

*Nachdruck verboten.  
Übersetzungsrecht vorbehalten.*

# **Vergleichend cytologische Untersuchungen an Ciliaten.**

Von  
**Arno Wetzel.**

(Hierzu 48 Textfiguren.)

## **Inhaltsübersicht.**

	Seite
Einleitendes . . . . .	210
Methodisches . . . . .	212
Vergleichend cytologische Untersuchungen . . . . .	214
I. Strukturen der Oberfläche . . . . .	214
A. Oberflächenstreifung . . . . .	214
1. Ciliën in Furchen . . . . .	217
a) Ciliënreihe — Ciliënreihe . . . . .	217
b) Ciliënreihe — freies Feld — Ciliënreihe . . . . .	227
c) Ciliënfurche — Rippenstreifen — Ciliënfurche . . . . .	229
d) { Ciliënfurche + Myonem } — Rippenstreifen — { Ciliënfurche + Myonem } . . . . .	233
e) { Zwischenstreifen + Myonem + Ciliënreihe } — Rippenstreifen — { Zwischenstreifen + Myonem + Ciliënreihe } . . . . .	234
2. Ciliën auf erhabenen Leisten . . . . .	239
3. Verhalten der Oberflächenstreifung bei Reduktion der Ciliën . . . . .	241
B. Oberflächenversteifungen . . . . .	244
C. Absolute Zahl der Ciliën . . . . .	248
II. Strukturen der Plasmaschichten . . . . .	250
A. Ektoplasma . . . . .	251
1. Pellicula + Alveolarschicht . . . . .	251
2. Pellicula + Alveolar- + Corticalschicht . . . . .	254
3. Pellicula . . . . .	259

	Seite
B. Entoplasma . . . . .	261
1. Dichtes Entoplasma, feine Körnelung . . . . .	262
2. Dichtes Entoplasma, grobe Körnelung . . . . .	263
3. Dichtes Entoplasma, Nahrungsvakuolen . . . . .	265
4. Schwache Vakuolisierung . . . . .	267
5. Mäßige Vakuolisierung . . . . .	268
6. Extreme Vakuolisierung . . . . .	268
C. Kerne . . . . .	269
1. Lagebeziehungen . . . . .	270
2. Micronucleus . . . . .	271
3. Macronucleus, massig . . . . .	271
Caryosom . . . . .	273
III. Verhalten der Plasmaschichten am Munde . . . . .	274
Nahrungsaufnahme . . . . .	275
Mundlosigkeit . . . . .	275
Nomenklatur . . . . .	276
A. Der oberflächliche Spaltmund . . . . .	277
B. Der versenkte Mund . . . . .	278
1. Der einfach versenkte Spaltmund . . . . .	278
2. Der doppelt versenkte Spaltmund . . . . .	280
C. Der versteifte Mund . . . . .	295
1. Mundwulst . . . . .	295
2. Trichitenapparate . . . . .	295
3. Reusenapparate . . . . .	297
Literatur . . . . .	303

---

### Einleitendes.

Seit der goldenen Periode der Infusorienkunde, gekennzeichnet durch die Namen STEIN und BüTSCHLI, ist die morphologische Forschung auf dem Gebiete der Ciliatenkunde mehr und mehr zu gunsten rein biologischer und allgemein theoretischer Fragestellung verdrängt worden. Von der größeren Arbeit H. N. MAIER'S (1905), verschiedenen Arbeiten monographischen Charakters und den Beschreibungen neu aufgefunder Arten abgesehen, ist in neuerer Zeit nur gelegentlich und meist im Verlaufe andersartig orientierter Studien über den Bau der Ciliaten berichtet worden. Offenbar ist die Mehrzahl der Zoologen der Meinung, daß nach den glänzenden Untersuchungen jener Männer auf diesem Gebiete nichts zu tun übrig geblieben ist. Sehr zu Unrecht!

Denn einmal lassen selbst die in jeder Hinsicht bewundernswerten Untersuchungen eines STEIN und BüTSCHLI noch genügend Raum für Ergänzungen und Nachprüfungen. Wenn man z. B. die

sauberen Figuren STEIN's unter Zuhilfenahme der modernen technischen Hilfsmittel mit einem guten Präparate vergleicht, so fallen doch hier und da Lücken auf und manche mehr oder weniger schematisch konzipierte Stelle, die einer Retouche bedarf. Daß dem so ist, darüber waren sich die genannten Forscher selbst klar, wie man bei der Lektüre ihrer Werke leicht feststellen kann.

Zum andern ist seit dem Aufblühen der mikroskopischen Technik mancher Weg gangbar geworden, der jenen verschlossen geblieben war. Vor allem ist eine systematische Nachprüfung der am optischen Schnitte gewonnenen Anschauungen über den feineren Bau des Protoplasmas und über die Lagebeziehungen der einzelnen Teile des Ciliatenkörpers mit Hilfe wirklicher, genau orientierter und lückenloser Schnitte noch nicht versucht worden, obwohl in beiderlei Hinsicht die einzig und allein auf dem Totalpräparat fußende Behauptung mancherlei Irrtümern ausgesetzt ist.

Drittens aber muß es Bestreben der zoologischen Wissenschaft sein, nach vorausgegangener Erforschung der am Körper der Ciliaten beobachteten Differenzierungen den Weg zu erkunden, den die Natur bei deren Herausbildung beschritten hat. Da nun von phylogenetischen (fossilen) Zeugnissen keine Rede sein kann und eine eigentliche Ontogenie bei Protozoen nicht besteht, muß versucht werden, mit Hilfe der vergleichend morphologischen und cytologischen Untersuchung Aufklärung zu erhalten. Versuche dieser Art sind nach dem Erscheinen des großen BüTSCHLI'schen Protozoenwerkes nur wenige unternommen worden. Für weiter ausgreifende Darstellung sind wohl auch die grundlegenden Kenntnisse selbst heute noch nicht ausreichend.

Diese drei Gesichtspunkte haben die vorliegende Arbeit richtunggebend beeinflußt; besonders der zweite, Heranziehung des Mikrotomschnittes, hat sich als fruchtbar erwiesen, und ich bin meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. MEISENHEIMER, zu größtem Danke verpflichtet, daß er mich bei meinen zunächst rein ökologischen Studien über freilebende Ciliaten, die eine spätere Behandlung erfahren sollen, unablässig angespornt hat, zu „schneiden“, so daß als Frucht dieser eigentlich nur nebenher betriebenen Untersuchungen die vorliegende Arbeit erscheinen kann. Den Herren Professor Dr. HEMPELMANN und Priv.-Doz. Dr. WAGLER danke ich für ihr stetes Interesse, dem letzteren zudem noch für mancherlei technische Ratschläge.

### Methodisches.

Das Material, das den Untersuchungen zugrunde gelegen hat, stammt aus der Umgebung von Leipzig. Seltener verwendete ich Material aus Zimmerkulturen; im allgemeinen wurde frisches vorgezogen. Die Tiere wurden einzeln mit der Pipette gefangen und vor dem Fixieren ausnahmslos noch mindestens zweimal in detritusfreiem Wasser derselben Probe gewaschen, indem sie von Uhrglas zu Uhrglas transportiert wurden. Dabei wurde Sorge getragen, daß alle zunächst mitgeschleppten Detritusteilchen zurückblieben. Von weniger empfindlichen Formen wie *Stentor*, *Spirostomum*, *Paramaecium* usw. wurde immer eine größere Anzahl gleichzeitig behandelt. Empfindliche Arten wie *Metopus*, *Plagiopyla*, *Caenomorpha* u. a. müssen einzeln und schnell behandelt werden. Tiere, die durch anormale Bewegungen anzeigen, daß sie bereits gelitten hatten, wurden nie weiter behandelt. Aus dem letzten „Bade“ kommen die Tiere mit möglichst wenig Wasser in ein neues Uhrglas und werden nun sofort mit bereitgehaltener Fixierungsflüssigkeit übergossen. Es muß ausdrücklich betont werden, daß es für eine gute Fixierung unerlässlich ist, die Tiere stark einzuhängen und mit viel Fixierungsflüssigkeit rasch zu übergießen.

Die für Totalpräparate häufig empfohlene Osmiumsäure 1 Proz. eignet sich für Schnitte nicht. Die Objekte werden in dieser Flüssigkeit viel zu wenig oder überhaupt nicht gehärtet. Bei Weiterbehandlung schrumpfen sie leicht; *Pellicula* und *Kernmembran* lösen sich ab. Mit Flemming (starke Lösung) habe ich bei *Trachelius* leidliche, bei *Paramaecium* gute Ergebnisse gehabt; *Stentor* und *Spirostomum* werden nur ungenügend fixiert. Ein auch nur einigermaßen universelles Fixierungsmittel für Ciliaten gibt es nicht. Die in der Literatur aufgeführten wurden, soweit sie nur irgendwie Erfolg versprachen, ausprobiert. Die besten Resultate lieferte die neuerdings wieder von Jollos (1922) sehr gelobte Pikrin-Essigsäure (PiEss.) in etwas modifiziertem Mischungsverhältnis (Pikrinsäure in subst. = 1, Wasser = 100, Essigsäure 95 Proz. = 25). Die Lösung wird heiß angewendet. Nach dem Zusetzen der PiEss. kühlt man die Flüssigkeit durch Aufsetzen auf Metall schnell ab. Meist wird die Temperatur zu niedrig genommen. Es ist aber nicht schwer, mit dieser Methode ausgestreckte Stentoren zu erhalten (Fig. P<sub>1</sub>). Im hiesigen zoologischen Institute wird diese von mir zunächst nur für kontraktile Ciliaten aufgestellte Methode seit mehreren Semestern auch für andere Zwecke angewendet, z. B. mit glänzenden Ergeb-

nissen bei *Amoeba proteus*. Aus der Fixierungsflüssigkeit kommen die Objekte in Alkohol 70 Proz., nicht in Wasser direkt, welches nach Pikrinsäurefixierung Quellungen verursachen kann.

Sehr brauchbar erwies sich auch die Mischung von BOUIN (Pikr. konz. 15, Formol 5, Essigs. 1).

