

ZB MED - Informationszentrum Lebenswissenschaften

Lehrbuch der vergleichenden Anatomie der wirbellosen Thiere

Lang, Arnold

Jena, 1901

ZB MED - Informationszentrum Lebenswissenschaften

Shelf Mark: Ui VI 1828

III. Paramaecium [...]

[urn:nbn:de:hbz:38m:1-125109](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:38m:1-125109)

völkern. Schliesslich grenzt sich um jeden Kern ein Klümpchen Protoplasma ab. So entstehen zahlreiche kernhaltige, kleine Fortpflanzungskörper, Sporen. Dabei wird das gesamte intracapsuläre Protoplasma ohne Verlust verwendet und sogar noch ein guter Theil des extracapsulären Plasmas, das sich während der Sporenbildung in die Centralkapsel zurückgezogen hatte. Eine jede Spore bildet ein oder zwei bewegliche Geisselhaare aus. Im Verlaufe der Sporulation werden die Pseudopodien des Mutterthieres eingezogen, das extracapsuläre Protoplasma schrumpft, löst sich von der Centralkapsel los und stirbt ab. Inzwischen ist der Körper im Wasser gesunken. In einer gewissen, oft wohl sehr bedeutenden Tiefe angekommen, platzt die Kapselwand und die Sporen schwärmen als freibewegliche Schwärmsporen aus.

Seltener ist die Fortpflanzung durch Theilung. Sie wurde bei Polycyttarien und Phäodarien beobachtet. Bei den Polycyttarien führt die fortgesetzte Theilung der Centralkapsel bei wachsendem, sich aber nicht theilendem Calymma zur Bildung von Radiolariencolonien, die sich selbst wieder durch vollständige Theilung (die sich dann auch auf das Calymma erstreckt) vermehren können.

III. Paramaecium

ist ein weiteres Beispiel eines complicirten einzelligen Thieres, aus der Classe der Wimperinfusorien (Ciliata).

Körpergestalt. Typus: *Paramaecium caudatum* EHRBG. (Fig. 79). Das zarte, durchsichtige Thierchen, das 0,1—0,3 mm lang wird, ist länglich spindelförmig, doch in charakteristischer Weise asymmetrisch. Man kann an dem Körper ein Vorn und Hinten, eine Dorsal- und eine Ventralseite und eine rechte und linke Hälfte unterscheiden. Diese beiden letzteren sind einander nicht spiegelbildlich gleich, was die Asymmetrie, die Abweichung von der bilateral-symmetrischen Grundform bedingt. Das Vorderende ist abgerundet, doch etwas nach links abgeschrägt. Das Hinterende läuft ziemlich spitz abgerundet aus. Auf der Bauchfläche erstreckt sich von der vorn links gelegenen Abschrägung eine Einsenkung, das „Peristomfeld“ allmählich schmaler werdend nach hinten, bis zum „Zellenmund“ (2), der annähernd in der ventralen Medianlinie und etwas hinter der Mitte der Körperlänge liegt, und an den sich ein in das Innere des Zellenleibes hineinführendes, S-förmig gebogenes, nach hinten ziehendes Kanälchen, der „Zellenschlund“ (4) anschliesst. Der Zellenmund wird auch als Cystostoma, der Zellenschlund als Cytopharynx bezeichnet.

Ein „Zellenafter“ (Cytopyge) findet sich halbwegs zwischen Mund und Hinterende. Am Anfang des zweiten und vierten Körper Viertels liegt die Oeffnung je einer pulsirenden Vacuole.

P. aurelia (O. F. M.), unserm Typus *caudatum* sehr ähnlich, unterscheidet sich durch ein breites, abgerundetes, bisweilen fast abgestutztes Hinterende. *P. bursaria* (EHRBG.) ist bedeutend kürzer und breiter, dorsoventral etwas abgeflacht, mit fast parallelen Seitenrändern, vorn stark abgeschrägt, hinten breit gerundet. Nahe verwandt mit *P. bursaria* ist das etwas schlankere *P. putrinum* (CL. und L.) (Fig. 81).

Das Protoplasma von *Paramaecium* zeigt, wie bei allen Wimperinfusorien, eine Differenzirung in ein oberflächliches Ektoplasma und ein inneres Endoplasma.

ant.

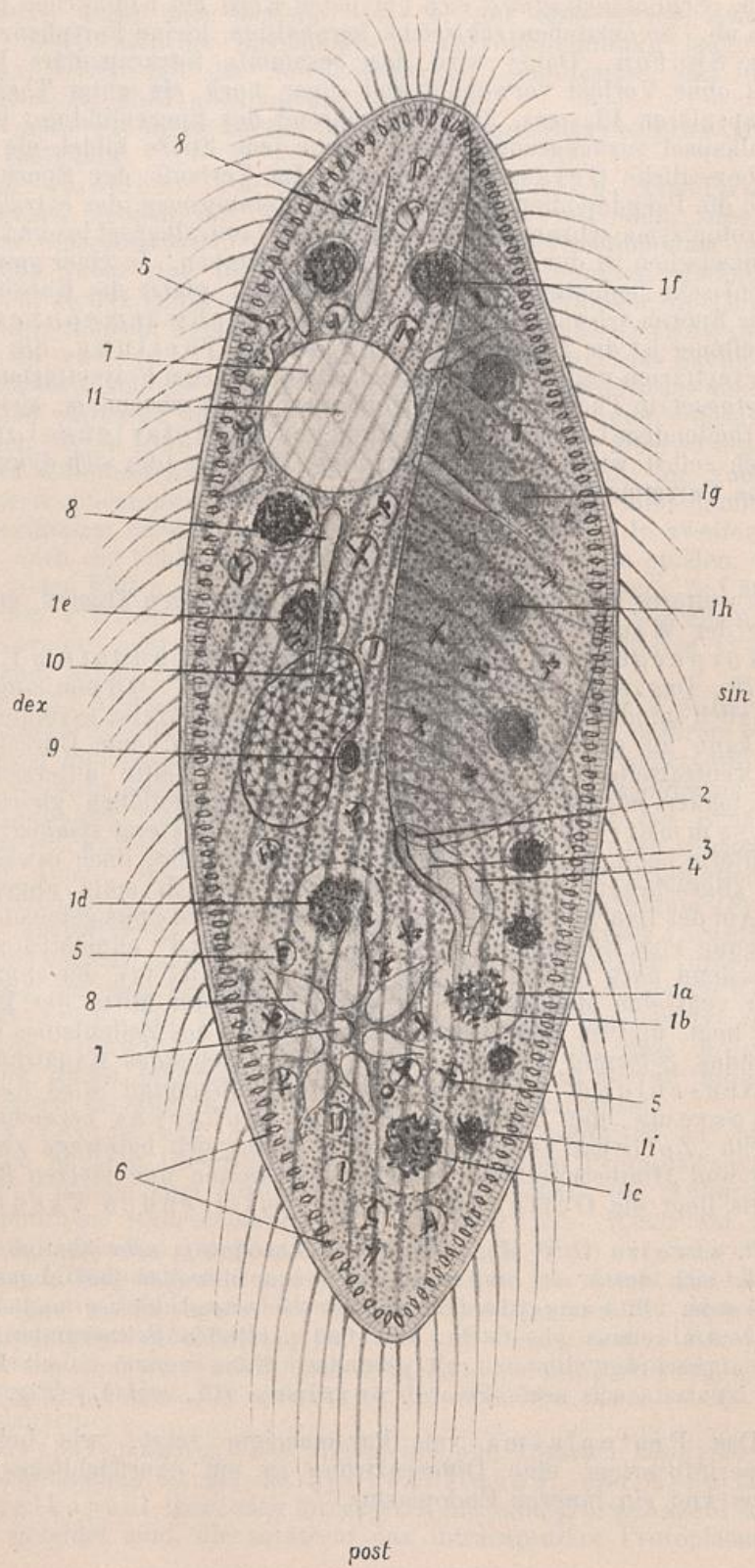


Fig. 79. **Paramecium caudatum** EHRBG. Combinirte Figur. Zu äusserst die cilientragende Pellicula, darunter die Alveolarschicht und darunter im Corticalplasma die Trichocystenschicht. Der Körper von der Bauchseite gesehen. *ant.* = vorn, *post* = hinten, *sin* = links, *dex* = rechts, 1 die aufgenommene Nahrung (Bakterien), 1a Wasservacuole, die sich eben aus dem durch den Cytopharynx hinein gestrudelten Wasser gebildet hat und welche ein Häufchen (1b) eben hinein gestrudelter Bakterien einschliesst. 1c, 1d, 1e, 1f Nahrungsvacuolen in Cyclose begriffen, 1g, 1h zu Kothvacuolen gewordene Nahrungsvacuolen über dem Peristom, 1i Excrementballen nahe dem After, 2 Cytostoma, 3 undulirende Membran im Cytopharynx, 4 Cytopharynx, 5 Excretkörner in Excretvacuolen, 6 Trichocysten, 7 pulsirende Vacuole, eine vorn, eine hinten, die vordere unmittelbar vor der Entleerung, 8 Bildungsvacuolen, 9 Mikronucleus, 10 Makronucleus, 11 Porus der pulsirenden Vacuole.

Das Ektoplasma lässt selbst wieder 3 Schichten unterscheiden: 1) die Pellicula, 2) die Alveolarschicht und 3) die Corticalschicht.

1) Die Pellicula ist ein den Körper allseitig überziehendes, zartes Protoplasmahäutchen. Bei Einwirkung gewisser Reagentien hebt es sich mitsammt der Alveolarschicht vom Körper ab. Durch

Fig. 80.

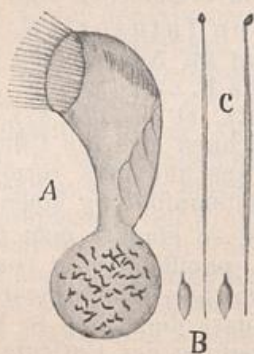


Fig. 80. **Paramecium aurelia**. O.F.M. A Cytostoma, Cytopharynx, undulirende Membran und Verdauungsvacuole, B unentladene Trichocysten $\frac{1280}{1}$, C explodirte Trichocysten $\frac{1280}{1}$. Nach MAUPAS, 1883.

Fig. 81.

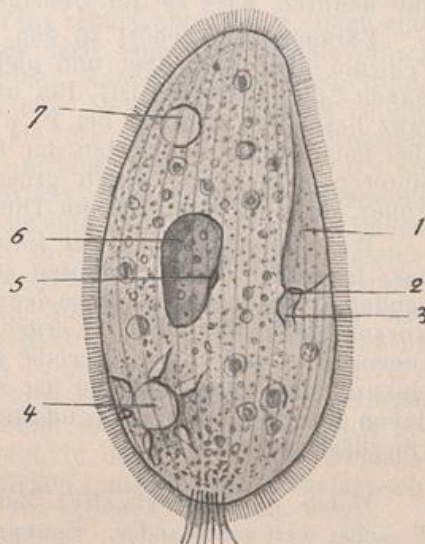


Fig. 81. **Paramecium putrinum** CL. et L. $\frac{400}{1}$. 1 Peristom, 2 Cytostoma, 3 Cytopharynx, 4 hintere pulsirende Vacuole, von einer Rosette von Bildungsvacuolen umgeben, 5 Mikronucleus, 6 Makronucleus, 7 vordere pulsirende Vacuole, nach ROUX, 1899.

Druck lässt sich das Endoplasma aus der berstenden Pellicula herausquetschen. Dem Vorhandensein einer solchen Pellicula verdankt Paramecium, wie alle Infusorien seine bestimmte Gestalt, zu der der Körper nach etwa erfolgten Contractionen immer wieder zurückkehrt.

Die Oberfläche der Pellicula zeigt eine eigenthümliche Streifung, die der Ausdruck einer bestimmten Sculptur ist. Die Hauptstreifen ziehen einander parallel in der Längsrichtung, auf der Bauchseite, abgesehen vom Peristomfeld, von links vorn nach rechts hinten. Ein etwas schwächeres System besteht aus die Hauptstreifen annähernd rechtwinkelig kreuzenden Nebestreifen, die von rechts vorn nach links hinten verlaufen. Dieses doppelte Streifensystem kommt dadurch zu Stande, dass die Oberfläche in regelmässig aneinander gereihte, länglich-sechseckige Feldchen eingetheilt ist, die papillenförmig vorspringen.

