Dimorphismus 26; Tier  
oder Pflanze? 135.

Haemoglobin (*αἷμα*, Blut, *globus*, Ku-  
gel, hier als Bezeichnung für die scheiben-  
förmigen Blutkörperchen des Menschen)  
43; Eigenschaften und Funktionen des-  
selben 212.

Harnleiter, Ausführungsgang der Niere  
247.

Haubenzellen der Wurzeln 265.

Hauptkern der Infusorien 83.

Hefe 54.

Hermaphroditisch f. Monoecisch.

Herz des Krebses 238, der Muscheln 242, des Hundshais 246.

Herzkammern der Muscheln 242, des Hundshais 246.

Heterogenefis (*ἕτερος*, verschieden, *γένεσις*, Ursprung), Bedeutung des Wortes 76; angebliche Fälle von H. 76, nicht zu verwechseln mit Metamorphose und organischer Entwicklung 77.

Heteromita (*ἕτερος*, verschieden, *μίτος*, Faden, Geißel), Fig. S. 29; Vorkommen und allgemeine Charaktere 27; Bewegungen 27; Ernährung 28; ungeschlechtliche Vermehrung 30; Konjugation 31; Entwicklungsgeschichte 32; Tier oder Pflanze? 135.

Höhere (Gefäts-) Pflanzen, Gleichförmigkeit ihres allgemeinen Baues 272 ff.

Höhere (triploblastische) Tiere, Gleichförmigkeit ihres allgemeinen Baues 230 ff.

Höhere und niedere Organismen 79.

Holophytische (*ὅλος*, ganz, *φυτόν*, Pflanze) Ernährung, Erklärung 23.

Holozoische (*ὅλος*, ganz, *ζῷον*, Tier) Ernährung, Erklärung 23.

Holz f. Xylem.

Homogenefis (*ὁμός*, gleich, *γένεσις*, Abstammung), Bedeutung des Wortes 76.

Homolog (*ὁμόλογος*, übereinflimmend, entsprechend), heißen Organe von gleicher Abstammung 183.

Homomorph (*ὁμός*, gleich, *μορφή*, Gestalt), nur in einerlei Form existierend 104.

Hundshai, Fig. S. 245; allgemeine Charaktere 243; Exoskelett 243; Endoskelett 244; Verdauungskanal 244; Kiemen 246; Blutgefäßsystem 246, Nieren 247; Gonaden 247, Venensystem 247.

Hut eines Hutpilzes 144.

Hydra (mythologischer Name), Fig. S. 167, 170; Vorkommen und allgemeine Charaktere 166; Arten 168; Bewegungen 168; Ernährungsweise 168; mikroskopischer Bau 169; Verdauung 174; künstliche, ungeschlechtliche und geschlechtliche Vermehrung 175; Entwicklung 177.

Hydranth (*Hydra*, Süßwasserpolyp, *ἄνθος*, Blume), das Nährzoid eines Hydroidpolyphen 178.

Hydroid- (*Hydra*, Süßwasserpolyp, *εἶδος*, Form), Polyphen (*πολύπους*, vielfüßig). Tierstöcke, deren Zooide eine allgemeine Ähnlichkeit mit Hydra haben 178.

Hypertrophie (*ὑπέρ*, über, *τροφή*, Ernährung), aufsergewöhnliche Größenzunahme 88.

Hyphe (*ἵφαινειν*, weben), Bezeichnung

für die einzelnen Fäden eines Pilzes; sie sind Mycelhyphen (f. d.), unterirdische oder atmosphärische Hyphen. Mucor 119, Penicillium 139.

Hypodermis (*ὑπό*, unter, *δέρμα*, Haut) der Farne 260, 261.

Hypostom (*ὑπό*, unter, *στόμα*, Mund), 166, 178.

## I.

Individualisierung, Bedeutung des Wortes 175.

Individuum f. Zooid.

Indusium (*indusium*, Unterkleid) 266.

Infusorien (so genannt wegen ihres häufigen Vorkommens in Aufgüssen oder Infusionen) 80.

Ingestion (*ingerere*, einführen), Aufnahme fester Nahrung 9.

Insolation (*insolare*, in die Sonne bringen), Einwirkung des direkten Sonnenlichtes 70.

Integument (*integumentum*, Hülle) der Megaspore der Gymnospermen 280 und Angiospermen 287.

Intercellularräume 261.

Intermuskularplexus 215.

Internodium (*inter*, zwischen, *nodus*, Knoten) zwischen zwei Knoten (f. d.) liegender Stengelteil 155, 249.

Interstitielle Zellen (*interstitium*, Zwischenraum) der Hydra 169.

Interstitielles Wachstum bei Spirogyra 149.

Intracelluläre Verdauung 9, 84, 174.

Intusufception (*intus*, innen, *fuscipere*, aufnehmen), Bedeutung des Wortes 10.

## J.

Jod, Reagenz für Stärke 20.

## K.

Kanalzellen des Ovariums der Moose 252.

Karpell f. Fruchtblatt.

Karyokinese (*κάρνον*, Kern, *κίνησις*, Bewegung), indirekte Kernteilung 51.

Katabolismus (*καταβολή*) 13.

Katastata 13.

Keimbläschen, der Kern der Eizelle 194.

Keimblätter f. Kotyledonen.

Keimfilter 74.

Keimfleck, der Nucleolus der Eizelle 194.

Kelch, der äußere oder proximale Blattwirtel des Perianths der Angiospermen 284.

- Kern, feinere Struktur deselben 48, bei Amoeba 6, Paramaecium 82, Opalina 91, Vorticella 95, Nitella 158.
- Kern, sekundärer der Megaspore bei den Angiospermen 287.
- Kernmembran 6.
- Kernplasma f. Achromatin.
- Kernspindel 49, 194.
- Kernteilung, direkte 51, indirekte 51, 194.
- Kiefer des Krebses 236, des Hundshaies 243, 244.
- Kiemen, Respirationsorgane der Wassertiere 242, 246.
- Kiemenpalten des Hundshaies 243.
- Klassifikation, natürliche und künstliche 106 ff.
- Knorpel 244.
- Knospung bei Saccharomyces 55, Hydra 175; Vergleich derselben mit der Zellteilung 56.
- Knoten, der Teil des Stammes, an welchem die Blätter entspringen 155, 249.
- Körperliche Zellaggregate 153.
- Körpersegmente f. Metameren.
- Kohlenäurezerlegung durch die Chlorophyllkörper 21.
- Kolloide (*κόλλα*, Leim, *εἶδος*, Form), Eigenschaften derselben 5.
- Kolonien oder Stöcke, 102, 178, 199, 201; vorübergehende Kolonienbildung 176.
- Kommissur (*commissura*, Band) 212.
- Konnective (*connectere*, zusammenheften) 214, 239.
- Konjugation (*conjugatio*, Vereinigung), Vereinigung zweier Zellen zum Zwecke geschlechtlicher Vermehrung, bei Amöben 15, Heteromita 31, Paramaecium 85, Vorticella 99, Mucor 124, Spirogyra 149; K. von Ei und Sperma 130, 196; monoecische und dioecische K. 150; Vergleich mit der Plasmodienbildung 42.
- Kontraktile Vakuole (*contrahere*, zusammenziehen, *vacuum*, leerer Raum) bei Amöba 7, Euglena 36, Paramaecium 83.
- Kontraktilität (*contrahere*, zusammenziehen), Natur derselben 7, 25, 158; K. der Muskeln 98, 171.
- Kontraktion im physikalischen und biologischen Sinne 7.
- Kopfnieren der Trochosphæra 224.
- Kotyledonen (*κοτυληδών*, Becher, Napf), oder Keimblätter, die ersten Blätter oder das erste Blatt der Phylula (f. d.) einer Gefäßpflanze 269, 278, 280, 283, 288.
- Krebs, Fig. S. 237; allgemeine Charaktere 235; begrenzte Zahl und Verwachsung der Metameren 235; Anhängel 235; Exoskelett 236; Verdauungskanal 236; Kiemen 238; Blutgefäßsystem 238; Niere 239; Nervensystem 239.
- Kreuzbefruchtung heißt die geschlechtliche Fortpflanzung, wenn die Gameten von verschiedenen Individuen stammen 150.
- Krytalloide (*κρύσταλλος*, Krystall, *εἶδος*, Gestalt), Eigenschaften derselben 5.
- Künstliche Teilung der Hydra 176.