Neuerdings verwende ich mit Vorliebe neben der PiEss. eine Mischung von Pikrinsäure wässr. konz. (= ca. 1 Proz.) 3 Teile, Formol 40 Proz. 1 Teil, Essigs. 95 Proz. 1 Teil, heiß. Ganz hervorragende Fixierungen liefert auch das Gemisch von TELLYESNICZKY (Kal. bichr. 3, Eisessig 5, Wasser 100).

Die Einbettung geschah nach der bei P. MAYER (1920; p. 180, 181) angegebenen Methode nach Durchtränkung mit Nelkenöl in Nelkenöl-Collodium. Alle Objekte wurden einzeln eingebettet und geschnitten. Die Massenmethode, die noch H. N. MAIER (l. c., p. 77) empfiehlt, wurde nur gelegentlich einmal, beim Schneiden eines ganzen Vorticellenstocks, verwendet und sofort wieder verlassen; denn wenn auch H. N. MAIER versichert, „man konnte bei der ungeheuren Menge von Tieren, die auf einem Schnitte getroffen waren, mit einiger Sicherheit darauf rechnen, daß sie in jeder Richtung, vor allem aber einige quer und längs geschnitten wurden“, so liegen doch die Mängel dieser Arbeitsweise so offen zu Tage, daß sich ein näherer Hinweis darauf erübrigt.

Auf eine Orientierung im noch flüssigen Medium habe ich sehr bald verzichtet, da eine spätere Neuorientierung wegen der gar nicht zu vermeidenden Strömungen (Herausziehen der Nadel aus dem Collodiumtropfen), die eine nachträgliche Verlagerung des kleinen Objektes bewirken, ja doch nicht zu umgehen war. Die Orientierung erfolgt vielmehr, indem man die Blöcke unter der Lupe, wenn nötig unter dem Mikroskop, nach dem Objekte zurechtschneidet, wobei die Durchsichtigkeit des Mediums sehr zu statten kommt. Es läßt sich so die Schnittrichtung sogar nach inneren Strukturen, z. B. dem Reusenapparate von *Nassula*, orientieren (vgl. Fig. W<sub>1</sub>). Der Block wird nach dem Aufschmelzen bis auf  $1\frac{1}{2}$ — $\frac{3}{4}$  mm schmal zugeschnitten, damit die definitiven Schnitte so dicht beieinander liegen, daß auch unter der Immersion das Auffinden des nächsten Schnittes mit Sicherheit möglich ist. Das Schneiden selbst wird unter der Lupe verfolgt. Bei einiger Aufmerksamkeit kann man von Objekten wie *Trichodina pediculus* beispielsweise (50  $\mu$ ) mit großer Sicherheit Schnitte in jeder gewünschten Richtung erhalten. Die Schnittdicke betrug 1— $2\frac{1}{2}$   $\mu$ , in der Regel 2  $\mu$ .

Die Objekte werden mit einer stark färbenden Flüssigkeit der

Orientierung wegen vorgefärbt. Nach pikrinhaltigen Lösungen empfiehlt sich z. B. Fuchsin S. Gut ist auch Salzsäurekarmin P. MAYER. Auf Vorfärbung mit dieser Lösung folgt Nachfärbung der Schnitte mit Pikrinsäure konz. wässr. 1 Minute, Lichtgrün Alk. 70 Proz. 15—30 Sekunden; Kern rot, Plasma leuchtend grün. Von allen Objekten wurden einige Schnitte mit Heidenhain gefärbt; Nachfärbung mit Fuchsin S oder Lichtgrün SF. Sehr gute Bilder ergibt auch Thionin konz. wässrig.

---

## I. Strukturen der Oberfläche.

Der Körper der Ciliaten ist allseitig, mit alleiniger Ausnahme des Mundes und des Porus excretorius, von einem festen Oberflächenhäutchen umschlossen, das seit BüRSCHLI allgemein als Pellicula bezeichnet wird, um im Gegensatz zu „Cuticula“, welche Bezeichnung früher üblich war, den Charakter des integrierenden Körperbestandteiles gegenüber dem Absonderungsprodukt hervorzuheben. Bei Anwendung des Ausdruckes „Oberflächenstrukturen“ wird man nach dem Gesagten die Voraussetzung zu machen haben, daß es sich hierbei um Bauverhältnisse der Pellicula handeln wird. Die Bildungen nun, welche unter der Bezeichnung Oberflächenstrukturen die Infusorienforscher zunächst und seit langer Zeit beschäftigt haben, kann man auch unter „Körperstreifung“ zusammenfassen, von der deshalb auch zuerst die Rede sein soll. Nur im weiteren Zusammenhange soll im Anschluß daran einiges über die Zahl der Cilien berichtet werden, während das über Oberflächenversteifungen Angeführte wieder enger zum Thema gehören wird.

### A. Oberflächenstreifung.

#### Übersicht.

Die Körperstreifung der Ciliaten beruht zunächst nur auf der reihenweisen Anordnung der Cilien; stehen diese sehr eng, so kommt ein weiteres Moment überhaupt nicht in Frage. Dagegen kann bei regelmäßigen Abständen sehr eng inserierter Cilien ein zweites und sogar noch ein drittes Liniensystem zustandekommen, die dann beide das ursprüngliche, stets apical-analwärts verlaufende, in bestimmten Winkeln kreuzen. Dieses bei einer ganzen Reihe von Holotrichen realisierte Grundschema wird nun gestört durch die Tendenz der

Verminderung der Cilien. Zunächst rücken die Cilienreihen ohne weitere erkennbare Begleiterscheinungen auseinander. Zwischen die apical-analwärts verlaufenden Längsreihen von Cilien schieben sich breiter werdende cilienfreie Felder ein. Diese liegen vorerst noch im gleichen Horizont wie die Cilienreihen. Weiterhin aber erheben sich diese cilienfreien Felder, während die Cilienreihen in Längsfurchen versinken, so daß die bei *Stentor* und anderen Heterotrichen so auffallende Rippenstreifung zustande kommt. Die Rippenstreifung zeigt bei ursprünglicheren, von dem eben angeführten Beispiel des *Stentor* noch weit entfernten Verhältnissen noch ganz den aus seiner Ableitung hervorgehenden einfachen Bau: Cilienfurche — Rippenstreifen — Cilienfurche. Erst auf höheren Stufen tritt als beeinflussendes Moment die Herausbildung von Myonemen hinzu, die dann immer ursprünglich dem Verlaufe der Rippenstreifung folgen; und zwar liegen sie zunächst ohne weitere Differenzierungen unterhalb der Cilienfurchen im Ectoplasma, so z. B. bei *Holophrya* und *Prorodon*. Kräftigere Ausbildung der Myonemfäden und verstärkte Wirksamkeit führen dann weiter zu einer sekundären Verbreiterung der Cilienfurchen; so entstehen Zwischenstreifen, unter denen die Myoneme verlaufen, und auf deren Oberfläche die Cilien sitzen. Es folgen sich mithin als Einheiten: (Zwischenstreifen + Myonem + Cilienreihe) — Rippenstreifen — (Zwischenstreifen + Myonem + Cilienreihe). Damit ist die höchste Organisationsstufe erreicht, ihr typischer Repräsentant ist *Stentor*.

Eine andere, über niedere Heterotrichen zu Hypo- und Peritrichen führende Entwicklungsreihe gibt die ursprünglich zweifellos vorhandene Bewimperung und die mit dieser zusammenhängenden Organisationsverhältnisse wieder auf und zeigt mit fortschreitender Rückbildung zunächst noch zahlreiche (*Urostyla*), dann immer seltener werdende Cilien (Tastborsten *Stylonichia*), die noch in erkennbaren, aber verschwindenden Furchen stehen. Bei Peritrichen und gewissen Hypotrichen endlich sind die Körpercilien vollständig verschwunden. Ob die Myoneme der letzteren mit den Myonemen der spezialisierten Heterotrichen in direkte Beziehung (Homologie) zu setzen sind, muß noch zweifelhaft erscheinen.

Stellen wir die in dem aufsteigenden Entwicklungszweig von Holotrichen bis zu Heterotrichen unterscheidbaren Stadien zusammen, so ergibt sich folgende Übersicht:

1. Cilienreihe — Cilienreihe (*Paramaecium*).
2. Cilienreihe — freies Feld — Cilienreihe (*Nassula*).

3. Cilienfurche — Rippenstreifen — Cilienfurche (*Metopus*).
4. (Cilienfurche + Myonem) — Rippenstreifen — (Cilienfurche + Myonem): *Holophrya, Prorodon*.
5. (Zwischenstreifen + Myonem + Cilienreihe) — Rippenstreifen — (Zwischenstreifen + Myonem + Cilienreihe): *Stentor*.

Alle diese fünf Organisationsstufen sind durch Übergänge miteinander verbunden.

Bevor wir uns nun der näheren Betrachtung der im vorstehenden in den Grundzügen skizzierten Organisationsverhältnisse zuwenden, sei noch ganz kurz an die wechselnde Beurteilung erinnert, die diese Oberflächenstrukturen im Verlaufe der Infusorienforschung erfahren haben.

Nachdem die Anwesenheit von Körperstreifen bei Ciliaten schon lange bekannt gewesen und einfach registriert worden war, sprach EHRENBURG in seinen Arbeiten die Ansicht aus (1831), daß die reihenweise Anordnung der Cilien mit Muskeln in Zusammenhang zu bringen sei, die längs, evtl. auch quer, unterhalb der Cilien verlaufen und diese in Bewegung setzen. Ein Blick auf die oben gegebene Übersicht lehrt, inwiefern sich in dieser Ansicht Wahres und Falsches mischt.

STEIN befaßt sich (1867) sehr ausführlich mit der Frage der Körperstreifung (p. 13 ff) und kommt dabei zu dem erstaunlichen Resultate, daß die Körperstreifung der Ciliaten, überall, wo sie auftritt, von Muskeln hervorgerufen wird, während er jeden Zusammenhang der Körperstreifung mit der Cilienstellung verneint. Die reihenweise Anordnung der Cilien hält er für Täuschung. Die in dieser apodiktischen Form aufgestellte Behauptung ist um so unverständlicher, als die Reihenstellung der Cilien bei vielen Infusorien schon bei schwacher Vergrößerung erkennbar wird.