Auf dem Peristomfelde nehmen die Streifen einen modificirten Verlauf. Die Längsstreifen, die von hinten kommen, verlaufen auf dem Peristomfelde im Bogen nach rechts, am rechten Peristomrand angekommen biegen sie im Winkel in die Längsstreifen der rechten Hälfte der Bauchseite um, die nach rechts hinten verlaufen. Das schwächere Streifensystem ist auf dem Peristomfeld transversal gerichtet.

Auf der Dorsalseite ziehen die Längsstreifen vom vorderen zum hinteren Körperende in der Richtung von vorn rechts nach hinten links. Die Längsstreifen verlaufen also im Allgemeinen am spindelförmigen Körper in rechtsgewundenen, gestreckten Schraubenlinien.

Die für die Klasse der Wimperinfusorien (Ciliata) charakteristischen locomotorischen und nutritiven Organellen sind die Wimperhaare oder Cilien. Es sind dies kurze, überaus dünne Protoplasmahärcchen, nach aussen vorragende Fortsätze der Pellicula, die entweder continuirlich, oder nur zeitweise, schwingende Bewegungen ausführen. Sie unterscheiden sich von den Pseudopodien durch ihre Kürze, ihre rasche schwingende Bewegung in einer Ebene und dadurch, dass sie im Uebrigen nicht formveränderlich sind.

Paramaecium gehört zu den holotrichen Infusorien, deren Pellicula über und über und gleichmässig mit im Allgemeinen gleich langen Cilien bekleidet ist. Bei unserem Typus *P. caudatum*, ferner ganz besonders deutlich bei *P. putrinum* CL. et L. (Fig. 81), nicht aber bei den anderen Arten der Gattung, zeichnen sich die Cilien am hinteren Körperende durch grössere Länge aus und man vermuthete früher, dass sie specieller im Dienste der Tastempfindung stehen.

Was die Anordnung der Cilien anbetrifft, so glaubte man früher, dass jedes der oben erwähnten sechseckigen, papillenförmig vorspringenden Feldchen auf der Höhe der Papille ein einziges Wimperhaar trage, woraus sich von selbst zu ergeben schien, dass die Cilien in Reihen angeordnet sind, deren Verlauf mit der Streifung der Cuticula übereinstimmt. Neuerdings aber hat sich BÜTSCHLI (in JOUKOWSKY, 1898) davon überzeugt (bei *P. caudatum*), dass die Cilien in Grübchen der Oberfläche sitzen.

Ueber die approximative Zahl der Cilien gehen die Ansichten der Forscher weit auseinander. EHRENBURG schätzte die Zahl bei *Par. aurelia* auf 2640, SCHUMANN auf 10 000—14 000, MAUPAS bei ca. 0,04 mm grossen Exemplaren ($\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{5}$ der Maximalgrösse) auf 350. BÜTSCHLI hält diese letztere Zahl für viel zu niedrig und glaubt, dass wohl EHRENBURG's Schätzung ziemlich zuverlässig sei.

Fangen die Cilien an nach hinten zu schlagen oder zu schwingen, so beginnt die Locomotion. Es ist ein leichtes und rasches gleichmässiges Durchgleiten des Wassers. Die Schwimmbahn ist geradlinig oder, genauer, eine langgestreckte Schraubenlinie. Nicht selten schwimmen die Thierchen rückwärts, wobei ihr Körper etwas verkürzt erscheint. An der Nahrung halten sie sich auf, die Cilien werden vorübergehend regungslos, während der Körper sich verkürzen, verlängern, umdrehen kann. Bei der frei schwimmenden Locomotion dreht sich der Körper um seine Längsaxe, was mit dem Verlauf der Cilienlängsreihen in Schraubenlinien zusammenhängt.

Nach JENSEN beträgt die absolute Kraft des Wimperapparates von Paramecium 0,00158 mg, was dem 9-fachen Körpergewicht gleichkommen soll. Der Quadratcentimeter flimmernder Fläche habe eine Kraft von 21 mg.

Das specifische Gewicht von Paramecium hat JENSEN (1893) zu 1,25 bestimmt.

2) Die Alveolarschicht. Unter der Pellicula liegt eine dünne Schicht, die auf dem optischen Durchschnitt sehr fein und senkrecht zur Oberfläche gestrichelt erscheint. Die Schicht hat eine äusserst feine Wabenstructur und die eben genannten Striche oder Streifen entsprechen den Scheidewänden zwischen den mit Flüssigkeit erfüllten Alveolen oder Wabenzellen. Entsprechend dieser Structur erscheint die Schicht bei Oberflächenbetrachtung äusserst fein polygonal gefeldert. Besondere Differenzirungen der Alveolarschicht sind in der Längsrichtung den Körper umziehende contractile Fibrillen, die „Myoneme“, welche die bei Paramecium nicht sehr ausgiebigen Contractionen des Körpers bewirken.

3) Unter der Alveolarschicht, von ihr scharf abgegrenzt, liegt eine dünne Schicht hyalinen Plasmas, das sich vom Endoplasma durch etwas grössere Festigkeit unterscheidet. Nahrungskörperchen treten niemals in dieses Corticalplasma ein. Das Corticalplasma ist der Sitz eigenthümlicher Gebilde, die als Trichocysten bezeichnet werden. Es sind spindelförmige, hyaline, farblose Stäbchen (Fig. 80 B u. C), bestehend aus einer plasmaartigen Substanz, doch stärker lichtbrechend als Protoplasma. Bei *P. aurelia* haben sie eine Länge von 4μ . Sie liegen, senkrecht auf die Oberfläche gestellt, in einer einschichtigen, gleichmässig über den ganzen Körper ausgebreiteten Lage (Fig. 79, 6) in grosser Zahl im Corticalplasma und zeigen die auffallende Erscheinung, dass sie bei Einwirkung stärkerer äusserer Reize auf das Thier plötzlich zu Fäden ausschnellen, die bei *P. aurelia* eine Länge von 33μ erreichen. Dabei werden sie zum grossen Theil aus dem Körper heraus geschleudert. Auf Grund einzelner, bei anderen Infusorien gemachter, Beobachtungen ist man geneigt, in den Trichocysten Angriffs- und Vertheidigungsorganellen zu erblicken, analog den Nesselkapseln der Zoophyten.

Nach Beobachtungen von MAX VERWORN repräsentiren die ausschnellenden, von den Trichocysten herrührenden Fäden einen durch die Contraction der äussersten Körperschicht ausgespressten Flüssigkeitsstrahl, welcher bei der Berührung mit Wasser sofort erstarrt.

Gewisse Varietäten von *P. putrinum* entbehren der Trichocysten.

Der Corticalschicht gehören auch die contractilen oder pulsirenden Vacuolen an, die bei allen Infusorien vorkommen. Paramecium besitzt 2 unmittelbar unter der Trichocystenschicht liegende pulsirende Vacuolen, die eine in der Mitte der vorderen, die andere in der Mitte der hinteren Körperhälfte (Fig. 79 7, 8, 11). Jede Vacuole ist umstellt von einem Kranze von 8–10 zuführenden Canälen. Ebenso wenig wie die Vacuole selbst, haben diese Canäle eine eigene Wand, es sind vielmehr blosse Flüssigkeitstropfen im Corticalplasma. Die zuführenden Canäle nehmen einen geradlinigen Verlauf und erstrecken sich strahlenförmig durch die ganze zugehörige Körperhälfte. Vom Centrum

gegen die Peripherie des Strahlensystems werden sie immer enger und feiner.

Gegen Ende der Diastole der contractilen Blase, d. h. wenn der sie bildende Flüssigkeitstropfen gross wird, sind auch die zuführenden Canäle immer deutlich zu erkennen. Sie stehen aber mit ihr nicht in Communication. Immer mehr fliesst die Flüssigkeit in den zuführenden Canälen eines Systems centralwärts, so dass die centralen Enden der Canäle zu sogenannten Bildungsvacuolen anschwellen, während der übrige entleerte Theil nicht mehr zu erkennen ist. Die angeschwollene pulsirende Vacuole ist jetzt von 8–10 Bildungsvacuolen dicht umlagert. Nun erfolgt plötzlich die Systole, d. h. die Entleerung der pulsirenden Vacuole durch den das Ektoplasma durchsetzenden Excretionsporus. Jetzt treten sofort die Bildungsvacuolen an die Stelle der verschwundenen Hauptvacuole, durch Zusammenfliessen eine neue bildend, während in ihrem Umkreise, ganz genau an der Stelle der alten, wieder neue zuführende Canäle auftreten. Die Ursache der Entleerung der contractilen Vacuole erklickt man in einer Contraction des den Flüssigkeitstropfen umgebenden Protoplasmas.

Die pulsirenden Vacuolen stehen wohl in erster Linie im Dienste der Wasserentleerung und damit der Athmung. Ihre Flüssigkeit ist Wasser, zum grössten Theil jenes Wassers, das dem Endoplasma continuirlich durch den Schlund zugeführt wird. Mit dem Wasser wird wahrscheinlich auch zugleich die meiste im Körper gebildete Kohlensäure entfernt. Vielleicht enthält es auch gelöste Excrete, doch ist die excretorische Function, die früher ziemlich allgemein angenommen wurde, keineswegs wirklich bewiesen.

Man hat berechnet, dass die contractile Vacuole von *Paramaecium aurelia* ein dem Körpervolumen gleichkommendes Volumen Wasser bei 27° C. in ca. 46 Minuten Zeit entleert.

Die Entleerung der contractilen Vacuole vollzieht sich bei einer Temperatur von 16° C. in Intervallen von ca. 25 Secunden.

Das körnige Endoplasma bietet einfachere Verhältnisse als das Ektoplasma. Es enthält die Kerne, Nahrungsvacuolen und Excretkörnchen.

Die Kerne. *Paramaecium* hat, wie übrigens alle Infusorien, zwei verschiedene Arten von Kernen, einen Grosskern oder Makronucleus und einen Kleinkern oder Mikronucleus. Der Grosskern (Fig. 79, 10) ist kugelig bis ellipsoidisch, hat eine Kernmembran und ist gleichmässig von Kernsubstanz erfüllt, die nur bei sehr starker Vergrösserung eine Wabenstruktur erkennen lässt.

Der winzig kleine Mikronucleus (Fig. 79, 9) liegt dem Makronucleus dicht an, in einer kleinen, grubenförmigen Vertiefung seiner Membran. Er ist annähernd spindelförmig und besitzt ebenfalls eine Membran. Im Mikronucleus von *P. caudatum* kann man einen lichten, achromatischen und einen dunkeln, mit Carmin sich stark färbenden, chromatischen Abschnitt unterscheiden. Wenn sich die Kernmembran vom Inhalt abhebt, so kann man bemerken, dass der achromatische Theil am zunächst gelegenen Pole der Kernmembran befestigt ist. Der chromatische Theil ist deutlich, der achromatische weniger deutlich längsgestreift.

Paramecium aurelia hat 2 Mikronuclei.

Die Nahrung, ihre Aufnahme, ihre Circulation, ihre Verdauung und die Defäcation mögen jetzt beschrieben werden. Die gewöhnliche Nahrung von *Paramecium* besteht aus Bakterien. Nur kleinste Nahrungspartikelchen können aufgenommen werden. *P. caudatum*, *P. aurelia*, *P. putrinum* finden sich vornehmlich und dann meist in ungeheurer Zahl an der Oberfläche im Wasser liegender faulender Thierleichen. Die feinen Nahrungspartikelchen werden durch die Cilienbewegung des Peristomfeldes dem Munde zugeführt und in den Schlund hineingetrieben (Fig. 82). Von der dorsalen Wand des Schlundes ragt in seinen Hohlraum vor ein überaus zartes, protoplasmatisches Häutchen, welches undulirende Bewegungen ausführt, es ist die undulirende Membran (Fig. 79 3, Fig. 80 A). Durch ihre Bewegung, welche niemals eine Unterbrechung erleidet so lange das Thier lebt und sich nicht etwa in Theilung oder Conjugation befindet, wird das Nahrungspartikelchen in den Grund des das Ektoplasma durchsetzenden Zellschlundes befördert, wo es in das Endoplasma eintritt. Sobald dies geschieht, ist es auch schon mit einem Tröpfchen mitgespülten Wassers umgeben und so ist eine Nahrungsvacuole gebildet (Fig. 79, 1a, Fig. 80 A). Die Nahrungsvacuole löst sich in Zeit von ca. 2 Minuten vom Schlunde los und wird von der für die Infusorien so charakteristischen Strömung des Endoplasmas ergriffen.