## L.

- Laminaria (*lamina*, Platte), 153, Fig. S. 154.
- Larve, freilebende Jugendform eines Tieres, dessen Entwicklung mit Metamorphose verbunden ist 225.
- Larvenstadien, Bedeutung derselben bei Polygordius 228.
- Leben, Ursprung deselben f. Biogenese.
- Leber des Hundshaies 224.
- Lederhaut f. Cutis.
- Leibesflüchtigkeit bei Polygordius 211.
- Leibeshöhle bei Polygordius 205, dem Seefern 232, dem Krebs 238, den Muscheln 240, dem Hundshai 243; Entwicklung derselben bei Polygordius 226.
- Lessonia (nach dem französischen Naturforscher Lesson) 154.
- Leukocyten (*λευκός*, weiß, *κύτος*, Zelle), farblose Blutkörperchen; Bau derselben bei verschiedenen Tieren 43; Aufnahme fester Teilchen durch dieselben 44; Teilung 44; Plasmodienbildung 44.
- Leeuwenhoek, Antony van, Entdecker der Bakterien 72.
- Lignin (*lignum*, Holz), Zusammenfassung und Eigenschaften deselben 261.
- Lineares Zellaggregat 141.
- Linné, Karl, Begründer der binomialen Nomenklatur 6, 105.
- Luftfiltration 74.

## M.

- Macrocyttis (*μακρός*, lang, *κύστις*, Behälter) 154.
- Madreporenplatte (wegen ihrer Ähnlichkeit mit einer Madrepore oder Steinkoralle) 232.
- Magenfakt, Eigenschaften deselben 9.
- Mantel der Muscheln 240.
- Manubrium der Medusen 181.
- Mark, Marksubstanz der Infusorien 82.
- Maximaltemperatur für amöboide Bewegungen 15.
- Medusa (mythol. Name), freischwimmen-

- des Mehrzoid eines Hydroidpolypen 178, 180 ff; Ableitung derselben von einem Hydranthen 182.
- Medusoid, Mehrzoid von der Form einer unvollkommenen Medusa, bei Diphyes 189.
- Megagamet (*μέγας*, groß, *γαμείν*, sich vermählen), weiblicher Gamet (f. d.), durch beträchtlichere Gröfse von dem männlichen oder Mikrogameten unterschieden 100, 130.
- Meganucleus (*μέγας*, groß, *nucleus*, Kern) 83.
- Megaſporangium (*μέγας*, groß, *σπορά*, Same, *ἀγγείον*, Gefäß), weibliches Sporangium einer Pflanze mit geschlechtlich differenzierten Sporangien, gewöhnlich durch beträchtlichere Gröfse von dem männlichen oder Mikroſporangium unterschieden. *Salvinia* 276, *Selaginella* 278, *Gymnospermen* 280, *Angiospermen* 286.
- Megaſpore (*μέγας*, groß, *σπορά*, Same), weibliche Spore einer Pflanze mit geschlechtlich differenzierten Sporen, stets durch beträchtlichere Gröfse von der männlichen oder Mikroſpore unterschieden. *Salvinia* 276, *Selaginella* 278, *Gymnospermen* 280, *Angiospermen* 287.
- Megazoid (*μέγας*, groß, *ζῶον*, Tier, *εἶδος*, Form), größeres Zoid bei einzelligen, dimorphen Organismen 99.
- Meristem (*μερίστημα*, abgeleitet von *μερίζειν*, teilen), indifferentes Gewebe der Pflanzen, aus welchem das Dauer- gewebe sich entwickelt 263.
- Mefenterium (*μείσος*, in der Mitte befindlich, *έντερον*, Darm), eine den Verdauungskanal mit der Körperwand verbindende Membran 209; Entwicklung derselben 226.
- Mefoderm (*μείσος*, in der Mitte befindlich, *δέρμα*, Haut), mittlere Zellschicht der triploblastischen Tiere, bei *Polygordius* 208; Entwicklung derselben 224; Spaltung in ein somatisches und ein splanchnisches Blatt 226.
- Mefogloea (*μείσος*, in der Mitte befindlich, *γλοία*, Leim), durchsichtige Schicht zwischen Ekto- und Endoderm der Coelenteraten; *Hydra* 169, *Bougainvillea* 180.
- Mefophyll (*μείσος*, in der Mitte befindlich, *φύλλον*, Blatt), Parenchym der Blätter 264.
- Mefostaten (*μείσος*, in der Mitte befindlich, *στήναι*, stehen), durch den Metabolismus erzeugte Zwischenprodukte; sie lassen sich einteilen in anabolische Mefostaten oder Anastaten, Produkte, welche während der Umwandlung von Nahrungstoffen in Protoplasma gebildet werden, und katabolische Mefostaten oder Katastaten, Produkte, welche beim Zerfall des Protoplasmas entstehen 13.
- Metabolismus (*μεταβολή*, Umwandlung), die ganze Reihe der Vorgänge, welche mit der Protoplasmabildung zusammenhängen, und welche sich einteilen lassen in (a) konstruktiv metabolische Prozesse oder anabolische Prozesse, vermittelt welcher die als Nahrungsmittel aufgenommenen Substanzen in Protoplasma umgewandelt werden, und (b) destruktiv metabolische oder katabolische Prozesse, mittels deren Protoplasma in einfachere Verbindungen, entweder exkretorische oder plastische, zerlegt wird 13.
- Metameren (*μέτα*, hinter, *μέρος*, Teil), Körperpermente eines gegliederten Tieres, wie *Polygordius* 203; Entwicklung derselben 225; begrenzte Zahl und Verwachsung derselben beim Krebs 235.
- Metamorphose (*μεταμόρφωσις*, Verwandlung), nennt man die auffallenden Gestaltsveränderungen, welche gewisse Organismen im Laufe ihrer Entwicklung nach Beginn ihrer selbständigen Existenz durchmachen. *Vorticella* 100, *Polygordius* 225.
- Micrococcus (*μικρός*, klein, *κόκκος*, Kugel) 65.
- Mikroben (*μικρός*, klein, *βίος*, Leben) f. Bakterien.
- Mikrogamet (*μικρός*, klein, *γαμείν*, sich vermählen), männlicher Gamet (f. d.), durch seine geringere Gröfse von dem weiblichen oder Megagameten unterschieden 100, 130.
- Mikromillimeter,  $\frac{1}{1000}$  Millimeter 64.
- Mikronucleus (*μικρός*, klein, *nucleus*, Kern) 83.
- Mikroorganismen f. Bakterien.
- Mikropyle (*μικρός*, klein, *πύλη* Pforte), 280, 287.
- Mikroſporangium (*μικρός*, klein, *σπορά*, Same, *ἀγγείον*, Gefäß), männliches Sporangium einer Pflanze mit geschlechtlich differenzierten Sporangien, gewöhnlich durch geringere Gröfse von den weiblichen oder Megaſporangien unterschieden. *Salvinia* 276, *Selaginella* 278, *Gymnospermen* 280, *Angiospermen* 284.
- Mikroſporen (*μικρός*, klein, *σπορά*, Same), männliche Sporen einer Pflanze mit geschlechtlich differenzierten Sporen, stets durch geringere Gröfse von den weiblichen oder Megaſporen unterschieden. *Salvinia* 276, *Selaginella* 278, *Gymnospermen* 280, *Angiospermen* 284.