BÜTSCHLI hat (l. c., 1278 ff) auf Grund eigener Untersuchungen am lebenden und Totalpräparat die Überzeugung gewonnen, daß die Cilien auf Papillen entspringen. Diese Cilienpapillen beansprucht er nun, ohne sie wohl in jedem Falle beobachtet zu haben, für alle Ciliaten, auch für diejenigen, welche eine deutlich ausgeprägte Furchung aufweisen. In den Furchen entspringen nach ihm also die Cilien auf je einer Papille. Die Annahme von Cilienpapillen hat sich aber als irrig erwiesen; nie ist in dem BÜTSCHLI'schen Sinne von solchen etwas zu sehen, und die weitläufigen Ausführungen auf p. 1280 ff. haben in dieser Hinsicht damit ihre Erledigung erfahren. (Bei *Paramaecium* hat BÜTSCHLI späterhin seinen Irrtum selbst er-

kannt; 1898.) Was schließlich die Frage der Stellung der Cilien in den Furchen bzw. auf den Rippenstreifen anbetrifft, so bestreitet BÜTSCHLI jede andere als die von ihm angegebene Anordnung: Die Cilien(papillen) stehen stets in den Furchen. Wir werden jedoch sehen, daß auch diese Regel durchbrochen ist.

Nach diesen allgemeineren Bemerkungen wenden wir uns nunmehr der Betrachtung der Oberflächenstreifung im einzelnen zu und folgen dabei dem in obiger Übersicht angedeuteten Entwicklungsgang.

### 1. Cilien in Furchen.

#### a) Cilienreihe — Cilienreihe.

Einfache und übersichtliche Verhältnisse weist *Bursaria truncatella* O. F. M. auf, die deshalb hier an die Spitze gestellt werden soll. Ein oberflächlicher Tangentialschnitt (Fig. A a) zeigt nach Heidenhainfärbung eine Anzahl von Punktreihen, die fast regelmäßig und parallel im Sinne der Längsausdehnung des Tieres verlaufen. Die einzelnen Punkte entsprechen den Basalkörnern der Cilien, die selbst in einem höheren Schnitte liegen. Sie sind von schwach länglicher Gestalt. Ihr gegenseitiger Abstand innerhalb einer Reihe beträgt im Durchschnitt  $\frac{3}{5} \mu$  nach Fixierung mit Flemming fort. und der oben beschriebenen Einbettungsmethode. Der Abstand der Reihen schwankt zwischen  $\frac{6}{5}$  und  $\frac{8}{5} \mu$ . Eine weitere Differenzierung ist in dieser Höhe nicht zu bemerken; die in der Fig. A a angedeuteten vakuoligen Bildungen liegen, wie aus der Stelle zu ersehen ist, an der keine Basalkörper mehr getroffen sind, im tieferen Ectoplasma. Vor allem ist keine helle Streifung im Zuge der Basalkörperreihen zu sehen, die darauf hindeuten würde, daß die Cilien in tiefere Furchen versenkt sind. Nun zeigt aber der Querschnitt (Fig. A b, A<sub>1</sub> a), daß eine seichte Furchung sehr wohl vorhanden ist; sie ist indessen so gering, daß eine nennenswerte Hellerfärbung durch Furchentäler im Flächenschnitt nicht in Erscheinung tritt. Der Abstand der Reihen beträgt auf dem Querschnitt der Fig. A b im Durchschnitt 2  $\mu$ , ist also bedeutender als am Vorderende, dem der Schnitt der Fig. A a entstammt. Im tieferen Ectoplasma bemerken wir auch die schon oben erwähnten Vakuolen, über die an anderer Stelle einiges gesagt werden soll. Die im vorstehenden gegebene Schilderung deckt sich in den wesentlichen Punkten mit den Figuren H. N. MAIER'S (l. c. Taf. IV, Fig. 9 a, 9 e), doch scheint mir 9 e zutreffender, insofern nämlich die Cilienfurchen hier ganz seicht gezeichnet sind, während ich eine so tiefe Furchung

wie in 9a bei wohlkonservierten Exemplaren nie beobachtet habe. Angaben über den Reihenabstand macht MAIER nicht, und eine Nachrechnung nach seinen Figuren bleibt aus dem Grunde unsicher,

weil die benutzte optische Kombination unzureichend angegeben ist. (Zeiß baut zwei Okulare „6“.)

Wenn das an den soeben geschilderten Verhältnissen Prinzipielle und für den weiteren Zusammenhang Wichtige kurz hervorgehoben sein soll, so ist es folgendes: Die Körper-

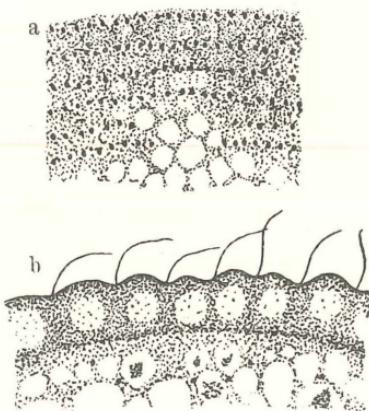


Fig. A.

Sämtliche Figuren wurden mit dem ABBÉ'schen Zeichenapparat entworfen.  
In den Figuren bedeutet:

bak = Basalkörperchen.  
bal = Basallamelle.  
bame = Basalmembran.  
bi = Binnenkörper.  
ce = Centriol.  
cy = Cytoprokt.  
da = dachförmige Leiste.  
'di = Diatomee.  
dif = Diffugia.  
eb = elastisches Band.  
end = endorale Membran.  
fu = Fußscheibe.  
la = Lamelle.  
ma = Macronucleus.  
mi = Micronucleus.  
mpl = Mantelplasma.  
mu = Mund.  
mugr = Mundgrube.  
muwu = Mundwulst.  
my = Myonem.  
na = Nahrungskörper bzw. -vakuole.

nu = Nucleus.  
par = parorale Membran.  
pb = Peristomband.  
pldif = Plasma der Diffugia.  
plr = Plasmaring.  
prä = präorale Membran.  
reu = Reusenstäbchen.  
ri = Rippenstreifen.  
 $r_1, r_2$  = hinterer bzw. vorderer Ring.  
s = Septum.  
schl = Schlund.  
spl = Schlundplasma.  
sr = Septalraum.  
tr = Trichocyste.  
ume = undulierende Membran.  
vac = pulsierende Vakuole.  
veba = Ventralband.  
wi = Wimperzone (Metopus).  
zi = Cilien.  
zo = adorale Zone.  
zw = Zwischenstreifen.

(Flemm = Flemming fortis; Pi = Pikrinsäure; Ess = Essigsäure; Fo = Formol; Tell = Tellyesniczky; Fu S = Fuchsin S; Li = Lichtgrün SF; Heid = Eisenhämatoxylin nach HEIDENHAIN; Häm = Hämatoxylin; Eos = Eosin; Thi = Thionin; 2 mm = ZEISS apochr. Immersion 2 mm; DD = ZEISS Obj. DD; C = ZEISS Obj. C; K 12 bzw. K 6 = ZEISS Komp. — Okulare.)

cilien stehen in Längsreihen; diese sind nur unwesentlich versenkt. Die Körperstreifung wird hervorgerufen durch dieses eine System paralleler Cilienreihen. Ein anderes, das erste kreuzende Streifen-system ist nicht vorhanden.

Das Beispiel der *Bursaria truncatella* wurde lediglich wegen der übersichtlichen Verhältnisse an die Spitze gestellt. Doch ist leicht einzusehen, daß diese Einstreifigkeit möglicherweise die bloße Folge des Auseinanderrückens ursprünglich viel engerstehender Cilienreihen ist. Wenn nämlich die Reihen auch nur um die Hälfte des vorhandenen Zwischenraumes einander genähert werden, und wenn der Abstand der Cilien innerhalb der Reihe ein konstanter ist, so kann

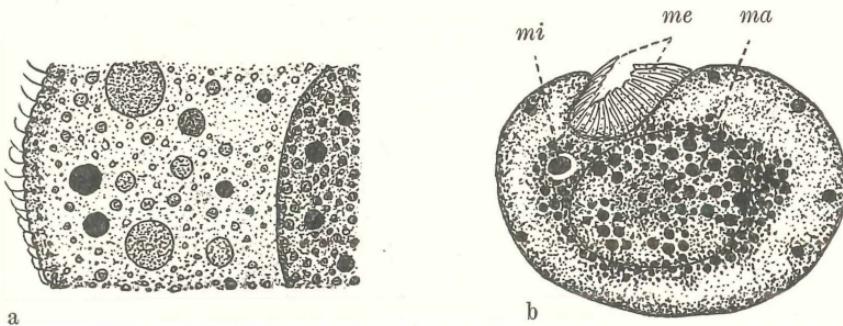


Fig. B. *Pleuronema chrysalis* EHRBG.

- a) Querschnitt;  $1\frac{1}{2} \mu$ ; 2 mm, K 12; Bouin; Heid-Lichtgrün; Vergr. 2000.  
 b) Querschnitt;  $1\frac{1}{2} \mu$ ; Bouin; HeidFuS; 2 mm, K 6; Vergr. = 1020.

mit Leichtigkeit ein zweites und drittes quer verlaufendes Linien-system zustandekommen. Es muß zustandekommen, sobald die Cilien der aneinander grenzenden Reihen in bestimmter Weise alternieren. Aus diesem Grunde müssen wohl die in der zweiten Gruppe dieses Abschnittes aufgeführten Beispiele als die primitiveren, wenn-gleich der Analyse schwerer zugänglichen bezeichnet werden.

Bevor wir uns jedoch deren Betrachtung zuwenden, seien noch zwei Vertreter des Bursariatypus erwähnt, zugleich als Beweis dafür, daß die gleichen Verhältnisse sich bei den verschiedensten, weit auseinanderstehenden Familien herausgebildet haben. Es handelt sich um die Pleuronematide (POCHE 1913) *Pleuronema chrysalis* EHRBG. und die Tracheliidé *Dileptus anser* O. F. M.

In Fig. Ba ist ein Querschnitt durch *Pleuronema chrysalis* EHRBG. abgebildet. Er zeigt uns die Cilienreihen, genau wie bei *Bursaria*, in ganz seichten Furchen. Der Abstand der Reihen beträgt in der Höhe des Kernes  $\frac{1}{2} \mu$  durchschnittlich. Ein anderes Streifensystem als dieses meridionale ist nicht vorhanden, wie aus Flächen-

schnitten hervorgeht. Es deckt sich dieses Ergebnis auch mit den von SCHEWIAKOFF (1888) gegebenen Schilderungen. Daß dieser Autor die einzelnen Cilien auf Papillen stehen läßt, erklärt sich aus der Tatsache, daß er als Schüler BüTSCHLI's in dessen Darstellungsweise befangen war.