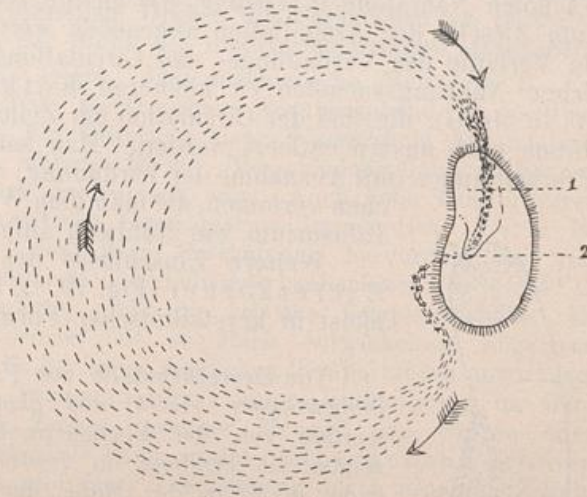


Fig. 82. *Paramecium bursaria* EHRB. ^{165/1}. 1 Peristom, 2 Stelle des Cytostoma. Die Figur soll zeigen, wie weit sich der durch die Cilienbewegung des Peristoms erzeugte Nahrungsstrudel (tourbillon alimentaire) in Wasser erstreckt. Die Pfeile geben die Richtung an. Alle Nahrungspartikelchen (Zoosporen, Flagellaten, Schizomyceten etc.) welche in den Bereich der gestrichelten Zone gerathen, werden in der Pfeilrichtung mitgerissen und zum Munde geführt. Diejenigen, welche nicht in den Mund eindringen, werden nach hinten getrieben und von der ununterbrochen kreisenden Strömung von Neuem erfasst. Die Strömung ist um so reissender, je mehr sie sich dem Munde nähert. Nach MAUPAS, 1888.

In der That ist das gesammte Endoplasma innerhalb des ruhenden Ektoplasmas beständig in langsamer, aber regelmässiger Strömung oder Circulation (auch wohl Cyclose genannt) begriffen, welche alle Einschlüsse mitführt, bis zu einem gewissen geringeren Grade sogar auch die Kerne, die also keinen ganz scharf bestimmten Platz im Zellenleib einnehmen. Die Schnelligkeit der Strömung nimmt von der Peripherie nach dem Centrum fortschreitend ab. Der Strom läuft bei *Paramecium*, wenn man den Körper von der Dorsalseite betrachtet, in entgegengesetzter Richtung des Urzeigers.

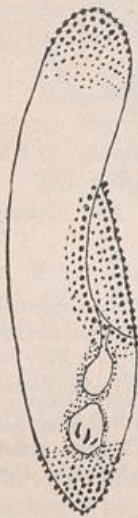
Besonders energisch ist die Circulation bei *P. bursaria*, wo die Umlaufszeit 1—2 Minuten beträgt.

In die von der Strömung mitgerissenen Nahrungsvacuolen werden jedenfalls von Seiten des Endoplasmas verdauende Secrete oder Fermente abgeschieden.

Wenn man zu dem Wasser, in welchem sich lebende Paramäcien befinden, eine ganz schwache Lösung von Neutralroth zusetzt, die den Thieren nichts schadet, so tritt nach kurzer Zeit (PROVAZEK 1898) am äusseren Rande der sich eben bildenden Nahrungsvacuole eine schwach röthlich gefärbte Zone auf, die aus sehr feinen, schwach lichtbrechenden Körnchen besteht. Daneben treten grössere fettähnliche, lichtbrechende, runde, dunkle Körnchen hervor, die sich mit Neutralroth ziemlich stark färben. Vielleicht handelt es sich hier um Träger von Verdauungsfermenten, die an die Vacuole abgegeben werden. An der losgelösten Vacuole verschwinden sie nämlich bald.

Die Vacuolenflüssigkeit reagiert sauer und vermag Stärke in Dextrin umzuwandeln. Im Verlaufe der Circulation erhalten so die Vacuolen Nährstoffe in Lösung, die an die verschiedenen Körpertheile zum Zwecke der Assimilation abgegeben werden. Allmählich werden im Verlaufe des Verdauungs- und Circulationsprocesses die ursprünglichen Nahrungsvacuolen zu kleineren Kothvacuolen (vergl. Fig. 79, 1a bis 1z), die, bei der Circulation am Zellenafter angelangt, durch diesen nach aussen entleert werden. Man kann die ganze Flucht der Erscheinungen (mit Ausnahme der Verdauung) an feinen Karminpartikelchen verfolgen, die man dem Wasser beifügt und die vom Infusorium wie Nahrung aufgenommen werden.

Weitere Einschlüsse des Endoplasmas sind die Excretkörner (Fig. 79, 5), Stoffwechselproducte, die meist in krystallinischer Form auftreten.



Die Excretkrystalle von *P. caudatum* bestehen nach SCHEWIAKOFF (1894) aus phosphorsaurem Kalk. „Sie werden von der Plasmacirculation umhergeführt und zeigen die Tendenz im vorderen und hinteren Körperende, d. h. in der Nähe der beiden contractilen Vacuolen, sich anzusammeln.“ Dabei kommen sie dicht unter das Ektoplasma zu liegen, nehmen an Grösse allmählich ab, schmelzen gleichsam, wobei sie meist in kleinere Stücke zerbröckeln. Schliesslich schwinden sie. Da nie beobachtet werden konnte, dass sie per anum austreten, so vermuthet SCH., dass sie aufgelöst und im flüssigen Zustande durch die contractilen Vacuolen nach aussen entleert werden.

Fig. 83. *Paramaecium aurelia* O.F.M. im Umriss, mit hervortretenden Excretkörnern, die am lebenden Thier durch Neutralroth gefärbt worden waren. Nach PROVAZEK, 1897/1898.

PROVAZEK (1898) hat beobachtet, dass nach Färbung lebender Paramäcien mit Neutralroth nach einigen Stunden an den beiden Enden, sowie in 1 bis 3 Streifen um die Schlundregion dunkelroth gefärbte, hyaline Tröpfchen aus dem Körper hervortreten (Excretperlen?). (Fig. 83.)

Gelöstes Glycogen wurde von MAUPAS im Endoplasma von *Paramaecium aurelia* diffus vertheilt nachgewiesen.

Encystirung. Die Cystenbildung ist bei den Ciliaten schon längst bekannt und lässt sich bei gewissen Formen leicht beobachten. Obschon nun aber die Paramecium-Arten zu den häufigsten Infusorien gehören und von jeher ein Lieblingsobject der Untersuchung gewesen sind, so sind doch Paramecium-Cysten erst in der neuesten Zeit entdeckt worden. LINDNER (1899) beobachtete die Cysten von *P. putrinum* und PROVAZEK (1899) die runden, hellen Cysten von *P. bursaria*, deren Wand aus einer gelblichgrünen, deutlich contourirten Membran besteht. PROVAZEK hat auch das Auskriechen der Thiere aus der Cystenhülle beobachtet und beschrieben.

Reizbarkeit. 1) Wirkung der Schwerkraft. JENSEN (1892) hat nachgewiesen, dass sich die Paramäcien in einer offenen oder verschlossenen mit Wasser gefüllten Glasröhre immer am oberen Ende ansammeln, sie sind negativ geotaktisch. Dabei sind es die Druckdifferenzen, welche als Reize wirken. JENSEN hat solche Röhren mit Paramäcien radiär auf der Centrifugalscheibe befestigt und dabei constatirt, dass sich bei nicht zu schnellem Drehen die Paramäcien am centralen Ende der Röhre, also an der Stelle des niedrigsten Druckes, ansammeln.

SOSNOWSKI, J. (1899) zeigte, dass mechanische Reize, z. B. Erschütterungen, den negativen Geotropismus vorübergehend in positiven umwandeln können. (Bei Erschütterung einer Wassersäule Ansammlung der Paramäcien an ihrem unteren Ende.) Verschiedene Culturen können übrigens verschieden stark geotropisch sein. Auch hohe Temperaturen können vorübergehend positiven Geotropismus hervorrufen. Dabei ist das Temperaturminimum, das diese Erscheinung hervorruft, bei verschiedenen Culturen verschieden, das niedrigste beobachtete war $+ 24^{\circ} \text{C}$. Maassgebend ist die absolute, nicht die relative Temperaturhöhe. Es giebt aber nach S. Culturen mit so stark entwickeltem negativen Geotropismus, dass auch die höchsten möglichen Temperaturen unwirksam sind. Herabsetzung der Temperatur ruft keine Veränderung im Geotropismus hervor. Durch Zusatz geringer Mengen von Säuren oder Alkalien zu der Culturflüssigkeit kann man vorübergehend positiven Geotropismus hervorrufen und diese Erscheinung durch erneuten Zusatz wiederholt wieder erzeugen, wenn die Thiere vorher wieder negativ geotropisch geworden waren. Ebenso wirken Lösungen von Eiweiss, Casein, Gelatine, Zucker.

2) Lichtreize. Im Allgemeinen scheinen die Infusorien für Lichtreize wenig empfindlich zu sein.

Nach ENGELMANN (1882) sucht *Par. bursaria* (die Thiere sind fast immer mit Zoochlorellen erfüllt und davon grün gefärbt) bei Sauerstoffmangel das Licht auf (ist dann also positiv phototaktisch), bei Sauerstoffüberschuss entfernt es sich aber vom Lichte. Das bevorzugte Licht ist das rothe. Dieses Verhalten steht offenbar in Beziehung zur Sauerstoffausscheidung der grünen Zoochlorellen unter Einwirkung des Sonnenlichtes.

3) Röntgenstrahlen. Der Einfluss der Röntgenstrahlen auf Ciliaten wurde von SCHAUDINN (1899) untersucht. Untersuchungsobject war die heterotriche Infusorienform *Spirostomum ambiguum* EHRLG. Nach 4–5 Stunden zeigt sich eine Verlangsamung der Bewegung, nach 6 Stunden sinken die Thiere auf den Boden, die Wimperbewegung hört schliesslich auf, die Thiere sterben im ausgestreckten Zustande ab, ihr

langgestreckt perlschnurförmiger Kern zerfällt in die einzelnen Glieder. Auf andere Reize reagiert sonst S. durch starke Contraction.

4) Elektrische Reize. Leitet man (VERWORN 1889, 1897) durch eine *Paramaecium*-Cultur einen constanten Strom, „so stellen sich im Moment der Schliessung alle Paramäcien mit dem vorderen Körperpol nach der Kathode hin ein und schwimmen in dichter Schaar auf dieselbe los. In wenigen Secunden ist die Anode vollständig von ihnen verlassen und an der Kathode befindet sich ein dichtes Gewimmel, das bestehen bleibt, so lange der Strom geschlossen ist (Fig. 84). Wendet man jetzt den Strom in die entgegengesetzte Richtung, so rückt die ganze Schaar in einheitlichem Haufen wieder nach der gegenüberliegenden Seite hinüber und bildet, wie vorher, eine Ansammlung an der neuen Kathode.“ Das Experiment kann beliebig oft wiederholt werden. „Oeffnet man den Strom schliesslich, so zertrennt sich die Ansammlung von der Kathode her und die Paramäcien vertheilen sich wieder gleichmässig in der ganzen Flüssigkeit.“ Die Paramäcien (und mit ihnen die meisten übrigen Ciliaten)

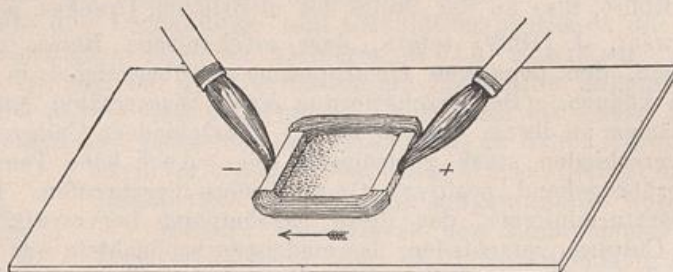


Fig. 84. **Galvanotaxis von *Paramaecium*.** Der Pfeil giebt die Schwimmrichtung der Paramäcien an, die sich bereits alle an der kathodischen Elektrodenleiste angesammelt haben. Nach VERWORN, Allgem. Physiol.

sind kathodisch galvanotaktisch. Dagegen sind die meisten Flagellaten anodisch galvanotaktisch. Man kann also in einem Gemisch von kathodisch galvanotaktischen Infusorien und anodisch galvanotaktischen Flagellaten die Infusorien von den Flagellaten sondern, wenn man durch die Culturflüssigkeit den galvanischen Strom leitet.