- Mikrozooid (*μικρός*, klein, *ζῶον*, Tier, *εἶδος*, Form). kleines Tier eines dimorphen, einzelligen Organismus 99.
- Minimaltemperatur für amöboide Bewegungen 16.
- Mittlerippe des Blattes der Moose 251.
- Mollusken 231, 240.
- Monoecisch (*μόνος*, einzeln, *οἶκος*, Haus), heißen Organismen, bei welchen männliche und weibliche Organe in demselben Individuum vorkommen 150, 176.
- Monopodial (*μόνος*, einzeln, *πούς*, Fuß), heißt eine Verzweigung, wenn ein geradlinig fortwachsender Hauptstamm seitliche Nebenachsen abgibt 104.
- Monostroma (*μόνος*, einzeln, *στρώμα*, Lager) 152, Fig. S. 153.
- Moose, Fig. S. 250, 254; allgemeine Charaktere 249; Bau des Stammes 251; der Blätter 251; Rhizoide 251; Gipfelknospen 251; Fortpflanzung 252; Entwicklung des Sporogoniums 253; der beblätterten Pflanze 255; Generationswechsel 255; Ernährung 255 ff.
- Morphologie (*μορφή*, Form, *λόγος*, Lehre), der Zweig der Biologie, welcher von der Form und dem Bau des Körpers handelt 7.
- Morula (Diminutiv von *morus*, Maulbeere), f. Polyplast.
- Mucor (*mucor*, Schimmel), Fig. S. 120; Vorkommen und allgemeine Charaktere 119; Mycel- und atmosphärische Hyphen 119; Sporangien und Sporen 121; Übergang vom ein- zum mehrzelligen Bau 122; Entwicklung der Sporen 123; Konjugation 124; Tod 125; Ernährung 125; Parasitismus 126; Fermentwirkung 126.
- Mund bei Euglena 36, Paramaecium 80, Hydra 167, Medusa 181, Polygordius 203; rückwärts verlagert beim Krebs 236.
- Mundgrube bei Paramaecium 80.
- Mundkegel f. Hypostom.
- Muschel, Fig. S. 241; allgemeine Charaktere 240; Mantel, Schale und Fuß 240; Nahrungsstrom 240; Verdauungskanal 240; Kiemen und Blutgefäßsystem 242; Nephridien, Gonaden und Nervensystem 242.
- Muskeln (*musculus*, kleine Maus), Natur derselben 98, 216.
- Muskelfasern bei Bougainvillea 183.
- Muskelfortsätze bei Hydra 169.
- Muskelpplatten bei Polygordius 207; Entwicklung derselben 226.
- Mycel (*μύκης*, Pilz), mehr oder weniger filzige Masse von verflochtenen Hyphen. Mucor 119, Penicillium 139.
- Mycelhyphen, die zu einem Mycel verflochtenen Hyphen 119, 139.
- Mycetozoen (*μύκης*, Pilz, *ζῶον*, Tier), Fig. S. 41; Vorkommen und allgemeine Charaktere 40; Ernährung 41; Vermehrung und Entwicklungsgeschichte 42; Tiere oder Pflanzen? 136.
- Myophanfschicht (*μύς*, Muskel, *φαίνειν*, scheinen) 82.
- Myxomyceten (*μύξα*, Schleim, *μύκης*, Pilz), f. Mycetozoen.

## N.

- Nähröffnung, künstliche, Herstellung derselben 58.
- Nahrungsstrom bei den Muscheln 240.
- Nahrungsvakuole, vorübergehend entstehender Hohlraum im Protoplasma, welcher Wasser und Nahrungsteilchen enthält 8, 83.
- Narbe, das empfängnisfähige Ende des Griffels 286.
- Nebenkern 83.
- Nematocyste (*νήμα*, Faden, *τίσις*, Behälter) 171.
- Nephridioporus (Nephridium f. u., *πόρος*, Durchgang), äußere Öffnung eines Nephridiums 213.
- Nephridium (Diminutiv von *νεφρός*, Niere), Bau derselben bei Polygordius 213 (Fig.); Entwicklung 224, 226; bei Muscheln 242, beim Hundshai 247.
- Nephrostom (*νεφρός*, Niere, *στόμα*, Mund), innere oder Coelom-Öffnung eines Nephridiums 213.
- Nerven, centripetale und centrifugale, Funktion derselben 215.
- Nervensystem, centrales und peripherisches, bei Medusa 184, Polygordius 214; Seefern 235, Krebs 239, Muschel 242, Hundshai 247; Funktion derselben 216; Entwicklung derselben 224 ff.
- Nervenzellen 173, 184.
- Neffelzelle f. Nematocyste.
- Neurocoel (*νεῦρος*, Nerv, *κοίλον*, Höhlung), der centrale Hohlraum des Nervensystems der Wirbeltiere 247.
- Niere des Krebses 239, des Hundshaies 247.
- Nitella (*nitere*, glänzen), Fig. S. 156, 159; Vorkommen und allgemeine Charaktere 155; mikroskopischer Bau 156; Gipfelknospe 158; Bau und Entwicklung der Gonaden 161; Entwicklung 164; Generationswechsel 165.
- Notochord (*νώτος*, Rücken, *χορδή*, Strang) 244.
- Nucellus 280, 287.
- Nucleolus (Diminutiv von *nucleus*, Kern) 6, 194.

## O.

- Ocellus f. Augenfleck.  
 Oesophagus f. Schlund.  
 Ontogenie (ὄν, Wesen, γένεσις, Ursprung), Entwicklung des Individuums; als Wiederholung der Phylogenie 110, 198, 228.  
 Oogenefis (ὄον, Ei, γένεσις, Ursprung), Entwicklung eines Eies aus der primitiven Geschlechtszelle 191, 193 ff.  
 Oogonium (ὄον, Ei, γόνος, Erzeugung), gewöhnliche Bezeichnung für das Ovarium vieler niederen Pflanzen 129.  
 Oosperm (ὄον, Ei, σπέρμα, Same), eine von Ei und Sperma gebildete Zygote (f. d.), ein einzelliger Embryo 130, 177, 197; Bildung des Kernes desselben 197.  
 Oospore (ὄον, Ei, σπορά, Same), gewöhnliche Bezeichnung für das Oosperm der Pflanzen 130.  
 Opalina (wegen des opalescirenden Aussehens), Fig. S. 92; Vorkommen und allgemeine Charaktere 91; Bau und Teilung der Kerne 92, 94; parasitische Ernährung 93; Fortpflanzung 93; Verbreitungsmittel 94; Entwicklung 94.  
 Optimum der Temperatur für amöboide Bewegungen 15, für saprophytische Monaden 30, für die Entwicklung der Bakterien 70, 75.  
 Organ, ein individualisierter Teil des Körpers, welchem die Erfüllung einer bestimmten Funktion obliegt 217.  
 Organisationswasser 4.  
 Organismus, ein Lebewesen, Tier oder Pflanze 4.  
 Ovarium (ovum, Ei), weibliche Gonade oder Eier erzeugendes Organ, vgl. die verschiedenen Typen, insbesondere Vaucheria 129; Atrophie desselben bei den Angiospermen 287; der Name wird auch mit Unrecht auf den Bauch des Stempels der Angiospermen angewandt 286.  
 Oviduct (ovum, Ei, ducere, leiten), Ausführungsgang, der die Eier aus dem Ovarium nach außen führt 221, 239, 248.  
 Ovulum (Diminutiv von ovum, Ei), gewöhnliche Bezeichnung für das Megasporangium der Phanerogamen 286.  
 Oxydation des Protoplasmas 11, 12.  
 Oxytricha (ὄξυς, scharf, τρίξ, Haar) 89.

## P.

- Pandorina 199.  
 Pankreas, Bauchspeicheldrüse 244.  
 Paramylum (παρα, neben, ἔμυλον, Stärke) 35.