*Dileptus anser* O. F. M. zeigt (Fig. C) dieselben Verhältnisse. Wir sehen die Cilien in Längsreihen angeordnet und in seichten, aber doch schon deutlicheren Furchen.

Ein anderes als dieses längsverlaufende Streifensystem existiert nicht. Die Entfernung der Reihen beträgt im Durchschnitt  $8\frac{1}{5}$ — $2\mu$  in der Mitte des Tieres.

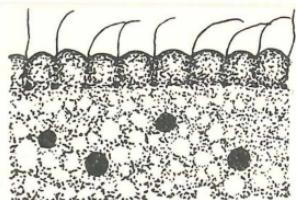


Fig. C.

*Dileptus anser* O. F. M. Querschnitt;  $2\mu$ ; Pi Ess, Heid Fu S; 2 mm, K 12; Vergr. = 2000.

fließende Übergänge, und wir beginnen am zweckmäßigsten mit der Besprechung eines Falles, der außer den Längsstreifen nur ganz undeutliche Querstreifen aufweist, mit *Lembadion bullinum* O. F. M.

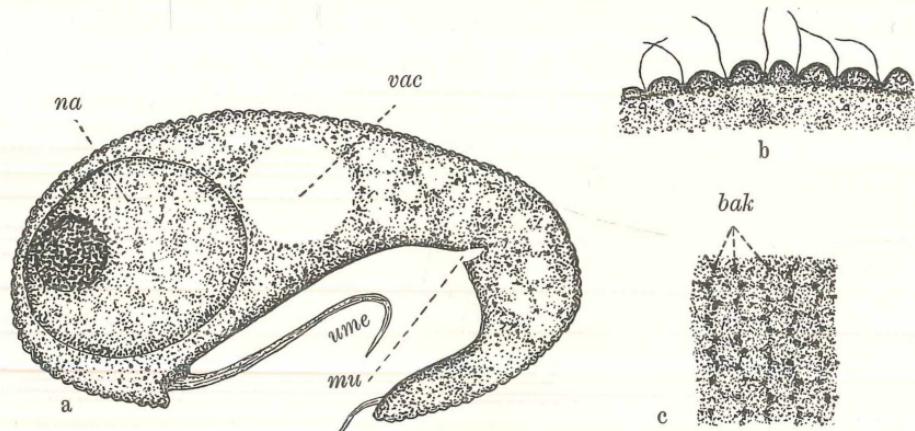


Fig. D. *Lembadion bullinum* O. F. M.

- a) Querschnitt;  $3\mu$ ; Flemm, Hämatoxylin-Eosin; DD, K 6; Vergr. = 475.
- b) Querschnitt;  $2\mu$ ; 2 mm, K 12; Vergr. = 2000.
- c) Oberflächenschnitt;  $2\mu$ ; Heid Fu S; 2 mm, K 12; Vergr. = 2000.

Im Querschnitt (Fig. D b, a) sehen wir tiefe Cilienfurchen zwischen fast halbkreisförmig vorspringenden Erhöhungen. Ein Vergleich mit Schnitten anderer Richtung lehrt, daß es sich nicht um durchlaufende

Längsrippen handelt; denn auch in Längsschnitten tritt uns dasselbe Bild entgegen. Aus diesen Tatsachen kann leicht der Schluß gezogen werden, daß es sich um runde oder polygonale Felder handeln muß, die im Zentrum stark erhoben sind und nach den Rändern hin steil in die Zwischenfurchen abfallen. Diese letzteren sind breit gerundet. Eine Bestätigung liefert denn auch der Flachschnitt (Fig. D c). Die soeben beschriebenen Erhebungen treten uns hier als undeutlich und unregelmäßig sechseckige Felder entgegen. Die sechs Seiten derselben sind ungleich; ihre Lage- und Größenverhältnisse gehen aus der Figur hervor. Wir sehen auf derselben immer einige der Seiten sich mehr oder weniger in ein längs gerichtetes Liniensystem einordnen, während die quer gerichteten Seiten so unregelmäßig eingefügt sind, daß ein quer gerichtetes Liniensystem wohl kaum in Erscheinung treten kann. Dies ist auch am Totalpräparat unschwer festzustellen. Betrachten wir nämlich ein solches bei schwächerer Vergrößerung, so werden die geringen Unregelmäßigkeiten der längs gerichteten Furchen zu einer einheitlichen Linie, einer meridionalen Furche, zusammenfließen. Die quer gerichteten dagegen, da sich ihre Teilstücke und damit die Gesichtseindrücke in unserem Auge nicht summieren, werden als indifferente Oberflächenzeichnung im Gesamteindruck untergehen, so daß praktisch nur ein Längsstreifensystem übrig bleibt, wie ein solches von den Autoren auch gezeichnet wird. Die Cilien sitzen in den Knotenstellen der Furchen auf relativ großen Basalkörnern, welche die an sich helleren Furchen optisch nahezu ausfüllen. Ein Gleiches bewirken die unter den Furchen sich hinziehenden dichteren Alveolenvände der Alveolarschicht (vgl. S. 253).

Die hier geschilderten Verhältnisse scheint SCHEWIAKOFF (l. c.) bereits recht gut erkannt zu haben; doch gibt er an, daß die Cilien auf den Papillen entspringen. Die durchschnittliche Entfernung der Längsfurchen beträgt in meinen Präparaten  $1\frac{1}{5} \mu$ , welche Zahl mit den aus der SCHEWIAKOFF'schen Figur 91 berechneten Werten gut übereinstimmt. Die von BüTSCHLI (p. 1280) gegebene Zeichnung stellt die Verhältnisse stark schematisiert dar und ist überdies von der späteren Beschreibung SCHEWIAKOFF's überholt.

Nunmehr soll der Fall einer doppelten Streifung behandelt werden. Während bei dem soeben besprochenen *Lembadion bullinum* die Streifung hervorgerufen wurde durch Zusammenwirken von Furchen und Basalkörnern, so tritt in dem folgenden Beispiele des *Urocentrum turbo* O. F. M. die Furchung vollkommen zurück, und die Streifung wird nur noch bewirkt durch bestimmte Anordnung der

Basalkörperchen. Diese erscheinen aber in zwei Richtungen eingeordnet, die sich nahezu rechtwinklig schneiden (Fig. E c, d, e). Sie liegen in den Eckpunkten kleiner Rhomben. Wir haben nun allen Grund, die Sechseckform als die ursprünglichere anzusehen,

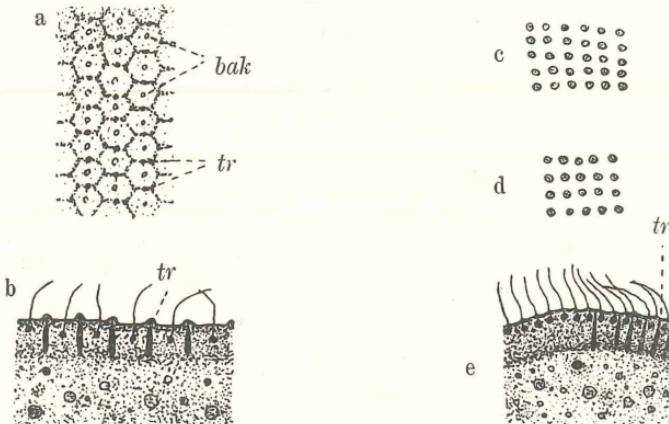


Fig. E a u. b. *Paramaecium caudatum* EHRBG.

- a) Oberflächenschnitt; 1  $\mu$ ; Flemm, HeidFuS; 2 mm, K 12; Vergr. = 2000.
- b) Querschnitt; 1  $\mu$ ; Flemm, HeidFuS; 2 mm, K. 12; Vergr. = 2000.
- c—e *Urocentrum turbo* O. F. M.
- c) Basalkörper des vorderen Wimperringes in Oberflächenansicht; Totalpräparat; Pi Ess, ungefärbt, verdünnt. Glyc; 2 mm, K 12: Vergr. = 2000.
- d) Desgl. im Oberflächenschnitt; 2  $\mu$ ; Pi Ess, Thionin; 2 mm, K 12; Vergr. = 2000.
- e) Querschnitt; 2  $\mu$ ; Pi Ess, HeidFuS; 2 mm, K 12; Vergr. = 2000.

da sie die beste Ausnutzung des Raumes gewährleistet und sich überall da einstellen wird, wo gleichen Kräften gleiche Entfaltungsmöglichkeiten gegeben sind. Es fragt sich nun, ob sich die bei *Urocentrum turbo* vorliegenden Rhomben auf Hexagone zurückführen lassen. Dies ist tatsächlich ohne Schwierigkeiten der Fall, und den Beginn einer solchen Umwandlung konnten wir bereits bei *Lembadion bullinum* feststellen, hervorgerufen durch die Neigung zu einer Abflachung der Sechsecke. Denken wir uns in Fig. F die Eckpunkte a und d nach innen

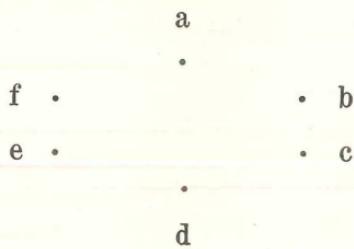


Fig. F (Schema).

wandernd, so entstehen schließlich zwei Quadrate, bzw. Rhomben, wenn das Sechseck verschoben war.

Fig. Ec zeigt uns die nach einem Totalpräparat, Fig. Ed die entsprechende, nach einem Oberflächenschnitt durch den vorderen Wimperring hergestellte Zeichnung der Basalkornanordnung. Beide decken sich vollkommen, eine gute Kontrolle der angewandten Konservierungsmethoden (PiEss; Osmiumsäure 1 Proz.).