Die Einstellung der Paramäcien in der Richtung der Kathode geschieht nach LUDLOFF (1895) durch die Wimperthätigkeit. Unter der Einwirkung des Stromes werden die Wimpern an demjenigen Körpertheil, welcher der Anode zugekehrt ist, so erregt, dass sie stärker nach dem Hinterende schlagen; während die der Kathode zugekehrten Wimpern stärker nach vorn schlagen (Fig. 85 C, D).

Bei der Einwirkung starker Ströme zeigen sich noch andere Erregungserscheinungen (Fig. 85 A, B). Das der Anode zugekehrte Körperende zieht sich zipfelförmig aus, presst seine Trichocyten aus: Nach LOEB und BOUDGETT (1898) sind diese Erregungs- und theilweise Zerstörungsercheinungen secundär und entstehen in Folge der Elektrolyse der Culturflüssigkeit, wobei Stoffe (Laugen) abgesondert werden, welche in der angegebenen Weise auf den Körper der Infusorien einwirken. LOEB und BOUDGETT haben gezeigt, dass, wenn man zu einer Flüssigkeit, in welcher sich Paramäcien befinden, von einer Seite einen Tropfen 0,1-proc. NaHO-Lösung hinzufügt, genau dieselben Erscheinungen (Zipfel-

bildung, Auspressung der Trichocysten) am Hinterende der Paramäcien eintreten, wie beim Durchleiten eines galvanischen Stromes.

BIRUKOFF hat (1899) erneute Untersuchungen über Galvanotaxis an *P. caudatum* angestellt. Er untersuchte die Einwirkung unterbrochener Ströme und bediente sich dabei des DU BOIS-REYMOND'schen Inductions-

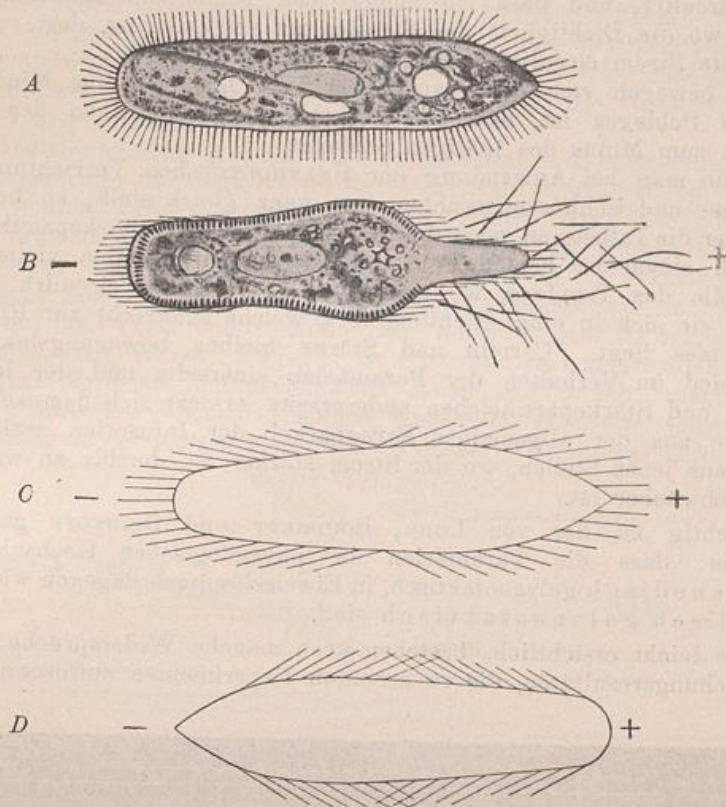


Fig. 85. *Paramecium aurelia* O. F. M. Elektrische Erregungserscheinungen. *A* ungeritztes Individuum, *B* Wirkung eines starken Stromes; das anodische Ende hat sich zipfelförmig zusammengeschnürt und seinen Trichocysteninhalte ausgestossen; *C* Schwinglage der Wimpern (es ist nur der Körperumriss gezeichnet): an der Anode sind die Wimpern stärker nach dem spitzen hinteren Körperpol gebogen, an der Kathode mehr nach dem stumpfen Vorderende; *D* dasselbe bei umgekehrter Körperlage. Nach LUDLOFF 1895 aus VERWORN, Allgem. Pysiologie.

apparates. Nach seinen Untersuchungen handelt es sich bei der Galvanotaxis 1) um die kataphorische Wirkung des Stromes, die sich in gleicher Weise an anderen, auch leblosen Körperchen (Carminpartikelchen, Stärkpartikelchen, Lycopodiumsamen) geltend macht, und 2) um eine allgemeine Erregung der Paramäcien (nach VERWORN und LUDLOFF wäre es eine polare Erregung). Die Hauptresultate fasst BIRUKOFF in folgenden Sätzen zusammen: Unter der Einwirkung von Inductionsströmen bewegen sich die Paramäcien immer in jenen Theilen des Tropfens fort, wo die Stärke des circulirenden Stromes die geringste ist, und lagern sich an der Oberfläche der Elektrode so, dass sie die Theile derselben frei lassen, wo die Dichtigkeit des Stromes am grössten ist.

Die Infusorien bewegen sich bei unterbrochenem Inductionsstrome zu jenem Pole fort, wo das Minus des stärkeren Schlages ist, und bei Ausschluss der Schläge einer Richtung zum Minus des thätigen Schlages.

Bei einer Vergleichsuntersuchung constatirt BIRUKOFF, dass Carmin, Stärke und Lycopodiumsamen unter dem Einflusse eines Inductionsstromes sich in jenen Theilen des Tropfens fortbewegen, wo der stärkste Strom circulirt, und dass sie immer jene Theile der Elektrode einnehmen, wo die Dichtigkeit des Stromes am stärksten ist, dort, wo der schwächste Strom circulirt, unbeweglich bleibend.

Sie bewegen sich dabei zu jenem Pole hin, wo das Minus des stärkeren Schlages ist, und bei Ausschluss von Schlägen der einen Richtung zum Minus des thätigen Schlages.

Wenn man bei Anwendung der HELMHOLTZ'schen Vorrichtung den Oeffnungs- und Schliessungsschlag fast ganz gleich stellt, so bewegen sich weder die Infusorien, noch die Carminpartikelchen, Stärkepartikelchen etc. nach einem der beiden Pole zu. Die Infusorien eilen vielmehr in jene Theile des Tropfens, wo ein schwächerer Strom circulirt. Dabei bewegen sie sich in einer Richtung fort, welche senkrecht zur Richtung des Stromes liegt. Carmin und Stärke bleiben bewegungslos. Der Unterschied im Verhalten der Paramäcien einerseits und der leblosen Carmin- und Stärkepartikelchen andererseits erklärt sich demnach nach BIRUKOFF aus der allgemeinen Erregbarkeit der Infusorien, welche sie zwingt, aus jenen Stellen, wo der Strom stärker ist, dorthin zu wandern, wo er schwächer ist.

Wichtig ist der von LOEB, BOUDGETT und BIRUKOFF geleistete Nachweis, dass die Paramäcien in physiologischer Kochsalzlösung (0,6-%) anodisch galvanotaktisch, in Eiweisslösungen dagegen wiederum kathodisch galvanotaktisch sind.

Wie leicht ersichtlich, bestehen noch manche Widersprüche in den Untersuchungsergebnissen, die zu erneuten Experimenten auffordern.

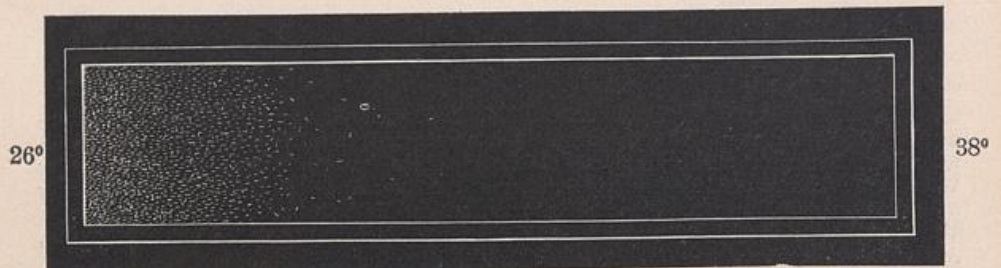


Fig. 86. **Thermotaxis von Paramaecium.** In einer schwarzen Ebonitwanne von 10 cm Länge befinden sich zahlreiche Paramäcien, die sich bei einseitiger Erwärmung der Wanne auf über 24—28° alle nach der kühleren Seite hin bewegen. Nach MENDELSSOHN 1895, aus VERWORN, Allgem. Physiologie.

5) Thermische Reize. Ihre Wirkung wurde von MENDELSSOHN (1895) bei *Paramaecium aurelia* untersucht. Es zeigte sich, dass die Thiere für thermische Reize sehr empfindlich sind, aber nur für Intensitäts-Differenzen. Wenn im Wasser eine gleichmässige, constante Temperatur herrscht, so zeigen die Paramäcien keine bestimmte Reaction. Es genügt aber eine ganz minimale locale Erhöhung oder Herabsetzung der Temperatur, um die Paramäcien positiv oder

negativ thermotaktisch zu machen. M. hat festgestellt, dass die Paramäcien selbst dann noch thermotaktisch reagiren, wenn der Unterschied zwischen den Temperaturen des Mediums an beiden Enden ihres Körpers nur $0,01^{\circ}\text{C}$ beträgt. Bei Temperaturen von über $24\text{--}28^{\circ}\text{C}$ sind die Paramäcien negativ thermotaktisch, sie verlassen dieses Medium und sammeln sich in kühleren an; bei Temperaturen unterhalb $24\text{--}28^{\circ}$ sind sie positiv thermotaktisch, sie verlassen die kühleren Stellen. Die Temperatur von $24\text{--}28^{\circ}$ stellt also für *P. aurelia* das Wärmeoptimum dar.

Im Uebrigen gilt auch für *Paramecium* das Gesetz, dass innerhalb gewisser Grenzen zunehmende Temperatur auf alle Lebensvorgänge erregend und belebend einwirkt.

6) Mechanische Reize. Oben wurde erwähnt, dass Erschütterungen bei *Paramecium* die negative Geotaxis in positive umwandeln können.

Es wurde ferner (JENNINGS 1897) constatirt, dass mechanisch gereizte Paramäcien (*P. caudatum*) durch Stillstehen, Sichumdrehen auf den Rücken und Rückwärtsschwimmen reagiren. *Paramecium* ist aber gegen solche Reize nach den neuesten Untersuchungen JENNINGS' (1900) nur am Vorderende empfindlich, nur hier gereizt, reagirt es in der angegebenen Weise. Dagegen ist *Spirostomum* an allen Stellen der Körperoberfläche für mechanische Reize empfindlich, reagirt aber immer in derselben Weise (Stillstehen, Umdrehen, Rückwärtsschwimmen), gleichgültig, ob der Körper vorn, hinten, dorsal oder ventral gereizt wird.

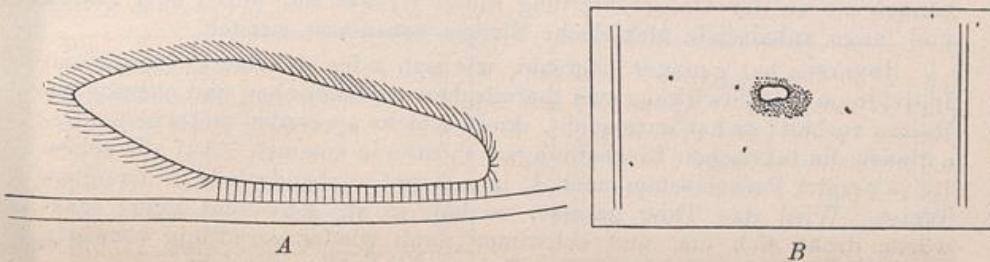


Fig. 87. **Thigmotaxis von Paramecium.** A Ein Individuum in Berührung mit einer Fliesspapierfaser. Die Wimpern, welche die Faser direct berühren, stehen vollkommen still. B Ansammlung von Paramäcien um ein Fliesspapierstückchen unter dem Deckglas. Nach JENNINGS, 1897, aus VERWORN, Allgem. Physiologie.