- Paramaecium, Fig. S. 81, 86; Bau 80; Ernährungsweise 83; ungeschlechtliche Vermehrung 85; Konjugation 85.  
 Parasiten, Parasitismus (παράσιτος, einer der von eines anderen Tische lebt), Opalina 93, Bakterien 69, Mucor 126.  
 Parenchym, Bezeichnung für Pflanzenzellen, deren Länge ihre Breite nicht wesentlich übertrifft und welche weiche, nicht verholzte Wände besitzen 46, Grundparenchym 258.  
 Parietal (paries, Wand), heißt die Schicht des Coelom-Epithels, welche die Körperwand überzieht 208.  
 Parthenogenefis (παρθένος, Jungfrau, γένεσις, Geburt), Entwicklung aus einem unbefruchteten Ei oder einem weiblichen Gameten 150.  
 Parthenogenetische Eier, Charakteristik derselben 194.  
 Pasteur, Louis. Hefe-Untersuchungen desselben 57.  
 Pasteur'sche Lösung, Zusammenfetzung 58.  
 Pedalganglion (pes, Fuß) der Muscheln 242.  
 Penicillium (penicillum, kleiner Pinsel, wegen der Form der ausgebildeten atmosphärischen Hyphen), Fig. S. 140; Vorkommen und allgemeine Charaktere 138; Wachstumsart 138; mikroskopischer Bau 139; Bildung und Keimung der Sporen 141; geschlechtliche Fortpflanzung 142; Ernährung 143; Lebenskraft der Sporen 143.  
 Pepsin (πέπτειν, verdauen), das eiweißlösende oder peptonisierende Ferment des Magenfaftes 9, 61.  
 Pepton 9.  
 Perianth (περί, um, άνθος, Blüte), die proximalen unfruchtbaren Blätter einer Blüte 284.  
 Perisperm (περί, um, σπέρμα, Same), im Nucellus des Samens entwickeltes Nährgewebe 286.  
 Peristom (περί, um, στόμα, Mund) bei Vorticella 97; als Bezeichnung des Mundsegments der Würmer 203.  
 Peritoneum, die die Eingeweide bedeckende Membran 244.  
 Petala (πέταλον, Blatt), die inneren oder distalen Perianthblätter in der Blüte der Angiospermen 284.  
 Pflanze, Definition 134.  
 Pflanzen, Klassifikation derselben 273.  
 Pharynx (φάρυγγξ, Schlund), bei Polygordius 220, beim Hundshai 244.  
 Phloëm (φλοῦός, Baß), die äußere Zone der Gefäßbündel 262.  
 Phyllula (Diminutiv von φύλλον, Blatt) das Entwicklungsstadium des Embryos

- einer Gefäßpflanze, in welchem zuerft Blatt und Wurzel auftreten 269; verglichen mit der Gastrula 270.
- Phylogenie (*γενλον*, Stamm, *γένεσις*, Urfprung), die Entwicklung eines Stammes 109.
- Physiologie (*φύσις*, die Natur, *λόγος*, die Lehre), der Zweig der Biologie, welcher von den Verrichtungen der Organe handelt 7.
- Pigmentfleck bei *Euglena* 36.
- Pistill f. *Gynaecium*.
- Planula (Diminutiv von *πλάνος*, das Umherfchweifen), die mundlofe, diploblastifche Larve eines Hydroiden 186.
- Plasma (*πλάσμα*) des Blutes 43.
- Plasmodium 40 ff.; verglichen mit einer Zygote 42.
- Plastifche Produkte, Produkte des Katabolismus (f. d.), welche einen integrierenden Bestandteil des Organismus bilden 24.
- Podomeren (*πούς*, Fuß, *μέρος*, Teil), Segmente der Gliedmaßen 236.
- Pollenkorn (*pollen*, feines Mehl), Bezeichnung für die Mikrospore der Phanerogamen 280.
- Pollenfack, Bezeichnung für das Mikrosporangium der Phanerogamen 280 284.
- Pollenfchlauch 282, 287.
- Polygordius, Fig. S. 204, 205, 220; Vorkommen und allgemeine Charaktere 203; metamere Segmentierung 203; Ernährungsweise 204; Verdauungskanal 205; Zellfchichten 207; Leibeshöhle 205; Verteilung der Nahrungstoffe 211; Blutgefäßsystem 211; Nephridien 213; Nervensystem 214; Differenzierung bestimmter Organe und Gewebe 217; Fortpflanzung 219; Entwicklung und Metamorphose 221 ff.
- Polymorph (*πολύς*, viel, *μορφή*), in manchen Formen existierend 189.
- Polyplast (*πολύς*, viel, *πλαστός*, geformter Stoff), das vielzellige Stadium des Embryos vor der Differenzierung der Zellfchichten oder Organe bei Hydroiden 186, Moosen 253, Farnen 269.
- Polzellen, Bildung derselben 194 ff.
- Porpita (*πόρπη*, Kleinod) 189, Fig. S. 190.
- Primordialfchlauch 148, 158.
- Proktodaeum (*προκτώς*, After, *όδαϊός*, zum Wege gehörig), Ektodermeinstülpung, welche mit dem Darm verschmilzt und das hintere Ende des Darmkanals bildet; die äußere Öffnung des selben wird zum bleibenden After 223 ff., 236, 240, 244.
- Proembryo von *Chara* 165.
- Pronucleus, weiblicher 196, männlicher 197, Konjugation beider 197.
- Prostom (*πρό*, vor, *στόμα*, Mund), das erste oder praeorale Segment der Würmer 203.
- Protamoeba (*πρωτος*, erste, *Amoeba* f. d.) 7.
- Prothallium (*πρό*, vor, *θαλλός*, Sprofs), das Gamobium der Gefäßpflanzen. Farn 266; Dimorphismus deselben bei *Equisetum* 274; Reduktion deselben bei *Salvinia* 276, *Selaginella* 279 und den Gymnospermen 283; verzögerte Entwicklung bei den Angiospermen 288; sekundäres Prothallium bei *Selaginella* 278.
- Proteide, Zusammensetzung derselben 4.
- Protisten, die niedersten Organismen, welche eine Zwischenstellung zwischen den niedersten Tieren und Pflanzen einnehmen 136.
- Protococcus (*πρωτος*, der erste, *κόκκος*, Kugel), f. *Haematococcus*.
- Protoxyxa (*πρωτος*, der erste, *μύξα*, Schleim), Fig. S. 39; Vorkommen und allgemeine Charaktere 38; Entwicklungsgefchichte 38 ff.; Tier oder Pflanze? 136.
- Protonema (*πρωτος*, der erste, *νήμα*, Faden), der Moose 252, 255.
- Protoplasma (*πρωτος*, der erste, *πλάσμα*, bildfamer Stoff), Zusammensetzung deselben 4; Eigenschaften 4; mikrochemifche Reaktionen 5.
- Protozoen (*πρωτος*, der erste, *ζῶον*, Tier) 230.
- Proximal (*proximus*, der Nächste), das dem Anhaftungspunkt oder der Achse des Organismus nächste Ende des Körpers oder eines Organes, z. B. im Stiel der *Vorticella* 95.
- Pseudopodien (*ψευδής*, falsch, *πούς*, Fuß), beschrieben 3; Vergleich mit Wimpern 25; im Cylinderepithel 45; in den Endodermzellen der *Hydra* 174.
- Pteris f. Farn.
- Pyrenoid (*πυρήν*, Kern, *είδος*, Form), kleine Menge von Eiweißsubstanz, von Stärke umgeben 20, 148.