Die Reihen sind  $\frac{4}{5} \mu$  weit voneinander entfernt; die Größe der Basalkörner beträgt etwa  $\frac{2}{5} \mu$ . Von der bei BÜTSCHLI (p. 1280) und SCHEWIAKOFF (l. c.) beschriebenen dreieckigen Felderung, hervorgerufen durch leistenartige Erhebung der Rhombenseiten und Diagonalen ist nichts zu bemerken. 1 Diagonale =  $1\frac{1}{2}$ —2 Basalkörner. 1 Rhombusseite = oder  $< 1$  Basalkorn. Deshalb und wegen der geringen Verschiebung ist ein drittes und vierter Liniensystem im Zuge der Diagonalen nicht weiter in die Augen fallend, obwohl vorhanden.

Der Querschnitt Fig. Ee zeigt die nahezu glatte Pellicula, die an den Durchbruchsstellen der Cilien um ein Geringes nach außen vorgewölbt erscheint.

Das Besondere an dem Beispiele des *Urocentrum turbo* gegenüber *Lembadion bullinum* ist also zunächst das doppelte Streifensystem, ferner aber der Ausgleich der Niveaudifferenzen des Oberflächenreliefs: Die Furchen verschwinden; die vorhandene Streifung wird nur noch erzeugt durch die Basalkörner.

Diese Verhältnisse erleichtern nun auch das Verständnis der folgenden Fälle, die zwar dem ersten Anschein nach mit den bei *Lembadion* geschilderten Einzelheiten übereinzustimmen scheinen, die aber bei näherem Zusehen sich als prinzipiell verschieden erweisen: Es ist zwar eine hexagonale Felderung vorhanden; die Felder aber sind eingesenkt, die Seiten erhaben. Das Beispiel des *Lembadion* ist in sein Gegenteil verkehrt. Die Cilien entspringen in den versenkten Feldern.

Wenig differenzierte Verhältnisse zeigt noch *Trachelius ovum* EHRBG. Die Oberfläche dieses Tieres ist, wie der tangential geführte Schnitt der Fig. Ga zeigt, in eine große Anzahl äußerst kleiner (durchschnittlich  $1 \mu$ ), hexagonaler Felder aufgeteilt. Diese erscheinen hell, die Kanten dagegen dunkler, was darauf hinweist, daß sie erhaben sind; die Felder sind um einen geringen Bruchteil eines  $\mu$  eingesenkt. Auf dickeren Schnitten ist von einer helleren Felderung infolgedessen nicht viel zu sehen. Die Cilien durchdringen die Mitte der sechseckigen Felder und entspringen im

tieferliegenden Ektoplasma auf sehr kleinen Basalkörperchen (*bak*). Weder die sehr dünnen Cilien, noch die ohne Anwendung spezieller Färbemethoden und hoher Vergrößerungen kaum sichtbaren Basalkörper können am Zustandekommen einer Streifung nennenswert beteiligt sein. Eine solche ist aber am Totalpräparat ohne Zweifel vorhanden. Es erhebt sich also die Frage, wie sie ohne Mitwirkung der Cilien entstehen kann.

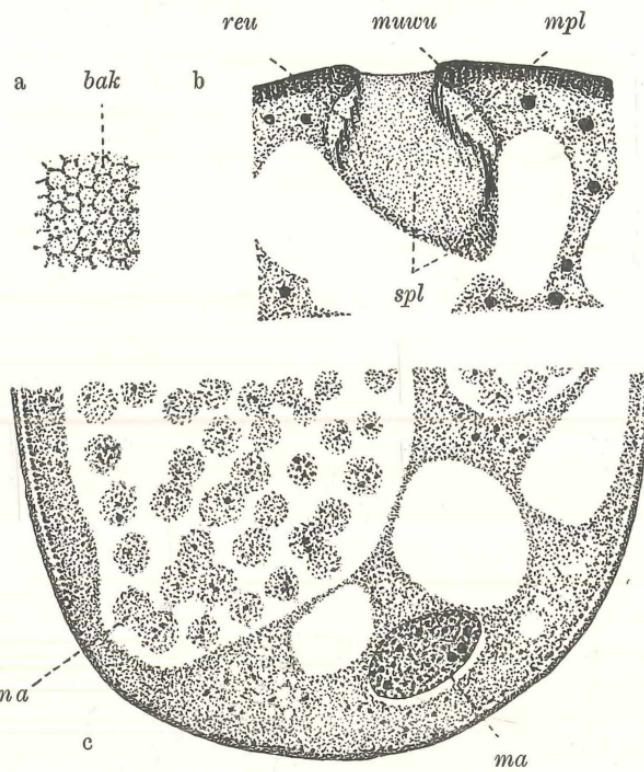


Fig. G. *Trachelius ovum* EHRBG.

- a) Oberflächenschnitt; 1  $\mu$ ; Flem, Heid FuS; 2 mm, K 12; Vergr. = 2000.  
 b) Längsschnitt durch den Reusenapparat; 1  $\mu$ ; Flem, Heid Li; 2 mm, K 6; Vergr. = 1020. c) Querschnitt; 1  $\mu$ ; PiEss, Heid Li; DD, K 6; Vergr. = 475.

Betrachten wir den Schnitt Fig. G a, in welchem die Richtung „Nord-Süd“ der Längsrichtung des Tieres entspricht, so sehen wir, daß die in dieser Richtung liegenden Seiten der Sechsecke, die je einer sehr feinen Plasmaleiste entsprechen, sich zu schwach gebrochenen, längs verlaufenden Linien aneinanderfügen. Die Querstücke lassen sich unter Vermittlung je einer längs verlaufenden Sechseckseite zwar auch zu ähnlichen, gebrochenen Linien zusammenfügen, doch sind die entstehenden Winkel kleiner, einem Rechten

genähert, so daß die von ihnen gebildete Zickzacklinie wegen des größeren Ausschlages der Teilstücke viel schwerer als Einheit erkannt wird, wovon man sich überzeugen kann, wenn man Fig. G a dreht.

Wenn wir nun das Tier bei schwächerer Vergrößerung betrachten, so werden die in der Längsrichtung liegenden Seiten wegen der Geringfügigkeit des Ausschlages zu einer Längslinie verschmelzen. Ein zweites, das erste kreuzendes Liniensystem tritt nicht in Erscheinung, da wegen des größeren Ausschlages eine Summierung der Teilstücke erschwert ist, ganz abgesehen davon, daß die Figuren viel zu unregelmäßig sind. Es ist jedoch ein solches zweites Liniensystem in den geschilderten Verhältnissen sehr wohl, wenn auch implicite enthalten, und man braucht sich nur vorzustellen, daß in der Anordnung der quer gerichteten Liniensegmente eine größere Gesetzmäßigkeit Einfluß gewinnt, um ein solches sofort entstehen zu lassen.

Dieser Fall ist denn auch eingetreten; Beispiel hierfür sei *Paramaecium caudatum* EHRBG.

Auf dem Flächenschnitt, Fig. E a, sehen wir wie bei *Trachelius ovum* Reihen von Sechsecken, die bei *Paramaecium* aber viel regelmäßiger ausgebildet und nahezu gleichseitig sind. Die Kanten sind dunkler, die Felder hell; der Querschnitt Fig. E b bestätigt die Vermutung, daß die dunklen Kanten, ähnlich wie bei *Trachelius*, hervorragenden Plasmabälkchen entsprechen. Sie sind hier jedoch deutlicher ausgeprägt und erreichen eine Höhe von etwa  $1/4 \mu$ . Sie entfernen das Beispiel des *Paramaecium* noch weiter von den zuerst beschriebenen Fällen, in denen Cilienfurchen Zustandekommen einer Streifung bedingen.

In der Mitte eines jeden Feldes sehen wir ein Basalkorn (bak). Die Cilie durchdringt also die Pellicula in der Mitte des eingesenkten Hexagons. Unterhalb der Plasmabälkchen, meist in deren Mitte, stehen die Trichocysten (tr). Der Reihenabstand beträgt in der Mitte des Tieres durchschnittlich  $1-1\frac{1}{5} \mu$ .

Wenn wir nun die vorstehend skizzierten Strukturen der Körperoberfläche von *Paramaecium caudatum* mit den vorher geschilderten Verhältnissen, speziell den bei *Trachelius ovum* angetroffenen in Beziehung bringen wollen, so ist als das prinzipiell Gleiche die Aufteilung der Oberfläche in eingesenkte sechseckige Feldchen hervorzuheben. Die Streifung wird von Plasmabälkchen hervorgerufen.

Als höhere Ausbildungsstufe dagegen und zugleich weit über die bei *Trachelius* angetroffenen Verhältnisse hinausführend, erkennen

wir die fast geometrische Gleichheit der einzelnen Felder. Denn nach allem, was bei den vorausgegangenen Beispielen angeführt wurde, ist leicht einzusehen, daß bei schwächerer Vergrößerung das im Bilde Fig. E a nord-südlich, im Präparat aber längs verlaufende System gebrochener Linien als parallele Längsstreifung erkennbar werden muß. Die quer gerichteten Verbindungsstücke aber ordnen sich, da sie regelmäßig alternieren, in zwei verschiedene Linienysteme ein; beide schneiden das meridionale Streifensystem unter einem Winkel von 60°.

Bei der Häufigkeit des Objektes und seiner Beliebtheit für allerlei Untersuchungen, erscheint es als beinahe selbstverständlich, daß die soeben beschriebenen Organisationsverhältnisse nicht unbekannt geblieben sind. Tatsächlich hat auch bereits BÜTCHELI, nachdem MAUPAS die Felder für rhombisch erklärt hatte,<sup>1)</sup> die Entstehung der Streifung aus der hexagonalen Felderung prinzipiell richtig abgeleitet (p. 1281). Freilich hält er hier die Felder noch für Ciliennpapillen, wohingegen MAUPAS sie für eingesenkt erklärt; auch die Gestalt der Felder im einzelnen ist noch nicht zutreffend wiedergegeben (l. c., p. 1282, Fig. 13). Diese entspricht eigentlich, ebenso wie die von MAIER (l. c., Taf. III, Fig. 6 a), mehr den Verhältnissen bei *Trachelius ovum*. In Wirklichkeit nähern sich die Felder der regelmäßigen Sechseckform viel mehr.

Wenn die in dem vorstehenden Abschnitt besprochenen Tatsachen kurz zusammengefaßt werden sollen, so ist etwa folgendes zu bemerken:

1. Bei sehr dicht bewimperten holotrichen Ciliaten erzeugen die Cilien, bzw. die Strukturen der Pellicula in ihrem Umkreis, einfache Längsstreifen, wenn die Bildungen benachbarter Streifen nicht in regelmäßiger Weise alternieren (*Lembadion*, *Trachelius*), mehrfache Streifensysteme aber, wenn dies der Fall ist (*Urocentrum*, *Paramaecium*).