7) Contactreize. Die Reaction auf den Reiz, welcher durch Berührung eines festen Körpers erfolgt, wird als Thigmotaxis bezeichnet. JENNINGS hat 1897 gezeigt, dass *Paramecium* in ganz charakteristischer Weise thigmotaktisch reagirt. Kommt P. mit irgend einem beliebigen festen Körper in Contact, so legt es sich ihm an; diejenigen Cilien, die mit ihm in Berührung kommen, stehen still und bleiben unbeweglich senkrecht vorgestreckt (Fig. 87), während sich auf dem Peristom die Wimperbewegung energisch fortsetzt und einen mundwärts gerichteten Strudel erzeugt. Die Bewegung der übrigen locomotorischen Wimpern hingegen erlahmt fast vollständig. Wird der feste Gegenstand beseitigt, so treten alle locomotorischen Cilien wieder in Thätigkeit, und das *Paramecium* schwimmt geradlinig davon.

Wenn durch eine Cultur thigmotaktisch ruhender Paramäcien ein constanter elektrischer Strom geleitet wird, so schwimmen die Paramäcien nicht, wie sonst, zu der Kathode, sondern verharren auf dem

festen Gegenstand, obschon ihre Cilien in regelmässigen kurzen Zwischenräumen die früher beschriebene Reaction auf elektrische Reize aufweisen, die ebenso oft durch die thigmotaktische Reaction unterbrochen wird, welche die Oberhand behält.

8) Chemische Reize. Die Erscheinungen der Chemotaxis bei *Paramecium* sind von JENNINGS 1897 sehr genau untersucht worden. *P.* ist exquisit positiv chemotaktisch gegenüber im Wasser gelöster Kohlensäure. Ueberhaupt ist *P.* positiv chemotaktisch gegenüber allen schwachen Säuren und sauer reagirenden Lösungen. Wird aber ein gewisser Concentrationsgrad überschritten (auch bei der Kohlensäurelösung), so reagiren die Infusorien negativ chemotaktisch. *P.* ist negativ chemotaktisch gegenüber der eigenen Culturflüssigkeit, welche pflanzliche Zerfallsproducte enthält und alkalisch reagirt, es ist überhaupt gegen alle alkalisch reagirenden und gegen viele neutrale Lösungen negativ chemotaktisch. Gegenüber destillirtem Wasser ist *P.* positiv chemotaktisch.

Indifferent ist *Paramecium* z. B. gegenüber Zucker- und Glycerinlösungen.

Durch die Einwirkung der Lösungen, gegenüber welchen sich die *P.* positiv chemotaktisch verhalten, wird die Reaction auf den elektrischen Strom abgeändert. Die Infusorien schwimmen wohl so lange in der Richtung der Kathode, als sie sich im Bereiche der betreffenden Lösung befinden; sobald sie aber an der Grenze dieses Bezirkes angelangt sind, können sie zu der Ueberschreitung dieser Grenze nur durch sehr starke und lange anhaltende elektrische Ströme veranlasst werden.

JENNINGS hat genauer erforscht, wie sich jedes einzelne *Paramecium*-Individuum bei Einwirkung von thermischen, mechanischen und chemischen Reizen verhält; er hat untersucht, durch welche speciellen motorischen Reactionen die taktischen Erscheinungen zu Stande kommen. Auf alle solche Reize reagirt *Paramecium* nach J. immer und unabänderlich in derselben Weise. Wird das Thier gereizt, so hält es an, schwimmt sofort rückwärts, dreht sich um, und schwimmt dann wieder geradlinig vorwärts, und zwar so lange bis ein neuer Reiz auf dasselbe einwirkt.

Dabei bildet die Linie oder Bahn, in der das Thier wieder vorwärts schwimmt, mit derjenigen, in der es eben auf den erfolgten Reiz hin rückwärts schwamm, einen spitzen Winkel (Fig. 89). Die allgemeine Wirkung dieser Reflexbewegung ist die, den Organismus aus der Einflussphäre des Agens zu entfernen und ihn vor dem Wiedereintritt in dieselbe zu bewahren. Dass aber durch diese blinde Reflexbewegung das Thier auch geschädigt werden kann, geht aus folgendem Versuch hervor. In einer *Paramecium*cultur (etwa unter einem Objectträger) ruhen Paramäcien, thigmotaktisch mit dem Vorderkörper einem festen Körper anliegend. Dem Wasser wird nun hinter dieser Gruppe von *Paramecien* ein Tröpfchen einer, negative Taxis hervorrufenden, Lösung zugefügt. Sobald nun das diffundirende Agens die Gruppe von Paramäcien erreicht, zeigen sie die charakteristische Bewegungsreaction, sie schwimmen rückwärts und gerathen dabei in den dichteren Theil der verwendeten Lösung, wo sie der Tod ereilt.

Das Sichansammeln von Thieren in Medien, denen gegenüber sie sich positiv taktisch verhalten, lässt sich an folgendem speciellen Fall erklären (Fig. 88). Die Paramäcien sind gegenüber einer schwachen Lösung von Kohlensäure positiv, gegenüber einer concentrirten negativ chemotaktisch.

Fügt man einer Deckglascultur von gleichmässig zerstreuten Paramäcien mit einer fein ausgezogenen Pipette ein Bläschen Kohlensäure hinzu und lässt man diese Blase im Wasser sich diffundiren, so entsteht ein Hof im Wasser, an dessen Peripherie eine schwache, in dessen Centrum eine starke Lösung von Kohlensäure vorhanden ist. Alle Paramäcien, die

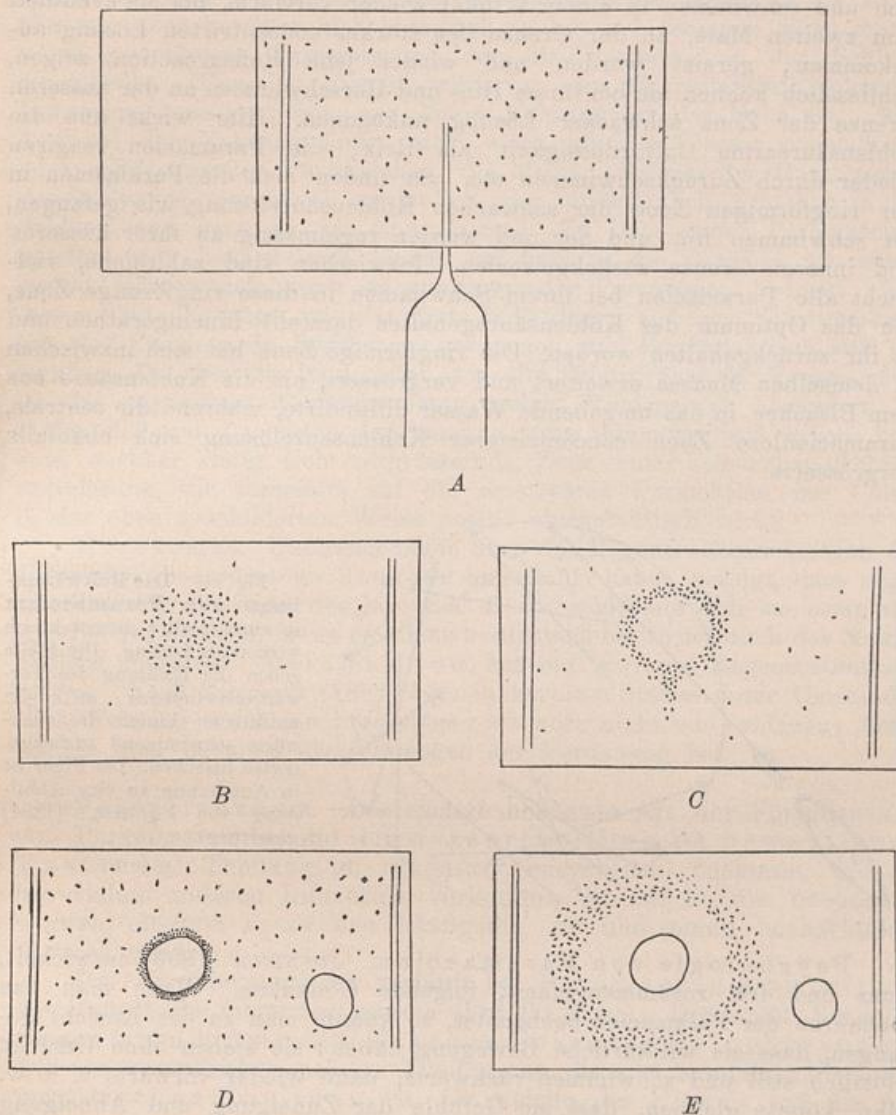


Fig. 88. **Chemotaxis von Paramecium aurelia.** *A* Chemotaktisches Deckglaspräparat: mit einer Capillarpipette ist ein Flüssigkeitstropfen unter das Deckglas geführt worden, der negativ chemotaktisch wirkt. *B* Positiv chemotaktische Ansammlung, *C* Desgleichen bei zu hoher Concentration der betreffenden Lösung: die Paramäcien haben sich ringförmig im Optimum der Concentration angesammelt. *D* Eine Kohlensäure- und eine Luftblase sind unter dem Deckglas: die erstere (links) wirkt positiv chemotaktisch; die letztere ist indifferent. *E* Dasselbe Präparat einige Minuten später: die Kohlensäure ist in das umgebende Wasser diffundirt und hat durch ihre zu hohe Concentration die Paramäcien vertrieben bis dahin, wo sie ihr Kohlensäureoptimum finden. Nach JENNINGS 1897, aus VERWORN, Allgem. Physiologie.

beim Herumschwimmen zufällig an die Grenze des Hofes gelangen, überschreiten diese und treten, ungereizt, in den ringförmigen Bezirk der schwachen (positiv chemotaktisch wirkenden) Kohlensäurelösung ein, in der sie vorwärts schwimmen, bis sie an eine Stelle kommen, wo die Lösung so concentrirt geworden ist, dass sie negativ chemotaktisch wirkt. In diesem Augenblick werden sie gereizt, schwimmen rückwärts, drehen sich und schwimmen in einem Winkel wieder vorwärts, bis sie eventuell zum zweiten Male, an der Grenze der stärker concentrirten Lösung angekommen, gereizt werden und wieder jene Reflexreaction zeigen. Schliesslich können sie bei ihrem Hin- und Herschwimmen an der äusseren Grenze der Zone schwacher Lösung ankommen. Hier wirkt nun die kohlensäurearme Culturflüssigkeit als Reiz, die Paramäcien reagieren wieder durch Zurückschwimmen etc. So finden sich die Paramäcien in der ringförmigen Zone der schwachen Kohlensäurelösung wie gefangen, sie schwimmen hin und her und werden regelmässig an ihrer äusseren und inneren Grenze zurückgeworfen. Inzwischen sind zahlreiche, vielleicht alle Paramäcien bei ihrem Schwimmen in diese ringförmige Zone, die das Optimum des Kohlensäuregehaltes darstellt, hineingerathen und in ihr zurückgehalten worden. Die ringförmige Zone hat sich inzwischen in demselben Maasse erweitert und vergrössert, als die Kohlensäure aus dem Bläschen in das umgebende Wasser diffundirte, während die centrale, paramäcienlose Zone concentrirterer Kohlensäurelösung sich ebenfalls vergrösserte.

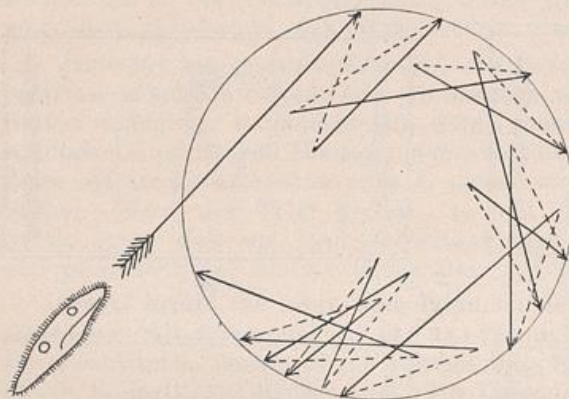


Fig. 89. **Die Schwimm-
bahn von Paramaecium**
in einer positiv chemotaktisch
wirkenden Lösung. Die Pfeile
geben die Richtung des Vor-
wärtsschwimmens an, die
punktirten Linien die rück-
wärts schwimmend zurückge-
legten Strecken. Die Figur ist
in Anlehnung an eine Abbil-
dung von FAGGIOLI (1894)
gezeichnet.