## R.

- Radiärkanäle der Medusen 181.
- Radiale Symmetrie des Seefternes 232.
- Radiolarien (*radius*, Strahl), Fig. S. 115; Vorkommen und allgemeine Charaktere 114; Zentralkapsel 114; intra- und extrakapsuläres Protoplasma 114; Kiefelskelett 115; symbiotifche Beziehungen zu *Zooxanthella* 115.
- Rectum f. Enddarm.
- Redi, Francesco, italienifcher Naturfor-

- scher, Versuche deselben über Biogenes-  
 fis 72.  
 Reduktionsteilung 193, 196.  
 Reflexthätigkeit 216.  
 Reifung des Eies 194.  
 Reize, Arten derselben 216.  
 Reizbarkeit, die Fähigkeit auf äußere  
 Reize zu reagieren 8, 171, 185, 216.  
 Reproduktion f. Fortpflanzung.  
 Reservoir der kontraktiven Vakuole bei  
 Euglena 36.  
 Respiration bei Amoeba 13, bei Poly-  
 gordius 212.  
 Respirationsorgane des Seefterns 234,  
 des Krebses 238, der Muscheln 242, des  
 Hundshaies 246.  
 Rhizoide (*ρίζα*, Wurzel, *ρίζος*, Form),  
 bei Nitella 155, 157, bei Moosen 249,  
 251, bei Farnprothallien 266.  
 Richtungssphäre 49.  
 Rinde, Bau derselben 46.  
 Rindenschicht der Infusorien 82.  
 Ringkanal der Medusen 181.  
 Rofs, Alexander, über den abiogenetischen  
 Ursprung der Mäuse, Infekten u. f. w. 72.  
 Rotation des Protoplasmas 158.  
 Rückenmark des Hundshaies 247.
- S.**
- Saccharomyces (*σάκχαρον*, Zucker,  
*μυζη*; Pilz), Fig. S. 55; Vorkommen  
 54; Bau 54; Knospung 55; innere Teil-  
 lung 56; Ernährung 57; alkoholische  
 Gärung durch S. hervorgerufen 57 ff;  
 Experimente über seine Ernährungsweise  
 59; Tier oder Pflanze? 136.  
 Salvinia, Fig. S. 277; allgemeine Charak-  
 tere 276; Mega- und Mikrosporangien  
 und -sporen 276; männliches und weib-  
 liches Prothallium und Gonaden 276,  
 277; Entwicklung und Generations-  
 wechsel 278.  
 Samen, Bildung derselben 283, 288.  
 Saprophytische Ernährung (*σαπρός*,  
 faulend, *φυτόν*, Pflanze), Erklärung 29.  
 Saugfüße des Seefterns 232, 235.  
 Schädel 244.  
 Schale der Muscheln 240.  
 Scheitelmeristem, am Scheitel des  
 Stammes oder der Wurzel befindliches  
 Meristem (f. d.) 263.  
 Scheitelwachstum 142, 160, 251,  
 263.  
 Scheitelzelle bei Penicillium 142, Ni-  
 tella 160, den Moosen 251, dem Stamm  
 der Farne 263, im Prothallium der Farne  
 268.  
 Schirmförmig heißt eine Verzweigung,  
 wenn das Wachstum der Hauptachse  
 beschränkt ist und die Hauptachse an  
 ihrem distalen Ende eine Anzahl von  
 Nebenachsen trägt 104.  
 Schleimhaut 45.  
 Schleimpilze f. Mycetozoen  
 Schließmuskeln der Muscheln 242.  
 Schließzellen 264.  
 Schlund der Infusorien 36, 82; auch Be-  
 zeichnung für einen Teil des Verdauungs-  
 kanals der höheren Tiere 210, 234, 236,  
 240, 244.  
 Schlundkonnektive 214, 239.  
 Schöpfung, Erklärung des Begriffs 106;  
 erläutert mit Bezug auf die Arten von  
 Zoothamnium 107.  
 Schulze'sche Lösung, Reagenz für  
 Cellulose 21, für Lignin, 261.  
 Schwimglocke von Diphyes 188.  
 Schwimmfaum der Medusen 181.  
 Seeftern, Fig. S. 233; allgemeine Charak-  
 tere 232; radiale Symmetrie 232; Saug-  
 füße und Ambulakralfystem 234; Exo-  
 skelett 234.  
 Segment (*segmentum*, Abschnitt), bei  
 Pflanzen ein Knoten samt dem angren-  
 zenden proximalen Internodium 155,  
 249; bei Tieren von verschiedener Be-  
 deutung, f. Metameren, Podomeren.  
 Segmentierung f. Metameren.  
 Segmentzellen bei Nitella 160, bei  
 Moosen 251, bei Farnen 263, 265, 268.  
 Sekretion (*secernere*, trennen, scheiden),  
 Wesen derselben 173; die Bildung der  
 Zellwand ein Sekretionsprozess 11.  
 Selaginella (*σελαγιέλιν*, Scheinen), Fig. S.  
 279; allgemeine Charaktere 278; Zapfen,  
 Sporangien und Sporen 278, Prothallien  
 und Gonaden 278; Entwicklung und  
 Generationswechsel 278.  
 Selbstbefruchtung heißt die geschlecht-  
 liche Befruchtung, wenn die Gameten  
 von demselben Individuum stammen 150.  
 Sepala heißen die äußeren oder proxi-  
 malen Perianthblätter in der Blüte der  
 Angiospermen 284.  
 Septum bei Pflanzen 122, bei Polygor-  
 dius 210; Entwicklung 226.  
 Sexuell f. Geschlechtlich.  
 Siebröhren und Siebplatten 262.  
 Sinus, ein Hohlraum 238.  
 Skelett f. Endo- und Exoskelett.  
 Sklerenchym der Moose 251, Farne 260,  
 261.  
 Somatisch (*σώμα*, Körper), heißt die  
 Mesodermis, welche dem Ektoderm  
 anliegt und mit diesem die Körperwand  
 bildet 208.  
 Sorus (*σωρός*, Haufen), Sporangienhaufen  
 der Farne 266.  
 Spaltöffnungen 264.  
 Species f. Art.  
 Specialisiert, Bedeutung des Wortes 105.

- Sperma (*σπέρμα*, Same), der männliche oder Mikrogamet im höchsten Stadium der Differenzierung; Bau und Entwicklung 191 ff.; f. auch unter den verschiedenen Typen, insbesondere bei *Vaucheria* 130.
- Spermatozoid, Spermatozoon (*σπέρμα*, Same, ζῶον, Tier; wegen der aktiven Beweglichkeit der tierischen Spermien wurden diese für Parasiten gehalten), Synonym von Sperma 130.
- Spermarium (*σπέρμα*, Same), männliche Gonade oder Spermien erzeugendes Organ, f. unter den verschiedenen Typen, besonders bei *Vaucheria* 129.
- Spermatogenese (*σπέρμα*, Same, γένεσις, Ursprung), Entwicklung eines Spermias aus der primitiven Geschlechtszelle 191.
- Spermiduct (*σπέρμα*, Same, *duco*, leiten), Ausführungsgang des Spermariums 221.
- Spiralgefäße f. Gefäße.
- Spirillum 66.
- Spirogyra (*σπείρα*, Schraube, *gyrus*, Windung), Fig. S. 147; Vorkommen und allgemeine Charaktere 146; mikroskopischer Bau 146; Wachstum 148; Konjugation 149; Entwicklung 150; Ernährung 151.
- Splanchnisch (*σπλάγγιον*, Eingeweide) heißt die Mesodermis, welche dem Endoderm anliegt und mit derselben die Darmwand bildet 208.
- Sporangium (*σπορά*, Same, ἀγγείον, Gefäß), Sporenbehälter, bei *Mucor* 121, *Vaucheria* 129, den Farnen 266, f. auch Mega- und Mikrosporangium.
- Spore (*σπορά*, Same), ungeschlechtliche Fortpflanzungszelle; f. unter den verschiedenen Typen, besonders unter Heteromita 31, *Saccharomyces* 56, Bakterien 66, *Penicillium* 141, Moosen 253, Farnen 266; f. auch Mega- und Mikrospore; große Lebensfähigkeit der Sporen der Bakterien 70, 75, von *Penicillium* 143.
- Sporogonium (*σπορά*, Same, γόνος, Entstehung), das Agamobium der Moose 253.
- Sporophyll (*σπορά*, Same, φύλλον, Blatt), Sporangien tragendes Blatt bei *Equisetum* 274, *Selaginella* 278, den Gymnospermen 280 und Angiospermen 284.
- Stärke, Zusammenfassung und Eigenschaften 20.
- Stamm, Bau desselben bei Moosen 251 und Farnen 258 ff.
- Stämme des Tierreichs 230 ff., des Pflanzenreichs 273.
- Staubblatt, männliches Sporophyll 280. 284.
- Steinkanal des Seefterns 234.
- Stempel f. Gynaecium.
- Sterigmen (*στήριγμα*, Stütze) bei *Penicillium* 141, *Agaricus* 145.
- Sterilisieren säulnisfähiger Flüssigkeiten 74 ff.
- Stigma f. Narbe oder Pigmentfleck.
- Stoffwechsel 11 ff., 22 ff.
- Stomodaeum (*στόμα*, Mund, ὁδῶος, zum Wege gehörig), ektodermale Einstülpung, welche mit dem Darm verschmilzt und den vorderen Abschnitt des Verdauungskanal bildet, ihre äußere Öffnung wird zum bleibenden Mund 223, 236, 240, 244.
- Stützlamelle f. Mesogloea.
- Stylonychia (*στυλος*, Griffel, ὄνυξ, Klaue), Fig. S. 89; Vorkommen und allgemeine Charaktere 87; Polymorphismus der Wimpern 87 ff.
- Suspenfor f. Embryoträger.
- Symbiose (*σύν*, zusammen, *βιοῦν*, leben), gegenseitig Vorteil bringende Genossenschaft zwischen zwei Organismen 116, 174.
- Synergiden (*συνεργός*, Mitarbeiter) 287.
- Systole (*συστολή*, Zusammenziehung), die Phase der Kontraktion des Herzens, der kontraktiven Vakuolen u. f. w. 83.