2. Rücken die Ciliensäulen auseinander, so gehen die Beziehungen zu quer oder schräg verlaufenden Streifensystemen verloren, und nur ein Längsstreifensystem bleibt erhalten (*Pleuronema*, *Dileptus*, *Bursaria*).

Diese Fälle führen aber in kontinuierlicher Reihe zu der folgenden Gruppe:

<sup>1)</sup> Nach SCHUBERG (1905) haben beide recht, da die Felder in der Nahtgegend rhombisch sind.

## b) Cilienreihe — freies Feld — Cilienreihe.

Direkt an das Beispiel der *Bursaria truncatella* schließt sich *Frontonia leucas* EHRBG. an. Auf einem Flächenschnitt durch dieses holotrichie Infusor sehen wir (Fig. H a) wie bei *Bursaria* Reihen sehr dicht stehender Basalkörperchen, die mit einem durchschnittlichen Abstand von  $1\frac{4}{5}$ — $2\text{ }\mu$  nahezu parallel in der Längsrichtung des Tieres verlaufen. Innerhalb dieser Reihen ergaben Messungen die Anwesenheit von 7—8 Basalkörperchen auf  $3\text{ }\mu$  langen Strecken;

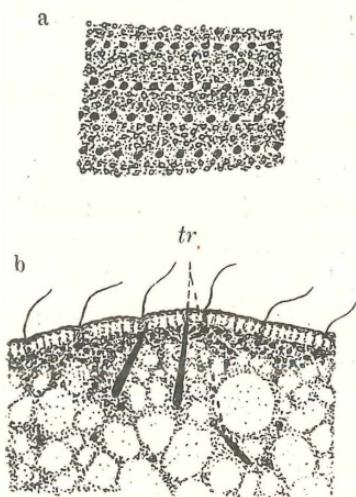


Fig. H.

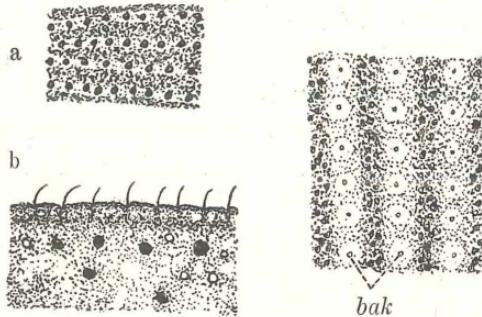


Fig. J.

Fig. K.

Fig. H. *Frontonia leucas* EHRBG.

- a) Flächenschnitt;  $2\text{ }\mu$ ; Pi Ess, Heid Fu S; 2 mm, K 12; Vergr. = 2000.  
 b) Querschnitt;  $2\text{ }\mu$ ; Pi Ess, Heid Fu S; 2 mm, K 12; Vergr. = 2000.

Fig. J. *Plagiopyla nasuta* STEIN.

- a) Flächenschnitt;  $1\text{ }\mu$ ; Flemm, Heid Li; 2 mm, K 12; Vergr. = 2000.  
 b) Querschnitt;  $1\text{ }\mu$ ; Flemm, Heid Li; 2 mm, K 12; Vergr. = 2000.

Fig. K. *Nassula aurea* EHRBG.

- Oberflächenschnitt;  $1\text{ }\mu$ ; Pi Ess, Heid Fu S; 2 mm, K 12; Vergr. = 2000.

die Abstände betragen mithin  $\frac{3}{7}$ — $\frac{3}{8}\text{ }\mu$  im Durchschnitt. Im Zuge der Basalkörperreihen bemerken wir hellere Streifen, denen die Basalkörper eingepflanzt erscheinen. Hier liegt im Schnitt weniger Plasma; der hellere Streifen entspricht einer Längsfurche am lebenden Objekt. Diese Längsfurchen sind noch flach und am quergeschnittenen Objekt (Fig. H b, V, b) nur unsicher wiederzuerkennen. In der Fig. H a sind sie etwas übertrieben dargestellt. Dagegen ist hier (Fig. H b), zwischen den einzelnen Cilienreihen eine feine Kerbung zu sehen, die mit den darunterliegenden Alveolarbalkchen korrespondiert. Ob

es sich bei diesen feineren Einzelheiten um Quellungs- oder Schrumpfungserscheinungen post mortem handelt, wird sich wohl schwerlich entscheiden lassen.

Die in bezug auf die Längsreihen gemachten Angaben jedoch lassen sich am lebenden Präparate bestätigen. SCHEWIAKOFF (l. c., p. 38), spricht sich über den Reihenabstand nicht aus; aus seinen Figuren berechnet er sich auf etwa  $3\ \mu$ , wobei aber zu berücksichtigen wäre, daß SCHEWIAKOFF die Streifen, wie der Augenschein lehrt, nicht einzeln mit dem Zeichenapparat eingetragen hat. Bedenkt man dies, so müssen die beiden Zahlen als sich gegenseitig bestätigend angesehen werden.

Ganz ähnliche Verhältnisse in bezug auf die Oberflächenstruktur zeigt auch *Plagiopyla nasuta* STEIN.

Dieses heterotrichie, im Sumpfwasser mit den Caenomorphiden zusammen anzutreffende Infusor läßt im Flachschnitt (Fig. Ja) ziemlich regelmäßige Längsreihen erkennen, deren Abstand am Scheitel des Tieres  $\frac{6}{5} - \frac{8}{5}\ \mu$  beträgt. Messungen am Totalpräparat bestätigen diese Werte auch für mittlere Körperpartien; hieraus ergibt sich, daß die Reihen bei *Plagiopyla nasuta* wenig verändert über den vorderen Körperpol hinwegziehen. Innerhalb der Reihen beträgt die Entfernung der großen, runden Basalkörper im Mittel  $1\ \mu$ , was sich ebenfalls am Totalpräparat bestätigen läßt. Die Cilien sitzen in Längsfurchen (Fig. Jb).

Das sog. quergestreifte Band der *Plagiopyla* gehört nicht unter das Kapitel Oberflächenstrukturen; es stellt ein Membranellenband dar, das später beschrieben werden soll (Fig. M<sub>1</sub>).

Seltsame, doch durchaus in den Rahmen dieses Abschnittes fallende Organisationsverhältnisse weist *Nassula aurea* EHRBG. auf. Auf Flächenschnitten (Fig. K) erkennen wir die hexagonale Felderung der Verwandten unter den holotrichen Ciliaten wieder, aber in eigenartiger Weise durch strukturlose Zwischenzonen isoliert. Zunächst erscheinen die Felder durch längs verlaufende cilienfreie Streifen auseinandergedrängt. Dann aber haben sich auch im Zuge der gefelderten Streifen Plasmabezirke zwischen die einzelnen Sechsecke eingeschoben und dieselben auch in dieser Richtung isoliert.

Die cilienfreien Längsstreifen geben sich im Präparat als dunkler gefärbte Plasmapartien zu erkennen, in welche eine größere Zahl von Granulis eingebettet ist. Die gefelderten Streifen dagegen sind etwas weniger intensiv gefärbt, also wohl ein wenig eingesenkt; auch fehlen hier die größeren Granula. Die einzelnen Felder endlich sind fast regelmäßig sechseckig und lassen in ihrer Mitte je ein

Basalkorn erkennen. Der Abstand der Streifen =  $2\frac{1}{2} \mu$ ; derjenige der Basalkörper = durchschnittlich  $\frac{8}{5} \mu$ ; die Tiefe der Einsenkung bleibt unterhalb  $\frac{1}{2} \mu$ . (Daß sie dennoch sichtbar wird, erklärt sich aus der geringen Schnittdicke, sowie dem Vorhandensein der Granulationen in den cilienfreien Streifen.)

SCHEWIAKOFF (l. c., p. 28 und Taf. III) scheint die soeben geschilderten Verhältnisse an seinen Totalpräparaten und optischen Schnitten nicht klar erkannt zu haben. Er spricht zwar auch von regelmäßig hexagonalen Feldern, die von erhöhten Wülsten umzogen werden, zeichnet diese jedoch viel zu schmal, die Ciliën zudem auf den Wülsten und auf diesen noch aufgesetzten Papillen.

Die in vorstehendem Abschnitt behandelten Ciliaten deuten also trotz weitgehender individueller Differenzen auf den gleichen Entwicklungsprozeß hin: Die ursprünglich eng stehenden Ciliënreihen des ersten Typus rücken auseinander; die Verschiedenheit im einzelnen erklärt sich wohl daraus, daß dieser Prozeß an verschiedenen Stellen im Ciliatenstammbaum eingesetzt hat. Erkennbar war auch bereits die Tendenz, die zu der nächsten Gruppe überleitet, die Versenkung der Ciliënreihen. Deutken wir uns diese Versenkung weiter ausgeprägt und gleichzeitig die cilienfreien Streifen nach außen vorgewölbt, so kommen wir zu dem neuen Typus:

### c) Ciliénfurche — Rippenstreifen — Ciliénfurche.

Als Repräsentant dieser Gruppe wollen wir zunächst *Blepharisma lateritium* EHRBG., ein heterotriches Infusor, betrachten.

Die im vorigen Abschnitte beschriebenen Verhältnisse treten uns im Flächenschnitt insofern wieder entgegen, als wir (Fig. La) Reihen von Basalkörpern erkennen, die sich in der Längsrichtung über die Oberfläche des Tieres hinziehen und von breiten cilienfreien Bändern getrennt werden. Die bei *Frontonia* (Fig. Ha) bereits angedeutete hellere Streifung im Zuge der Basalkornreihen ist aber hier viel auffälliger, was den Schluß erlaubt, daß die den helleren Streifen entsprechenden Furchen stärker vertieft sind. Dies wird denn auch durch den Querschnitt (Fig. Lb) bestätigt. Wir sehen hier, daß die Ciliën in tiefen Furchen sitzen, zwischen denen sich die cilienfreien Längsstreifen breit und hoch vorwölben. Diese stark vorgewölbten cilienfreien Bänder, die schon bei schwacher Vergrößerung sehr in die Augen fallen, und die dem Tiere eine ausgesprochene Längsstreifung aufprägen, nennt man seit langem bei dem verwandten Stentor „Rippenstreifen“, welcher Ausdruck

hier auch für die vorliegenden, ganz entsprechenden Bildungen gebraucht sei.