Psychologie von Paramaecium. JENNINGS (1899) entwickelt, kurz und frei zusammengefasst, folgende Gedanken. Wenn man das Gebahren der Paramäcien beobachtet, so könnte man zu der Ansicht gelangen, dass sie willkürliche Bewegung haben: sie stehen ohne Ursache plötzlich still und schwimmen rückwärts, dann wieder vorwärts u. s. w. Man könnte glauben, dass sie Gefühle der Zuneigung und Abneigung empfinden, dass sie eine Vorliebe für eine bestimmte Temperatur, für saure Lösungen, ganz besonders aber für eine bestimmte Nahrung haben. Auf relativ grosse Distanzen wissen sie Bacterienhaufen zu entdecken, an denen sie sich bald in grossen Mengen ansammeln und die sie begierig fressen. Das Auffinden der Nahrung auf grössere Distanzen scheint eine gewisse Schärfe ihrer Sinne vorauszusetzen. Sie scheinen sociale Instincte zu haben, denn in einer anfänglich zerstreuten Cultur bilden sich bald Gruppen und grössere Ansammlungen.

In Wirklichkeit ist alles auf wenige automatische Reactionen, die oft für sehr verschiedene Reize identisch sind, zurückzuführen:

Ein Paramecium, welches ungestört, geradlinig dahinschwimmt, stösst auf eine Zoogloea und steht thigmotaktisch still. (Dasselbe würde geschehen, wenn es mit irgend einem anderen festen Gegenstand, einem Stückchen Papier, Baumwolle, Schwamm etc., in Berührung käme.) Die Cilien auf dem Peristomfeld und die undulirende Membran im Cytopharynx aber bewegen sich energisch weiter und erzeugen einen mundwärts gerichteten Wasserstrudel, der die Bakterien in den Schlund hineintreibt. (Derselbe Strudel wird von den thigmotaktisch ruhenden Infusorien erzeugt, wenn gar keine Nahrung in der Nähe ist. Eine Auswahl der Nahrung findet nicht statt, alle im Wasser suspendirten oder schwimmenden Partikelchen, die kleiner sind als der Durchmesser des Schlundes, einerlei ob verdaulich oder unverdaulich, gerathen in den Schlund und dann in das Endoplasma.) Zu dem ersten Paramecium gesellen sich bald weitere hinzu, und bald ist die Zoogloea von einem ganzen Haufen sich gegen sie vordrängender Paramäcien bedeckt. Von diesen sind die einen, wie das erste Individuum, auf ihrer Schwimmbahn mit der Zoogloea in Berührung gekommen und thigmotaktisch still gestanden. Da aber die Paramäcien wie alle Thiere (auch für Paramecium ist das experimentell nachgewiesen) selbst Kohlensäure absondern, so bildet sich um die ersten Ankömmlinge (die thigmotaktisch ruhen) bald eine, nachher stetig sich vergrößernde, Zone einer schwachen Kohlensäurelösung, die ihrerseits auf die zerstreuten Paramäcien der Cultur in der oben geschilderten Weise positiv chemotaktisch wirkt.

Merotomie. Untersuchungen über das Regenerationsvermögen der Infusorien (besonders an *Stentor* angestellt) haben gezeigt, dass abgeschnittene Bruchstücke des lebenden Körpers niemals sich zu complete Thieren regeneriren, wenn sie nicht wenigstens ein Bruchstück des Makronucleus enthalten. Paramecium hat ein geringes Regenerationsvermögen. Nach BALBIANI (1893) können kernlose Stücke unter Umständen noch Nahrung aufnehmen, vermögen sie aber nicht zu verdauen; kernhaltige aber behalten das Vermögen der Verdauung bei.

Fortpflanzung. Die einzige bekannte Art der Fortpflanzung von Paramecium ist die durch Quertheilung im beweglichen Zustande. Theilung im ruhenden (encystirten) Zustande, wie sie bei vielen anderen Infusorien vorkommt, ist bei P. nie beobachtet worden, obschon P. zu den häufigsten, oft und genau beobachteten, Formen gehört.

Der Theilungsvorgang verläuft bei Paramecium aurelia in der Hauptsache folgendermaassen (Fig. 90 u. 91): Die ersten Veränderungen treten an den beiden Mikronuclei und am Cytopharynx auf. Die ersteren schicken sich zur Theilung an, die eine besondere Form der mitotischen Theilung ist, für welche der Hinweis auf die Abbildungen genügen mag. Das Peristomfeld wird undeutlich. Das Cytostoma verlängert sich nach hinten und bekommt die Form einer Spalte, deren vorderer und deren hinterer Mundwinkel erweitert sind, der vordere, dem alten Cytostoma entsprechende, stärker als der hintere, welcher letztere die Anlage des neuen Cytostoma darstellt. Der Cytopharynx selbst bildet nach hinten eine sackförmige Ausbuchtung, die erste Anlage eines neuen Cytopharynx. Während also der alte Cytopharynx sich erhält und zum Schlunde des vorderen Tochterthieres wird, ist der Schlund

des hinteren Tochterthieres ein Abkömmling, gewissermaassen eine Knospe, des alten Cytopharynx. In ihm tritt sofort eine neue undulirende Membran auf, während sich die alte im alten Cytopharynx erhält. Das Cytostoma schliesst sich sodann in seinem mittleren, spaltförmig verengerten Theile, wodurch das neue hintere Cytostoma sich vollständig vom vorderen alten trennt. Beide führen noch eine kurze

Fig. 90.

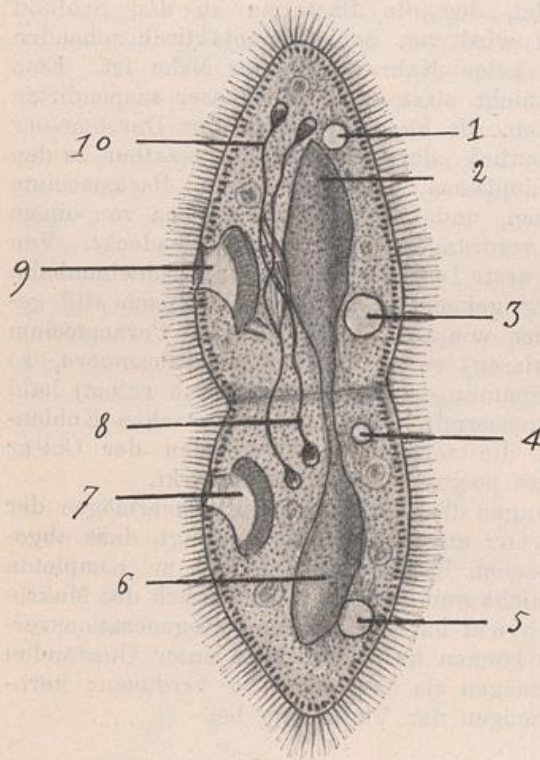


Fig. 91.

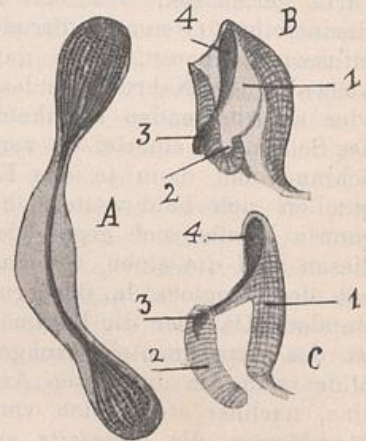


Fig. 90. **Paramecium aurelia** O. F. M. Quertheilung. Combinirtes Bild. 1 Neue pulsirende Vacuole im vorderen Tochterthier, 2 vordere Hälfte des sich amitotisch theilenden Makronucleus, 3 vordere pulsirende Vacuole des Mutterthieres (hintere des vorderen Tochterthieres), 4 neu aufgetretene vordere pulsirende Vacuole des hinteren Tochterthieres, 5 hintere pulsirende Vacuole des Mutterthieres, 6 hintere Hälfte des

sich amitotisch theilenden Makronucleus, 7 Cytopharynx des hinteren Tochterthieres, durch Knospung aus dem vorderen (9) entstanden, 8 und 10 mitotische Theilung der beiden Mikronuclei, 9 Cytopharynx des vorderen Tochterthieres, aus dem Cytopharynx des Mutterthieres direct hervorgegangen.

Fig. 91. **A** *Paramacium caudatum*. Theilungsstadium des Mikronucleus, nach HERTWIG 1895. **B** und **C** *Paramecium aurelia*. Cytostoma und Cytopharynx in zwei Stadien während der Theilung des Thieres. 1 alter Cytopharynx, aus welchem der neue Cytopharynx (2) des hinteren Tochterthieres durch Knospung entsteht, 3 hinterer Mundwinkel des spaltförmig verlängerten Cytostoma, aus ihm wird das Cytostoma des hinteren Tochterthieres. 4 vorderer Mundwinkel, aus ihm wird das Cytostoma des vorderen Tochterthieres. Nach R. HERTWIG 1889.

Zeit lang in einen ungetheilten Cytopharynx, von dem sich aber bald die sackförmige Anlage des hinteren, neuen Cytopharynx abschnürt (Sanduhrform, Schwund des Verbindungsstückes).

Inzwischen ist die Mitose der beiden Mikronuclei so weit gediehen, dass sie lange, den Körper in der Längsrichtung durchziehende Fäden darstellen, die am vorderen und hinteren Ende knopfförmig verdickt sind. Jede der beiden Verdickungen enthält die Hälfte der chromatischen Substanz des Mikronucleus. Das achromatische, lang aus-

gezogene Verbindungsstück ist faserig differenziert, besonders deutlich ist die Längsfaserung in einer auffallenden, mittleren, blasigen Anschwellung von spindelförmiger Gestalt. Jetzt fängt auch der Makronucleus an, sich in die Länge zu strecken und an der Ventralseite beginnt eine Ringfurche, die Theilungsfurche, von der Oberfläche in die Tiefe des Körpers einzuschneiden. Die Cytostomata rücken noch weiter auseinander und stellen sich in die ventrale Mittellinie ihrer respectiven Körperhälften ein.

Die Theilungsfurche breitet sich rings um den Körper aus und schneidet immer tiefer ins Körperinnere ein. Das Verbindungsstück zwischen den beiden Theilstücken eines jeden Mikronucleus verschwindet, so dass die Theilstücke als Tochtermikronuclei ganz selbstständig werden. Der Makronucleus wird zuerst stabförmig, dann schnürt er sich in der Mitte seiner Länge ein. Schliesslich hängt der vordere Theil mit dem hinteren nur durch einen dünnen Verbindungsfaden zusammen, und wenn dieser zerreisst, so ist auch die Theilung des Mikronucleus, sie ist eine amitotische, vollendet. Die vordringende Ringfurche zertheilt den Körper nun vollständig in die beiden Tochterthiere. Beide haben ihr Cytostoma und ihren Cytopharynx, und jedes ist wieder mit einem Makronucleus und zwei Mikronuclei ausgestattet, den Theilproducten des alten Makronucleus und der alten Mikronuclei.

Was die pulsirenden Vacuolen anbetrifft, so tritt während des Theilungsvorganges vor jeder der beiden alten eine neue auf, so dass bei erfolgter Theilung jedes Tochterthier wieder zwei hat, eine der beiden alten und eine neu gebildete.

Das Wimperkleid des Mutterthieres geht direct in das der beiden Tochterthiere über.

Der ganze Theilungsvorgang spielt sich bei *P. aurelia* in ca. 2 Stunden ab.

Unter günstigen Ernährungsbedingungen wachsen die Tochterthiere rasch zur Grösse des Mutterthieres heran, um sich bald wieder durch Theilung zu vermehren.

Nach MAUPAS (1888), bestätigt von JOUKOWSKY (1898), ist die Schnelligkeit der Vermehrung von folgenden Factoren abhängig: 1) vom eigenen Temperament der Art, 2) von der biologischen Anpassung hinsichtlich der Nahrung, 3) von der Qualität und Quantität der Nahrung und 4) von der Temperatur.