## T.

- Temperatur, Einfluss derselben auf Protoplasmabewegungen 15, 158.
- Tentakel von *Hydra* 167, *Bougainvillea* 178, *Polygordius* 203; Entwicklung derselben 226.
- Tier, Definition 134.
- Tiere, Klassifikation 230 ff.
- Tierstämme 230 ff.
- Tierstock f. Kolonie.
- Tochterzellen, Zellen welche durch Teilung oder Knospenbildung aus einer Mutterzelle entstehen 57.
- Tod, Vorgänge während und nach demselben 15, 125.
- Tracheiden (*trachea*, Röhre, εἶδος, Form), f. Gefäße der Pflanzen 262.
- Transpiration, Abgabe von Wasser seitens der Blätter der Pflanzen 256.
- Trichocysten (*θρίξ*, Haar, κύστις, Behälter) 84.
- Triploblastisch (*τριπλοῦς*, dreifach, βλαστός, Keime), oder dreischichtig heißen Tiere, deren Körper aus Ektoderm, Mesoderm und Endoderm besteht 183, 225.
- Trochosphæra (*τροχός*, Rad, mit Bezug auf die Wimperreifen, σφαῖρα,

Kugel), freischwimmende Larven von *Polygordius*, Fig. S. 222, 224, 227; Entföehung aus der *Gastrula* 221 ff.; Metamorphose 225 ff.  
Trockenstarre, Gerinnung des Protoplasmas infolge von Wasserentziehung 16.

## U.

Ultramaximaltemperatur für amöboide Bewegungen 16, für Monaden 30, für Bakterien 70.  
*Ulva* 153.  
Ungeſchlechtliche Fortpflanzung f. Zellteilung, Knospung, Sporen.  
Ungeſchlechtliche Generation f. *Agamobium*.  
Unſterblichkeit, virtuelle, der niederen Organismen 15.  
Urdarm, einfache Verdauungshöhle der zweiföchichtigen Tiere 167, 198.  
Ureter f. Harnleiter.  
Urzeugung f. *Abiogenesis*.

## V.

Vakuolen (*vacuus*, leer), kontraktile 7, 36, 83, nicht kontraktile 54, 127, 146, 158.  
Variabilität 110.  
Varietät, im Entſtehen begriffene Spezies 110.  
*Vaucheria* (nach dem Schweizer Botaniker J. P. E. Vaucher), Fig. S. 128; Vorkommen und allgemeine Charaktere 127; feinerer Bau 127; ungeſchlechtliche Vermehrung 127; geſchlechtliche Vermehrung 129; Ernährung 131.  
Vegetationspunkt bei *Nitella* 160, den Moosen 251, den Farnen 262.  
Verbreitungsmittel der Endoparasiten 93, der feſtſitzenden Organismen 99, 101, 102.  
Verdauung, der Prozeſs, durch welchen die Nahrung abſorptionsfähig gemacht wird 9, intra- und extracelluläre Verdauung 174; verglichen mit der *Aſſimilation* 175.  
Verdauungsdrüſen 238, 240, 244.  
Verdauungskanal, das ſogenannte Verdauungsrohr vom Mund bis zum After, bei *Polygordius* 210, den Seeſternen 234, dem Krebs 236, den Muſcheln 240, dem Hundshai 240.  
Vererbung 110.  
Verteilung der Nährſtoffe in einem höheren Tier 211, in einer höheren Pflanze 257.  
Verwachsung, Vereinigung getrennter Teile im Laufe des Wachstums derſelben 228, 235.

Verwandlung f. *Metamorphose*.

*Vibrio* 66.

Visceral (*viscera*, Eingeweide), heißt dasjenige Blatt des Cölomepithels oder des Peritoneums, welches den Darm und die anderen Eingeweide bedeckt 208.

Visceralganglion der Muſcheln 242.

Volvox (*volvare*, rollen) 200, 201.

Vorkern f. *Pronucleus*.

Vorticella (Diminutiv von *Vortex*, Wirbel), Fig. S. 96; Vorkommen und allgemeine Charaktere 95; Wimperbewegung 97; Muskel 98; ungeſchlechtliche Vermehrung 99; Konjugation 99, 100; Verbreitungsmittel 99, 101; Encyſtierung, Sporenbildung, Entwicklung, Metamorphose 100.

## W.

Wachstum 10.

Wärmeentwicklung durch Oxydation des Protoplasmas 13.

Wärmestarre 15.

Wärmemethode f. *Ultramaximaltemperatur*.

Wimperbewegung 18; als beſondere Form der Kontraktilität 25.

Wimper-Infusorien 80.

Wimpern 18; Vergleich mit den Pseudopodien 25; Fehlen der W. bei den Arthropoden 239.

Wimperſcheibe der *Vorticella* 97.

Wirbelfäule und Wirbelkörper des Hundshaies 244.

Wirbeltiere 230, 231, 247.

Wirt, Bezeichnung für den Organismus, der einen Parasiten beherbergt 93.

Wurzel der Farne 265.

Wurzelhaare 265.

Wurzelhaube 265.

## X.

Xylem (*ξύλον*, Holz), innere Zone der Gefäßbündel 262.

## Z.

Zähne des Hundshaies 244.

Zapfen, Sporophylle tragende Achſe, bei *Equisetum* 274, *Selaginella* 278, *Gymnospermen* 280, *Angiospermen* 284.

Zelle (*cella*, Kammer, der Name entſpricht der früheren Anſchauung über das Weſen der Zellen, wie ſie durch das Ausſehen der mit Wänden verſehenen Pflanzenzellen hervorgerufen wurde). Bedeutung des Wortes 47; feinerer Bau

- 47; Arten der Zellen 43 ff.; Teilung der Zellen 49 ff.
- Zellaggregat, Bedeutung des Wortes 139.
- Zellfusion 228, 263.
- Zellkolonie, vorübergehende 55, dauernde 101.
- Zellplatte 50, 51.
- Zellteilung, einfache, Teilung der Mutterzelle in zwei Tochterzellen bei Amoeba 14, Heteromita 30; Tier- und Pflanzenzellen überhaupt 49 ff.; Paramecium 85, Vorticella 99; mehrfache Teilung einer Mutterzelle in zahlreiche Tochterzellen bei Heteromita 31, Protomyxa 38, Saccharomyces 56; zwischen beiden Formen der Teilung steht das Verhalten von Opalina 93.
- Zellwand 8, 20, 46.
- Zerfetzung, Wefen derselben 5.
- Zoogloea (ζῶον, Tier, γλοιία, Leim) 64.
- Zooid. (ζῶον, Tier, εἶδος, Form), Einzelindividuum eines Tierstockes 102.
- Zoothamnium (ζῶον; Tier, θάμνος, Busch), Fig. S. 101; Vorkommen und allgemeine Charaktere 101; Dimorphismus der Zooide 102; Verbreitungsmittel 102; Merkmale und Verwandtschaftsbeziehungen der Arten 103 ff.
- Zooxanthella (ζῶον, Tier, ξανθός, gelb) 116.
- Zusammengesetzte Organismen f. Kolonien.
- Zweig, bei Pflanzen, Nebenachse erster oder höherer Ordnung mit Blättern 161.
- Zygospore (ζυγόν, Joch, Paar, σπορά, Same), heißt eine ruhende Zygote, welche durch Konjugation gleicher Gameten gebildet wurde 125.
- Zygote (ζυγωτός, gepaart), Produkt der Konjugation zweier Gameten bei Heteromita 31, Vorticella 100, Mucor 124, Vaucheria 130, Spirogyra 149.