Diese Rippenstreifen nun erscheinen in der Mitte abgeflacht, wenigstens bei ausgestreckten Exemplaren, so daß der Eindruck einer einheitlichen Körperoberfläche erweckt wird, in welche sich die Cilienfurchen wie Flüsse auf einem Plateau eingegraben haben. Diese Darstellung dürfte wohl auch dem stattgefundenen Entwicklungsprozeß nahekommen: Die Cilienfurchen sind durch Versenkung entstanden, nicht aber durch Vorwölbung der Zwischenpartien.

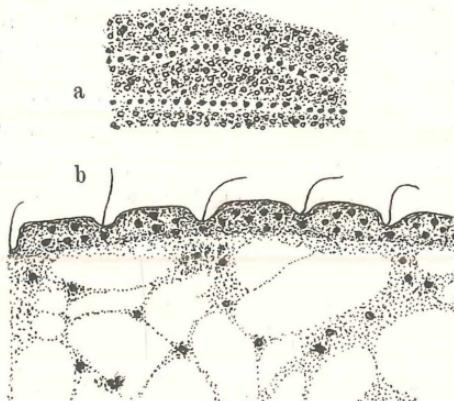


Fig. L.

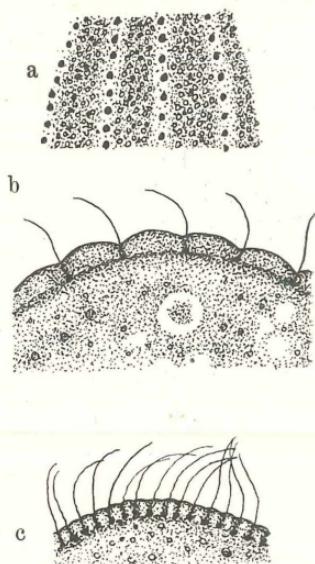


Fig. M.

Fig. L. *Blepharisma lateritium* EHRBG.

- a) Oberflächenschnitt;  $2\ \mu$ ; Bouin, Thi; 2 mm, K 12; Vergr. = 2000.  
 b) Querschnitt;  $2\ \mu$ ; Bouin, Heid Li; 2 mm, K 12; Vergr. = 2000.

Fig. M. *Metopus sigmoides* CLAP. et LACHM.

- a) Oberflächenschnitt;  $2\frac{1}{2}\ \mu$ ; Flemm, Heid FuS; 2 mm, K 12; Vergr. = 2000.  
 b) Querschnitt;  $2\frac{1}{2}\ \mu$ ; Flemm, Thi; 2 mm, K 12; Vergr. 2000.  
 c) Schnitt durch eine Cilienreihe;  $2\frac{1}{2}\ \mu$ ; Pi Ess, Thi; 2 mm, K 12; Vergr. = 2000.

Der Abstand der Cilienfurchen ist an den einzelnen Körperstellen verschieden; in der Mitte finden sich Werte von  $4\frac{4}{5}\ \mu$  (Fig. L b), nach den Körperenden zu verschmälern sie sich bis auf  $\frac{7}{5}\ \mu$ . Die Cilien sind auf großen und engstehenden Basalkörpern inseriert (Fig. L a, b). Deren Abstand beträgt auch bei wenig kontrahierten Tieren nicht viel mehr als  $\frac{1}{2}\ \mu$ .

Die vorstehend skizzierten Organisationsverhältnisse haben nun bei *Blepharisma lateritium* ein ausgeprägtes Oberflächenrelief erzeugt, das wir bei einer ganzen Reihe von heterotrichen Verwandten dieses

Tieres in gleicher Ausbildung wiederfinden, so z. B. bei *Metopus sigmoides* CLAP. et LACHM. Auf dem Flächenschnitt (Fig. Ma) sehen wir sehr schön die hellen Cilienfurchen, in denen die großen, runden Basalkörper sitzen, und die dunkleren Rippenstreifen. Die Entfernung der Basalkornreihen =  $2 \mu$  durchschnittlich, die der einzelnen Basalkörper  $\frac{3}{5}$ — $\frac{4}{5} \mu$ .

Der Querschnitt (Fig. Mb, L<sub>1</sub>) zeigt die Rippenstreifen und die etwas schwächer als bei *Blepharisma* ausgeprägten, auch nicht so breit gerundeten Cilienfurchen. An der Grenze zwischen Alveolarschicht und Corticalplasma liegen die Basalkörper, von denen aus die Cilie durch die äußeren Ectoplasmaschichten hindurch bis an die Körperoberfläche zu verfolgen ist, ein Verhalten, das mit Sicherheit nicht eben bei vielen Ciliaten zu konstatieren ist (wegen der Kleinheit der betreffenden Teile) und deshalb hier Erwähnung finden mag.

Fig. Mc zeigt schließlich einen Schnitt, der eine Längsreihe von Basalkörpern getroffen hat. Hier stehen die Cilien demgemäß viel enger als in dem Querschnitt. Die Entfernungen entsprechen den bereits erwähnten. Auch hier können wir den gesamten Verlauf der Cilie vom Basalkorn bis an die Körperoberfläche verfolgen. Wir sehen außerdem, daß eine jede Cilie innerhalb einer Alveolarwand zur Pellicula emporsteigt.

*Nyctotherus macropharyngeus* BEZZ. Diese im Enddarme brasilianischer und asiatischer Anuren angetroffene und von den bekannten Species der Gattung durch die Ausbildung der Mundgegend unterschiedene Form sei hier als letzter Vertreter der in die vorliegende Typenreihe gehörigen Heterotrichen noch kurz erwähnt.

Auf dem Flächenschnitt (Fig. Na) tritt uns wieder die deutliche Furchen- und Rippenstreifenbildung entgegen. Die Basalkörper stehen sehr dicht, ( $\frac{1}{2} \mu$ ), und tragen besonders am Vorderende (Fig. Na) auffallend lange Cilien.

Der auf dem Querschnitt (Fig. Nb) in gleicher Größe zu konstatierende Reihenabstand beträgt  $\frac{6}{5}$ — $\frac{8}{5} \mu$ . Hier tritt auch das durch die tiefen Cilienfurchen erzeugte Oberflächenrelief sehr klar in Erscheinung. Die Furchen verlaufen längs; ein spitzwinkliges Zusammenstoßen derselben auf der linken Körperseite (vgl. auch BÜTSCHLI, p. 1291), wie es seit STEIN von einer ganzen Reihe von Autoren für verschiedene Spezies von *Nyctotherus* beschrieben und gezeichnet wurde, konnte ich bei der vorliegenden Art nicht erkennen. ARAGÃO (1912) hat ein solches Zusammenstoßen in seiner Fig. A zum Ausdruck gebracht. Allerdings beschreibt ARAGÃO seine Form als *N. cordiformis* STEIN, doch handelt es sich wohl ohne Zweifel

um *N. macropharyngeus*, da ich meine Exemplare ebenfalls in der Umgegend von Rio de Janeiro gesammelt habe, und da sie aus den gleichen Wirtstieren stammen (*Leptodactylus ocellatus* und *Bufo marinus*).

Die Ausbildung von Cilienfurchen und Rippenstreifen bleibt jedoch nicht auf die Heterotrichen beschränkt; wir finden vielmehr auch holotrichie Infusoren, die dieselben Bauverhältnisse aufweisen. Beispiel hierfür sei *Loxophyllum meleagre* O. F. M. Das Oberflächenrelief dieses Tieres ähnelt sehr dem der im vorstehenden beschriebenen Ciliaten. Es ist höchstens hervorzuheben, daß die Cilienreihen, wie aus Fig. Oa hervorgeht, nicht parallel laufen, und daß auf der

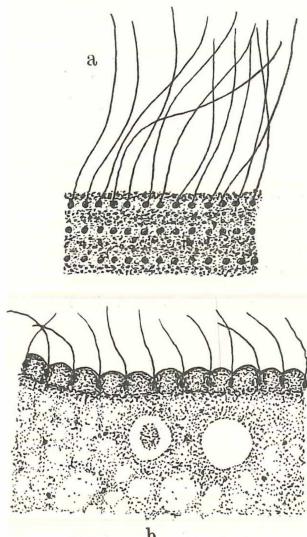


Fig. N.

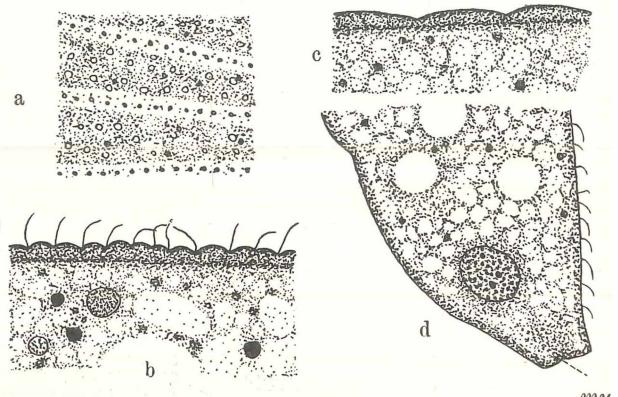


Fig. O.

Fig. N. *Nyctotherus macropharyngeus* BEZZ.

a) Flächenschnitt, Vorderende;  $1\frac{1}{2} \mu$ ; Tellyesniczki, HeidFuS; 2 mm, K 12; Vergr. = 2000. b) Querschnitt, ebenso.

Fig. O. *Loxophyllum meleagre* O. F. M.

a) Oberflächenschnitt;  $2 \mu$ ; PiEss, Säurekarmin P. MAYER; 2 mm, K 12; Vergr. = 2000. b) Querschnitt, rechte Seite;  $2 \mu$ ; Subl. konz. wässr., HeidFuS; 2 mm, K 12; Vergr. = 2000. c) Querschnitt, linke Seite;  $2 \mu$ ; 2 mm, K 12; Vergr. = 2000. d) Querschnitt d. d. Mundgegend; DD, K 12; Vergr. = 2000.

linken Körperseite eine weitgehende Reduktion des Cilienkleides stattgefunden hat (Fig. O c), wie dies BüTSCHLI (p. 1692) schon als wahrscheinlich hingestellt hatte. Wir sehen als letzten Hinweis auf die ursprünglich auch auf dieser Seite vorhanden gewesene Beimperung noch flache Furchen und Rippenstreifen, ein bemerkens-

wertes Analogon zu den bei den Hypotrichen noch zu beschreibenden Verhältnissen.