Paramaecium caudatum theilt sich in 24 Stunden bei einer Temperatur von 15–17° C durchschnittlich einmal, bei 17–20° C zweimal. Ganz ähnlich verhält sich *P. aurelia*. *P. bursaria* theilt sich bei 13–15° C einmal in 2–3 Tagen. Aus diesen und anderen Beobachtungen ergibt sich der bedeutende Einfluss der Temperatur auf die Schnelligkeit der Vermehrung.

Senile Degeneration von Culturen. MAUPAS (1888, 1889) hat verschiedene Formen von Infusorien in strenger Inzucht und unter genauer Controle monate- und jahrelang cultivirt und z. B. bei *P. aurelia* die ganze Descendenz eines isolirten Individuums während 2 Monate beobachtet. Er constatirte bei solchen Inzuchten das schliessliche Eintreten einer senilen Degeneration, deren Erscheinungen er bei *Stylonychia pustulata* und *St. mytilus*, *Onychodromus grandis*, *Oxytricha* und *Leucophrys patula* genauer untersuchte: zunehmende Verkleinerung bei zunehmender Zahl

der Generationen, Erscheinungen der Atrophie am oralen Wimperapparat, Schrumpfen des Körpers, Auftreten von Krüppelformen, die unfähig sind zu leben und sich fortzupflanzen, Degradation des Kernapparates. Es kann sich zuerst eine partielle, dann eine totale Atrophie des Mikronucleus einstellen, die indessen die Thiere nicht verhindert, sich noch einige Generationen hindurch durch Theilung fortzupflanzen. Die Degeneration ergreift schliesslich auch den Makronucleus, und die Culturen sterben ab. Bei *Stylonychia pustulata* und *Onychodromus grandis* wurde bei Individuen in seniler Degeneration befindlicher Culturen, nach schon längst erfolgtem Schwunde des Mikronucleus, eine allgemeine Neigung zur Conjugation beobachtet. Die Conjugation blieb aber unfruchtbar und führte zum Tode der Conjugirten.

Culturen verschiedener Arten wurden bis zum Aussterben verfolgt. Die eine Cultur (von *Stylonychia pustulata*) bestand aus den Abkömmlingen eines Individuums, das eine fruchtbare Conjugation eingegangen war. Das vollständige Aussterben der Cultur erfolgte in der 316. Generation.

Conjugation (Karyogamie). Unter Conjugation versteht man bei den Protozoen eine unter bestimmten Bedingungen erfolgende, vorübergehende, gewöhnlich nur partielle, Verschmelzung von zwei Individuen, die als Gameten bezeichnet werden, und dabei erfolgenden Austausch von chromatischer Kernsubstanz. Die Erscheinungen der Conjugation sind bei mehreren Infusorienformen eingehend studirt worden, ganz besonders genau bei *Paramecium*.

Die Bedingungen, unter denen fruchtbare Conjugation eintreten kann, sind nach MAUPAS (1889): 1) Conjugationsreife, 2) Nahrungsmangel, 3) möglichst entfernte Verwandtschaft der conjugirenden Individuen einer Art.

1) **Conjugationsreife.** Es existirt in der Reihe der Generationen eine Periode der Conjugationsreife, während welcher allein fruchtbare Conjugationen stattfinden können. Vorher giebt es auch bei fastenden Thieren keine Conjugationen, und nachher bleiben die Conjugationen, wenn sie noch vorkommen, steril und führen zum Tode der conjugirenden Gameten.

Bei *Leucophrys patula* dauert die Periode der Conjugationsreife ungefähr von der 300. bis 450., bei *Onychodromus grandis* von der 140. bis 230., bei *Stylonychia pustulata* von der 130. bis 170./180. Generation. Besondere morphologische Merkmale der Conjugationsreife scheinen im Allgemeinen nicht zu existiren. Immerhin wurde bei Oxytrichiden (*Onychodromus*, *Stylonychia*), die normaler Weise 6—8 Mikronuclei besitzen, die Beobachtung gemacht, dass die Zahl der Mikronuclei bei conjugirenden Individuen durchschnittlich auf 2 reducirt ist. Ferner sind es immer kleine Exemplare, die conjugiren. Während *Par. caudatum* leicht eine Grösse von 300 μ erreicht, sind die Gameten dieser Art durchschnittlich nur 180—210 μ lang. Die geringe Grösse findet ihre Erklärung darin, dass die Thiere sich während des Fastens theilen. Es giebt Formen, die sich während des Fastens, vor der Conjugation, bis 4- und 5mal theilen und bei denen in Folge dessen die conjugirenden Individuen (Gameten) wirklich zwerghaft sind (*Leucophrys*, *Prorodon*, *Didinium*, *Enchelys*).

2) Nahrungsmangel. Während der Periode der Conjugationsreife tritt Conjugation nur bei Nahrungsmangel auf. Durch Nahrungsentzug kann man Conjugationen herbeiführen, durch Nahrungszufuhr zu jeder Zeit verhindern.

3) Möglichst entfernter Grad der Verwandtschaft. Nach ausgedehnten, an *Leucophrys patula*, *Onychodromus grandis*, *Stylonychia pustulata*, *Loxophyllum fasciola* angestellten Beobachtungen conjugiren Individuen eines und desselben Stammes, die von dem gleichen Thier abstammen, auch dann nicht, wenn bei ihnen die übrigen Bedingungen zur Conjugation erfüllt sind (Nahrungsmangel, Conjugationsreife). Vermischt man aber Zuchten conjugationsfähiger Individuen verschiedener Culturen, die nicht derselben Generationsfolge angehören, so treten so massenhaft fruchtbare Conjugationen auf, dass man von Conjugationsepidemien spricht.

JOUKOWSKY hat 1898 die MAUPAS'schen Untersuchungen über die Bedingungen des Eintrittes der Conjugation nachuntersucht und ist dabei vielfach zu anderen Resultaten gekommen. Bei 2 getrennten Culturen von *Pleurotricha lanceolata* EHRB., die von 2 Exemplaren herührten, die aus einer Conjugation hervorgegangen waren, konnte J. nach 8 Monaten noch keine Degenerationserscheinungen nachweisen, obschon die Zahl der Generationen bei der einen Cultur 458 erreicht hatte. Mischungen zwischen den Individuen verschiedener Culturen führten nie zu Conjugationen, obschon J. die Thiere nach den Angaben MAUPAS' hungern liess. Dasselbe hatte MAUPAS bei *Stylonychia mytilus* festgestellt.

Erst nach 9 Monaten, als J. die Versuche abbrach, konnte er abnormale Erscheinungen am Kern beobachten. Auch bei *Paramaecium caudatum* (2 Culturen, die eine bis zu 150, die andere bis zu 170 Generationen) konnte J. nicht mit Sicherheit Degenerationserscheinungen am Kern nachweisen, wohl aber Schwund der Cilien an der Oberfläche. Bei *P. putrinum* scheint nach J. die Conjugationsreife schon nach 7 oder 8 Theilungen einzutreten, also eigentlich immer vorhanden zu sein. Auch spielt bei dieser Art die nahe Verwandtschaft conjugirender Thiere keine Rolle. J. isolirte ein Thier, welches eben conjugirt hatte; und fand schon am 5. Tage unter den Descendenten (über 200 Exemplare) Exemplare in Conjugation. Er isolirte wiederum solche conjugirenden Exemplare und konnte wiederum dasselbe constatiren. Bei weiteren Wiederholungen des Versuches dasselbe Resultat.

Die Angaben von MAUPAS über den Einfluss des Hungers auf den Eintritt der Conjugation bei Infusorien sind 1899 von R. HERTWIG bestätigt worden.

PROWAZEK bestätigte 1899 für *Stylonychia pustulata* O. F. M., dass die Nachkommen eines und desselben Thieres nicht miteinander conjugiren. In keiner der Culturen, die von einem einzigen Mutterthier abstammen, trat Conjugation auf. Dagegen liess die Theilungsenergie bald nach, und die Thiere encystirten sich. Bei Vermischung von Culturen trat Conjugation ein.

Tageszeit und Dauer der Conjugation. Bei *Paramaecium caudatum* erfolgt die Conjugation immer gegen Ende der Nacht und in den ersten Morgenstunden. Sie dauert bei einer Temperatur von 20—25° C ca. 12 Stunden, ebenso bei *P. aurelia* bei 25° C, während bei 15° C die Conjugation dieser letzteren Form 24 Stunden dauert.

Der Vorgang der Conjugation (*Param. caudatum*, mit einem Mikronucleus Fig. 92). Zwei Individuen (Gameten) legen sich mit der Bauchseite, Mund gegen Mund, der Länge nach aneinander. Der Mikronucleus eines jeden Gameten tritt in mitotische Theilung. Die beiden Tochtermikronuclei theilen sich wieder, so dass jeder Gamet 4 Enkelmikronuclei bekommt, die, unter sich völlig gleich, ohne bestimmte Regel, im Plasma zerstreut sind. Alle 4 Enkelmikronuclei schicken sich wieder zur Theilung an, aber nur bei einem wird die Theilung perfect; die 3 anderen hingegen zerfallen und verschwinden durch Resorption. Der Mikronucleus, an dem sich die Theilung vollzieht, ist derjenige, der zufällig dem Munde zunächst liegt. Er befestigt sich mit einem Ende am Exoplasma, dicht vor dem Munde, streckt sich in die Länge und theilt sich mitotisch so, dass der eine seiner Tochterkerne, der männliche Kern oder Wanderkern, beim Munde bleibt, während der andere, der weibliche oder stationäre Kern, ins Körperinnere zu liegen kommt. Obschon nun ein sichtbarer Unterschied zwischen Wanderkern und stationärem Kern nicht existirt, so ist doch ihre durch ihre Lage bedingte Rolle eine verschiedene, indem der stationäre Kern in dem *Paramaecium*-Individuum (Gamet), dem er angehört, zurückbleibt, während der Wanderkern durch die beiden aneinander geschmiegtten Cytostomata in den gegenüber liegenden Gameten hinübertritt. Dabei gleitet der Wanderkern des rechtsseitigen Gameten immer dicht über den Wanderkern des linksseitigen conjugirenden Gameten hinweg (Fig. 92).

Ist der Austausch der Wanderkerne erfolgt, so verschmilzt der stationäre, zurückgebliebene Kern eines jeden Gameten mit dem von dem anderen Gameten herrührenden Wanderkern (Fig. 92, 7). Dieser Austausch des Wanderkernes und seine Verschmelzung mit dem stationären Kerne ist das Wesentliche beim Conjugationsvorgange (Karyogamie). Der neue Kern, der so in jedem Gameten entstanden ist, kann als conjugirter Kern, Frischkern oder Synkaryon bezeichnet werden.

Jetzt lösen sich die beiden Paarlinge voneinander los und schwimmen ein jeder seiner Wege. Die Lostrennung erfolgt zuletzt am Munde. Der Cytopharynx, der während der Conjugation verschwunden war, bildet sich wieder, so dass wenige Stunden nach der Lostrennung die Exconjugirten wieder Nahrung zu sich nehmen können.

Der Makronucleus blieb zunächst von den Vorgängen der Conjugation ganz unberührt. Erst wenn sich die Gameten wieder trennen, treten an ihm Erscheinungen der Deformation auf. Er zerfällt dann, und die Producte seines Zerfalles, kleine kuglige Körperchen, werden schliesslich resorbirt.

Nach vollzogener Conjugation beginnt in jedem Individuum sofort die Periode der Reconstitution des Kernapparates (Fig. 93). Der conjugirte Kern (Synkaryon) theilt sich 3mal hintereinander, und zwar wiederum mitotisch. Von den 8 Kernen, die so gebildet werden, kommen 4 in den vorderen, 4 in den hinteren Körpertheil zu liegen. Die 4 vorderen wachsen stark und stellen 4 Makronucleus-Anlagen dar. Von den 4 hinteren entwickelt sich nur einer weiter, dieser wird zum neuen Mikronucleus. Die 3 anderen atrophiren und verschwinden.