Verlag von Friedrich Vieweg & Sohn in Braunschweig.

**Lehrbuch**  
der  
**praktischen vergleichenden Anatomie**

von **Carl Vogt** und **Emil Yung**,

Director

Assistent

des Laboratoriums für vergleichende Anatomie und Mikroskopie der Universität Genf.

Erster Band. Mit 425 Abbildungen. gr. 8. geh. Preis 28 *M.*

Zweiter Band. Mit 373 Abbildungen. gr. 8. geh. Preis 30 *M.*

**Fauna der Wirbelthiere Deutschlands**

und der angrenzenden Länder von Mitteleuropa.

Von Prof. **J. H. Blasius**.

Erster Band: Naturgeschichte der Säugethiere. Mit 290 Holzstichen.  
gr. 8. geh. Preis 8 *M.*

**Die faunistische Litteratur Braunschweigs**

und der

Nachbargebiete mit Einschluss des ganzen Harzes.

Von **Dr. Wilhelm Blasius**,

Professor an der Herzogl. technischen Hochschule zu Braunschweig.

gr. 8. geh. Preis 4 *M.*

**Grundzüge der allgemeinen Mikroskopie**

von **Dr. Leopold Dippel**,

ordentlichem Professor der Botanik in Darmstadt.

Mit 245 Holzstichen und 1 Tafel. gr. 8. geh. Preis 10 *M.*, geb. 11 *M.*

**Das Mikroskop und seine Anwendung.**

Von **Dr. Leopold Dippel**,

ordentlichem Professor der Botanik in Darmstadt.

Erster Theil. **Handbuch der allgemeinen Mikroskopie.** Zweite umgearbeitete Auflage. Mit Holzstichen und einer Tafel in Farbendruck. gr. 8. geh. Preis 34 *M.*

Zweiter Theil. **Anwendung des Mikroskopes auf die Histiologie der Gewächse.** Mit 294 Holzstichen und 8 lithographirten Tafeln. gr. 8. geh. Preis 20 *M.*

**Lehrbuch der Zoologie**

für Landwirthschaftsschulen und Anstalten verwandten Charakters, sowie auch für den Gebrauch des praktischen Landwirthes von

**Dr. phil. H. Emil Fleischer**,

Oberlehrer am Königlichen Realgymnasium und der mit diesem verbundenen Landwirthschaftsschule zu Döbeln.

Zweite verbesserte Auflage. Mit 435 Holzstichen. gr. 8. geh. Preis 5 *M.*

Verlag von Friedrich Vieweg & Sohn in Braunschweig.

## Die Anatomie des Frosches.

Ein Handbuch für Physiologen Aerzte und Studirende

von **Dr. Alexander Ecker,**

Professor an der Universität Freiburg

Erste Abtheilung: **Knochen- und Muskellehre.** Mit 96 mehrfarbigen Holzstichen. **Zweite Auflage.** gr. 8. geh. Preis 5 *M.*

Zweite Abtheilung: **Nerven- und Gefäßlehre.** Mit Beiträgen von Prof. R. Wiedersheim. Mit Holzstichen und einer lithographirten Tafel. gr. 8. geh. Preis 9 *M.*

Dritte (Schluss-) Abtheilung: **Lehre von den Eingeweiden, dem Integument und den Sinnesorganen.** Bearbeitet von Professor R. Wiedersheim. Mit Holzstichen. gr. 8. geh. Preis 5 *M.*

## Die thierischen Gesellschaften.

Eine vergleichend-psychologische Untersuchung von

**Alfred Espinas,**

Docteur ès Lettres.

Nach der vielfach erweiterten zweiten Auflage unter Mitwirkung des Verfassers deutsch herausgegeben von

**W. Schloesser.**

Autorisirte Ausgabe. gr. 8. geh. Preis 10 *M.*

## Die Wirbelthiere Europas.

Von Graf **A. Keyserling** und Prof. **J. H. Blasius.**

Erstes Buch: Die unterscheidenden Charaktere.

gr. 8. geh. Preis 7 *M.*

### Untersuchung

über die

## Entwicklung und den Körperbau der Krokodile.

Von **Dr. H. Rathke.**

Herausgegeben von **Wilhelm von Wittich.**

Mit 10 lithographirten Tafeln in Farbendruck. 4. geh. Preis 12 *M.*

Die

## Functionen des Centralnervensystems

und ihre Phylogenese

von **Dr. J. Steiner,**

a. o. Professor der Physiologie in Heidelberg.

Erste Abtheilung: **Untersuchungen über die Physiologie des Froschhirns.** Mit 32 eingedruckten Holzstichen. gr. 8. geh. Preis 5 *M.*

Zweite Abtheilung: **Die Fische.** Mit 27 eingedruckten Holzstichen und 1 Lithographie. gr. 8. geh. Preis 5 *M.*

Verlag von Friedrich Vieweg & Sohn in Braunschweig.

Ueber die  
**Entwicklung der Schildkröten.**

Untersuchungen von  
**Heinrich Rathke,**

Doctor der Philosophie, Medicin und Chirurgie, Königl. Preussischem Medicinalrathe und Professor, Director des zoologischen Museums und der anatomischen Anstalt zu Königsberg, Ritter des Annen-, des Wladimir- und des rothen Adler-Ordens.

Mit 10 Steindrucktafeln. 4. geh. Preis 24 *M.*

**Ueber die Morphologie**  
und die Verwandtschaftsverhältnisse der wirbellosen Thiere.

Ein Beitrag zur Charakteristik und Classification der thierischen  
Formen.

Von **Dr. Rudolf Leuckart.**

gr. 8. geh. Preis 4 *M.*

**Das Insekt.**

Naturwissenschaftliche Beobachtungen und Reflexionen über das  
Wesen und Treiben der Insektenwelt.

Von **J. Michelet.**

Mit einem Vorwort von Professor **J. H. Blasius.**

8. geh. Preis 4 *M.* 50 *℔*

**Die Genealogie der Urzellen**

als Lösung des Descendenz-Problems. Oder die Entstehung der Arten  
ohne natürliche Zuchtwahl.

Von **Dr. Albert Wigand,**

Professor der Botanik an der Universität Marburg.

Mit Holzstichen. gr. 8. geh. Preis 1 *M.* 50 *℔*

**Herpetologia Europaea.**

Eine systematische Bearbeitung der Amphibien und Reptilien, welche  
bisher in Europa aufgefunden sind.

Von **Dr. E. Schreiber,**

Director an der Oberrealschule zu Görz.

Mit Holzstichen. gr. 8. geh. Preis 18 *M.*

**Lehrbuch der Zoologie**

für Gymnasien, Realgymnasien, Real- und Höhere Bürgerschulen, land-  
wirtschaftliche Lehranstalten etc. sowie zum Selbstunterrichte

von

Prof. Dr. **Otto Wilhelm Thomé,**

Rektor der höheren Bürgerschule der Stadt Köln.

Fünfte verbesserte Auflage. Mit 680 Holzstichen. gr. 8. geh. Preis 3 *M.*

Verlag von Friedrich Vieweg & Sohn in Braunschweig.

Beiträge  
zur Kenntniss wirbelloser Thiere

mit

besonderer Berücksichtigung der Fauna des norddeutschen Meeres.

Von

Dr. Heinrich Frey und Dr. Rudolph Leuckart.

Mit 2 Kupfertafeln. 4. geh. Preis 12 *M.*

Methodischer Leitfaden

für den

Unterricht in der Tierkunde.

Von Christian Wächter,

erstem ord. Lehrer der höheren Töchterschule und des Lehrerinnen-Seminars in Altona.

Erster Teil. Die Wirbeltiere. Dritte umgearbeitete Auflage. Mit  
168 eingedruckten Holzstichen. gr. 8. geh. Preis 2 *M.*

Zweiter Teil. Die wirbellosen Tiere. Dritte umgearbeitete Auflage.  
Mit 164 eingedruckten Holzstichen. gr. 8. geh. Preis 1 *M.* 50  $\frac{3}{4}$

Der Darwinismus

und die Naturforschung Newton's und Cuvier's. Beiträge zur  
Methodik der Naturforschung und zur Speciesfrage von

Dr. Albert Wigand,

Professor der Botanik an der Universität Marburg.

In drei Bänden. gr. 8. geh. Erster Band. Preis 12 *M.* — Zweiter  
Band. Preis 13 *M.* 20  $\frac{3}{4}$  — Dritter Band. Preis 8 *M.* 40  $\frac{3}{4}$

Naturwissenschaftliche Rundschau.

Wöchentliche Berichte über die Fortschritte auf dem Gesamt-  
gebiete der Naturwissenschaften.

Unter Mitwirkung

der Professoren Dr. J. Bernstein, Dr. W. Ebstein, Dr. A. v. Koenen,  
Dr. Victor Meyer, Dr. B. Schwalbe und anderer Gelehrten

herausgegeben von

Dr. Wilh. Sklarek

in Berlin W., Lützowstrasse Nr. 63.

I. Jahrgang. geh. Preis 10 *M.*, geb. 11 *M.* 50  $\frac{3}{4}$ . — II. Jahrgang. geh.  
Preis 11 *M.* 50  $\frac{3}{4}$ , geb. 13 *M.* — III. Jahrgang. geh. Preis 16 *M.*, geb.  
17 *M.* 50  $\frac{3}{4}$ . — IV. Jahrgang. geh. Preis 16 *M.*, geb. 17 *M.* 50  $\frac{3}{4}$ . —  
V. Jahrgang. geh. Preis 16 *M.*, geb. 17 *M.* 50  $\frac{3}{4}$ . — VI. Jahrgang. geh.  
Preis 16 *M.*, geb. 17,50 *M.* — VII. Jahrgang. geh. Preis 16 *M.*, geb. 17,50 *M.*  
VIII. Jahrgang. geh. Preis 16 *M.*, geb. 17 *M.* 50  $\frac{3}{4}$ .

Einbanddecken zu Band I. bis VIII. Preis à 75  $\frac{3}{4}$ .

IX. Jahrgang im Erscheinen. Preis pro Quartal 4 *M.* (Wöchentl.  
1 $\frac{1}{2}$  bis 2 Bogen.)

Durch alle Buchhandlungen und Postanstalten zu beziehen.

(In der deutschen Zeitungs-Preisliste, 1894, unter Nr. 4574 aufgeführt.)

**Einleitung**  
in das  
**Studium der Anthropologie und Civilisation.**

Von **Dr. Edward B. Tylor**,  
Mitglied der Royal Society.

Deutsche autorisirte Ausgabe von  
**G. Siebert**,

Oberlehrer an der Realschule zu Wiesbaden.

Mit 78 in den Text eingedruckten Holzstichen. 8. geh. Preis 10 *℔*.

**Der Darwinismus.**

Eine Darlegung der Lehre von der natürlichen Zuchtwahl und einiger  
ihrer Anwendungen von

**Alfred Russel Wallace**,  
LL. D., F. L. S., etc.

Autorisirte Uebersetzung von  
**D. Brauns**,

Dr. med. u. phil., Professor extr. zu Halle a. S., Mitglied der Kaiserl. Leopoldinischen  
Academie der Naturforscher etc.

Mit 1 Karte und 37 Abbildungen. 8. geh. Preis 15 *℔*.

**Globus.**

**Illustrierte Zeitschrift für Länder- und Völkerkunde.**

Begründet von **Karl Andree**.

Herausgegeben von **Dr. Richard Andree**.

Vereinigt seit 1894 mit der Zeitschrift „Das Ausland“.

Erschienen sind 66 Bände. — Im Erscheinen begriffen Band 67.

Band 1 bis 3 fehlt. Band 4 bis 24 kann noch zum Preise von 9 *℔*, Band  
25 bis 66 zum Preise von 12 *℔* pro Band bezogen werden. Monatlich erscheinen  
4 Nummern. Jährlich zwei Bände. Subscriptionen nimmt jede Buchhandlung und  
Postanstalt entgegen.

(In der deutschen Zeitungs-Preisliste, 1894, unter Nr. 2663 aufgeführt.)

**Die Verwandtschaft der Naturkräfte**

von **Dr. W. R. Grove**,

Geh. Rath, Mitglied der Royal Society, Präsident der British Association zu Nottingham, der  
Akademien zu Rom, Turin etc. correspondirendes Mitglied.

Deutsche autorisirte Ausgabe, nach der fünften Auflage des englischen  
Originals herausgegeben durch

**E. von Schaper**,

Königl. Hauptmann a. D. und Telegraphensecretär.

Mit einem Anhang, enthaltend die Rede des Autors „über den  
ununterbrochenen Zusammenhang in der Natur“, gehalten als Präsident  
der British Association zu Nottingham 1866, nebst einem Vorworte zur  
deutschen Uebersetzung von R. Clausius.

gr. 8. geh. Preis 4 *℔* 50 *§*

Verlag von Friedrich Vieweg & Sohn in

## Archiv für

Zeitschrift für Naturgeschichte

Organ der deutschen Gesellschaft

und

Begründet von A. E.

Unter Mitwirkung von A. B.

W. His in Leipzig, H. v. Hö

N. Ruedinger in München,

Leipzig, C. Semper in Würzburg, L. Stieda in Königsberg, R. Virchow

in Berlin, C. Vogt in Genf, A. Voss in Berlin, W. Waldeyer in Berlin

und H. Welcker in Halle,

herausgegeben und redigirt von

**Johannes Ranke in München.**

Mit Holzstichen und lithographirten Tafeln. 4. geh.

Erschienen sind:

I. bis XXII. Band incl. 2 Supplement-Bände. Preis zus. 1190 *M.* 70  $\frac{3}{4}$ .

XXIII. Band. 1. und 2. Heft. Preis 24 *M.*

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA



L. inw.

7579

## Reden,

gehalten in wissenschaftlichen Versammlungen

und kleinere Aufsätze vermischten Inhalts

von **Dr. Karl Ernst von Baer,**

weil. Ehrenmitglied der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften zu St. Petersburg.

Zweite Ausgabe. Drei Theile. gr. 8. geh. Preis 16 *M.*

Einzel-Preise:

Erster Theil: **Reden.** Zweite Ausgabe. Mit dem Bildniss des Verfassers in Stahlstich. Preis 4 *M.* 50  $\frac{3}{4}$

Zweiter Theil: **Studien aus dem Gebiete der Naturwissenschaften.** Zweite Ausgabe. Mit 22 Holzstichen. Preis 10 *M.*

Dritter Theil: **Historische Fragen mit Hilfe der Naturwissenschaften beantwortet.** Zweite Ausgabe. Mit einem Kärtchen in Kupferstich und 3 Holzstichen. Preis 9 *M.*

## Pflanzenphysiologische Versuche,

für die Schule zusammengestellt von

**Dr. Walter Oels,**

Oberlehrer in Löwenberg in Schlesien.

Mit 77 Abbildungen. gr. 8. Preis geh. 4 *M.*, in Leinwand geb. 4 *M.* 50  $\frac{3}{4}$

## Die Pflanzenwelt

vor dem ... Menschen vom

correspondi

schaften zu Paris.

t.

Mit 118 Holzstiche

8. geh. Preis 13 *M.*

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000299538

B



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



**II-7579**

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



**100000299538**