Auf diesem Stadium der Reconstitution des Kernapparates (wenn im Körper des Paramecium 4 Makronucleus-Anlagen und ein neuer Mikronucleus gebildet sind) sind die beiden Exconjugierten zur ersten

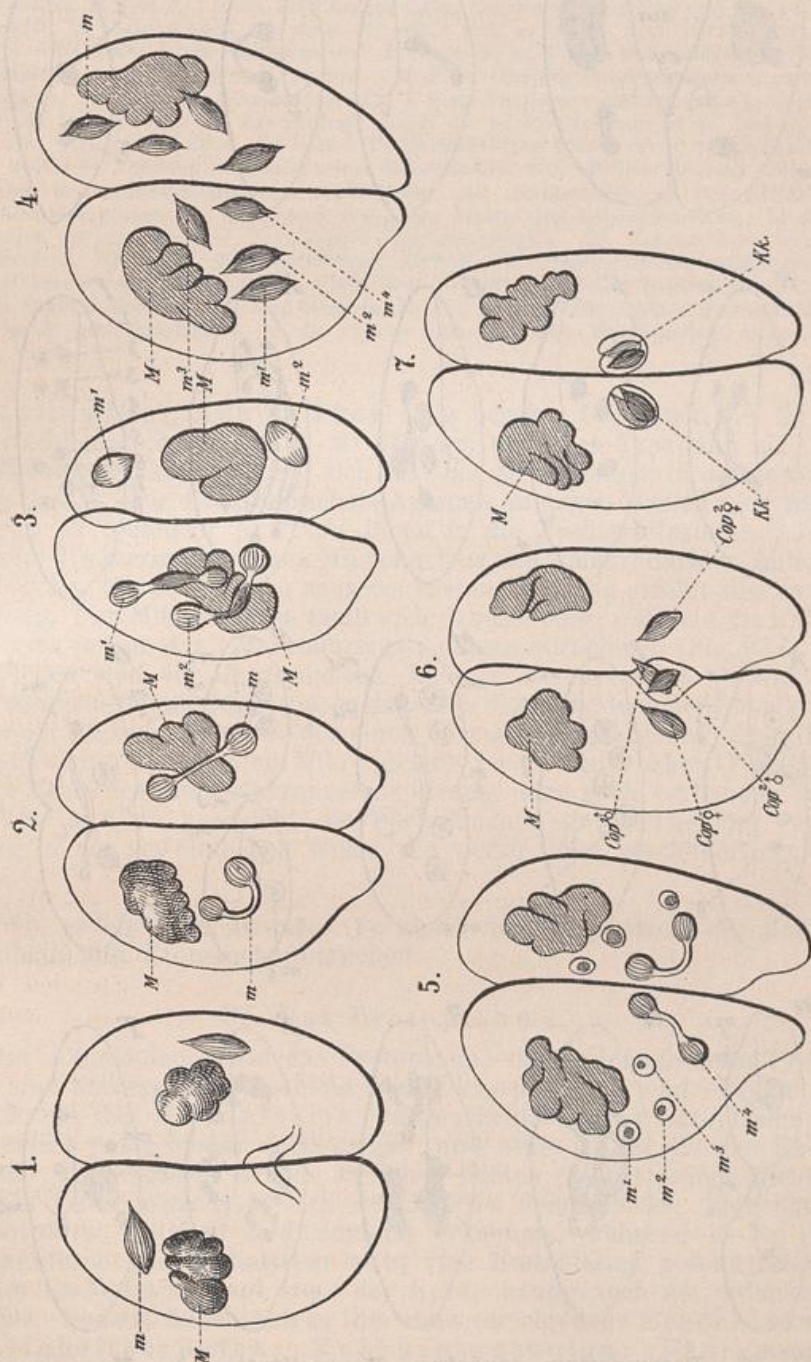


Fig. 92. Conjugation von *Paramecium caudatum*. *M* Makronucleus, *m* Mikronucleus, *Cop* Wanderkerne und stationäre Kerne (Conjugationskerne), *Kk* Synkaryon. Frei nach MAUPAS 1889, aus WEISMANN, *Amphimixis*, 1891.

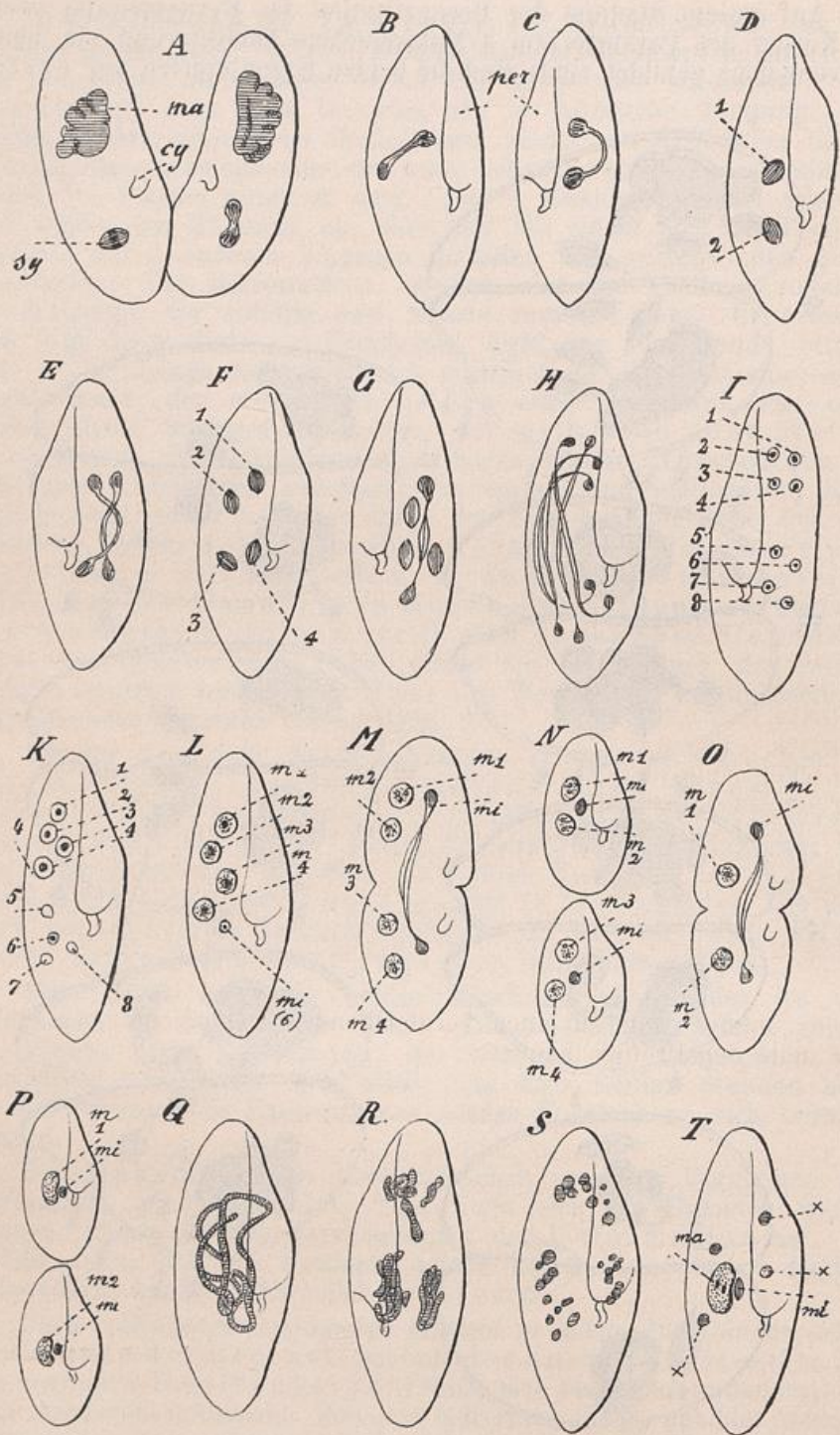


Fig. 93. *Paramaecium caudatum*, Reconstitution des Kernapparates nach erfolgter Conjugation. Nach MAUPAS 1889, schematisirt. A zwei conjugirte Individuen im Begriffe sich zu trennen, *ma* der alte veränderte Makronucleus, *cy* Cytopharynx, *sy* Synkaryon (Verschmelzungsproduct von Wanderkern und stationärem Kern). B, C

Individuen (Gameten) von einander losgelöst, das Synkaryon in Theilung. **D** Das Synkaryon getheilt, **1, 2** seine beiden Tochterkerne. **E** Die beiden Tochterkerne des Synkaryon in Theilung, **F 1, 2, 3, 4** seine 4 Enkelkerne, **G** einer der 4 Enkelkerne in Theilung, **H** alle 4 Enkelkerne in Theilung, **I 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8** die Urenkelkerne des Synkaryon, davon 4 vorn und 4 hinten. **K 1, 2, 3, 4** (vorn) sind angewachsen, von den vier hinteren sind drei (**5, 7, 8**) im Begriffe zu verschwinden, nur einer (**6**) erhält sich, es ist der neue Mikronucleus, aus **1, 2, 3, 4** wird später je ein Makronucleus. **L m₁ m₂ m₃ m₄** 4 neue Makronuclei, **mi** (**6**) der neue Mikronucleus, **5, 7, 8** sind resorbirt. **M** Erste Theilung des Paramaecium nach der Conjugation; Theilung des Mikronucleus **mi**. **N** Erste Theilung vollendet, jedes Individuum hat seinen Mikronucleus **mi**, das vordere enthält die beiden Makronuclei **m₁** und **m₂**, das hintere **m₃** und **m₄**. **O** Eines der beiden Tochterindividuen (das vordere) herangewachsen, selbst wieder in Theilung (Theilung seines Mikronucleus **mi**). **P** Die Theilung vollzogen. Von den beiden Enkelindividuen erhält jedes eine Tochterhälfte **mi** des Kleinkerns, ausserdem das vordere den Makronucleus **m₁**, das hintere den Makronucleus **m₂**. In dieser Generation ist der normale Kernbestand wiederhergestellt: ein Makronucleus und ein Mikronucleus. **Q, R, S, T** Veränderungen, Zerfalls- und Degenerationserscheinungen am alten Makronucleus (**Ama**) während dieser Zeit. **Q** entspricht dem Stadium der Fig. **H**, **R** dem Stadium der Fig. **I**, **S** dem Stadium der Fig. **N** (ein Tochterthier), **T** dem Stadium der Fig. **P** (ein Enkelthier), **X** die letzten Reste des alten Makronucleus, neben dem neuen, **ma**.

Fortpflanzung durch Theilung bereit. Diese tritt bei 25° C und reichlicher Nahrung 24–30 Stunden nach der Trennung ein.

Bei dieser Theilung theilt sich der neue Mikronucleus in der gewöhnlichen Weise. Die 4 Makronucleus-Anlagen hingegen theilen sich nicht, sondern es gelangen je 2 von ihnen in die Tochterinfusorien. Jetzt hat jedes Tochterinfusor einen Mikronucleus und 2 Makronucleus-Anlagen (Fig. 93 N). Ca. 20 Stunden nach der ersten Theilung erfolgt die zweite Theilung. Der Mikronucleus theilt sich dabei wieder, während die Enkelinfusorien je eine der 2 Makronucleus-Anlagen mitnehmen (Fig. 93 O, P). Inzwischen sind die Makronucleus-Anlagen zur normalen Grösse des Makronucleus herangewachsen, so dass also die Individuen der Enkelgeneration der Exconjugirten wieder einen normalen Kernapparat: einen Makronucleus mit anliegendem Mikronucleus, reconstituirt haben (Fig. 93 P). Letzte Reste des alten Makronucleus können jetzt noch vorhanden sein.

Von nun an geschieht die Fortpflanzung durch Theilung regelmässig in der gewöhnlichen Weise, die weiter oben geschildert wurde.

Wir wollen nun zu einer vergleichenden Uebersicht der Zellbestandtheile der Protozoen übergehen.

IV. Das Protoplasma.

Im Allgemeinen lässt das Protoplasma des Zellenleibes der Protozoen eine äussere Rindenschicht, das Ektoplasma, und eine innere Markmasse, das Endoplasma, unterscheiden. Das Ektoplasma ist gewöhnlich mehr hyalin, feinkörniger und etwas fester als das Endoplasma. Eine scharfe Grenze zwischen beiden existirt jedoch nicht.

Ein Ektoplasma lässt sich deutlich bei den Lobosen, Flagellaten, Gregariniden, Ciliaten und Suctoria erkennen, während es bei den Foraminiferen und Radiolarien nicht vom Endoplasma gesondert ist.

Im Endoplasma liegt stets der Kern, häufig auch die pulsirende Vacuole. Sodann finden sich in ihm stets verschiedene Einschlüsse: Flüssigkeitstropfen, Nahrungsvacuolen, Excrementvacuolen, Excretkörnern fehlen selten. Dazu kommen oft noch Gasbläschen, Stärkekörnchen, Paramylonkörner.