Bei allen im vorstehenden Abschnitt behandelten Ciliaten folgten sich also: Cilienfurche — Rippenstreifen — Cilienfurche. Eine Weiterbildung des Typus muß dann eintreten, wenn hierzu kontraktile Elemente des Ectoplasmas treten. Nun ist ja schon *Blespharisma lateritia* nicht unbeträchtlich kontraktile; es ist mir jedoch nicht gelungen, Myoneme zu erkennen, welche im nächsten Typus auftreten.

*mu* *wu* *reu*

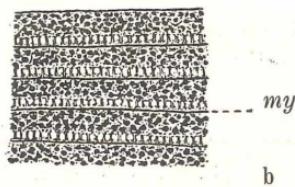
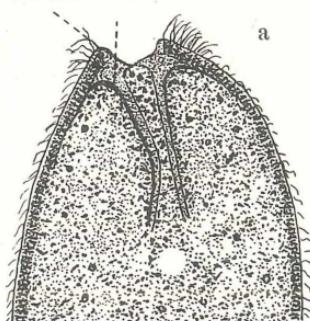


Fig. P.

*Prorodon teres* EHRBG.

a) Längsschnitt d. d. Reusenapparat; 2  $\mu$ ; Pi Ess, Heid Fu S; DD, K 6; Vergr. = 475. b) Oberflächenschnitt; 2  $\mu$ ; 2 mm, K 12; Vergr. = 2000.

Fig. Q. *Spirostomum ambiguum* EHEBG.

a) Querschnitt; 2  $\mu$ ; Pi Fo Ess.; Heid Li; 2 mm, K 12; Vergr. = 2000. b) Oberflächenschnitt; ebenso.

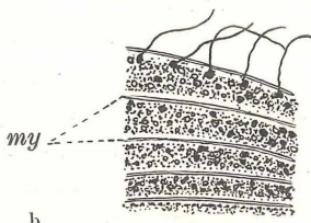
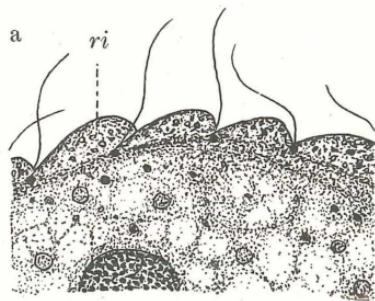


Fig. Q.

d)  $\left\{ \begin{array}{c} \text{Cilienfurche} \\ + \\ \text{Myonem} \end{array} \right\} - \text{Rippenstreifen} - \left\{ \begin{array}{c} \text{Cilienfurche} \\ + \\ \text{Myonem} \end{array} \right\}$

*Prorodon teres* EHRBG. Bei diesem Tier sind Myoneme bereits deutlich ausgeprägt; es mag daher den Typus repräsentieren.

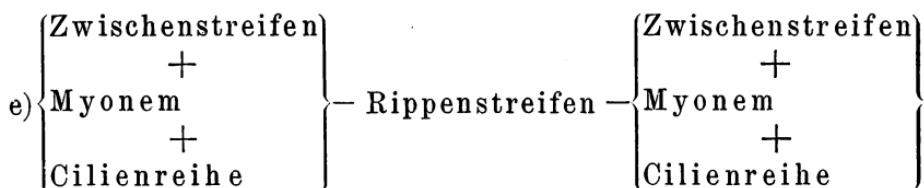
Fig. Pb zeigt im Flächenschnitt die längs verlaufenden, dunkler gefärbten und dichter granulierten Rippenstreifen. Außerdem sehen wir intensiver gefärbte Myonemfäden, die sich an der Grenze zwischen Rippenstreifen und Cilienfurche hinziehen (my).

Die Cilienfurchen sind hier sehr deutlich; ihr helleres Areal erscheint auf dünnen Schnitten in eigenartiger Weise durch quer gestellte, dichtere Plasmabrücken aufgeteilt. Offenbar handelt es sich hierbei um von oben gesehene, regelmäßig angeordnete Alveolarwände. Unter einer jeden Cilienfurche zieht sich also eine Reihe von Alveolen hin, die in ihrer Größe derselben genau entsprechen. Bei genauerem Zusehen zeigt es sich, daß die Alveolenwände gegen die Seitenränder der Cilienfurchen hin verbreitert sind, daß also die einzelnen Alveolen kein kubisches, sondern ein polyedrisches, wahrscheinlich der Kugelgestalt genähertes Lumen besitzen.

Die Basalkörper der Cilien liegen an dem einen Rande der Cilienfurche und sind unter der Masse der aufgehäuften Körper nicht zu unterscheiden. (Unter „Körnern“ hat man hier sowohl die quer geschnittenen Trychocysten, als auch echte Granula zu verstehen.)

Ähnlich wie *Prorodon teres* ist auch *Holophrya discolor* EHRBG. (*Prorodon discolor* BLOCHM.) gebaut, die von SCHEWIAKOFF (l. c., Taf. I Fig. 3—8, 10) nach optischen Schnittbildern bereits in zutreffender Weise geschildert worden ist.

Sahen wir also in dem geschilderten Typus d aufeinanderfolgen: (Cilienfurche mit Myonem) — Rippenstreifen — (Cilienfurche mit Myonem), so kann es nicht schwer fallen, auch die folgenden Beispiele in direkten Zusammenhang mit den Gliedern der bisher beschriebenen Reihe zu bringen: Im weiteren Verlaufe der Entwicklung verbreitert sich die bereits bei *Prorodon* nicht sehr schmale Sohle der Cilienfurche; es entsteht ein Zwischenstreifen. Die Cilien und der Myonemfaden aber rücken nach dem einen Rande des Zwischenstreifens, was ja bereits bei *Prorodon* angedeutet ist. Wir gelangen auf diesem Wege zu einem neuen Typus, dem höchsten dieser Reihe:



Als einführendes Beispiel und Übergangsform, noch sehr eng an die Organisationsverhältnisse des zuletzt behandelten Typus angeschlossen, mag *Spirostomum ambiguum* EHRBG. hier angeführt werden. Betrachtet man einen Querschnitt (Fig. Q a, O<sub>1</sub> a—c), so wird man die Zwischenstreifen in den meisten Fällen überhaupt gänzlich vermissen; denn *Spirostomum* ist hochkontraktil, und auch bei guter Fixierung wird

eine schwache Torsion und damit eine Überdeckung der an und für sich schmalen Zwischenstreifen eingetreten sein. Bewegt man jedoch die Mikrometerschraube, so sieht man die sanft abfallenden Kanten der Rippenstreifen (Fig. Q a) hinter, bzw. unter den steil abfallenden verschwinden, was natürlich auf die Anwesenheit schmaler Zwischenstreifen hinweist. Am Querschnitt ist es wegen der zahlreichen vorhandenen Granula oft nicht möglich, Basalkorn und Myonem zu unterscheiden. Leicht gelingt jedoch der Nachweis der Myoneme im Flachschnitt (Q b, *my*), da sie hier als Linien erscheinen. Hier sehen wir auch einen helleren Saum an den Myonemfäden entlang ziehen, den Zwischenstreifen.

Wenn man nun dieses Bild mit dem entsprechenden von *Prorodon* vergleicht (Fig. P b), so kann eine weitgehende morphologische Übereinstimmung kaum übersehen werden. Deutlicher ausgeprägt ist lediglich der Myonemfaden. Geändert hat sich ferner die Richtung des Streifenverlaufs; sie ist nicht mehr rein meridional, sondern verläuft spiraling. Der Zwischenstreifen selbst erinnert noch an *Prorodon*. Wie weit die Bildung bei *Spirostomum* jedoch von denjenigen bei *Prorodon* tatsächlich schon entfernt ist, das beweist die bekanntlich äußerst ungleiche physiologische Leistungsfähigkeit der ganzen Anlage.

Der Abstand der Rippenstreifen betrug am Scheitel des Tieres (Fig. Q b)  $\frac{8}{5}$ — $2\mu$ , in der Körpermitte (Fig. O<sub>1</sub> b, c) bis zu  $5\mu$ . Die Erhebung der Rippenstreifen über die tiefste Stelle des Zwischenstreifens betrug bis zu  $1\frac{1}{2}\mu$ ; es ist einleuchtend, daß durch derartige Unterschiede im Relief eine sehr ausgesprochene Oberflächenstreifung zustandekommen muß.

Während nun in diesem Beispiele die Ausbildung der Zwischenstreifen noch nicht sehr klar zu erkennen war, so zeigt *Stentor coeruleus* EHREBG. aufs deutlichste alle in dem Typus e zur Ausbildung gelangenden Strukturelemente (Fig. R, S, P<sub>1</sub>—R<sub>1</sub>). Wenn an dieser Stelle trotz der ausführlichen Bearbeitung, die dieses Tier auch in der hier interessierenden Beziehung bereits erfahren hat, nochmals die Sprache auf dasselbe gelenkt wird, so geschieht das nicht nur deshalb, um in der Gesamtreihe den Hauptrepräsentanten der höchsten Stufe nicht fehlen zu lassen, sondern auch, weil trotz der häufigen Bearbeitung noch Widersprüche bestehen, so daß es nicht unerwünscht sein kann, für diese oder jene Ansicht neue Zeugnisse zu hören.

Vergleicht man den Flächenschnitt (Fig. R b) mit dem Querschnitt (Fig. R a), so erkennt man sofort Anwesenheit und charakteristische Lagerung der einzelnen Elemente: Zunächst fallen die

breiteren (2—4  $\mu$ ) und dunkleren Rippenstreifen auf, in denen allein das blaue Pigment abgelagert ist. Im Querschnitt sehen wir sie, je nach dem Grade der Kontraktion, mehr oder weniger weit vorgewölbt (*ri*).

Zwischen die Rippenstreifen schieben sich schmälere, kein Pigment enthaltende Zwischenstreifen ein (*zw*), durch Fuchsin S deutlich rot gefärbt ( $1\frac{1}{5}$ — $1\frac{3}{5}$   $\mu$ ). In den Zwischenstreifen verläuft,

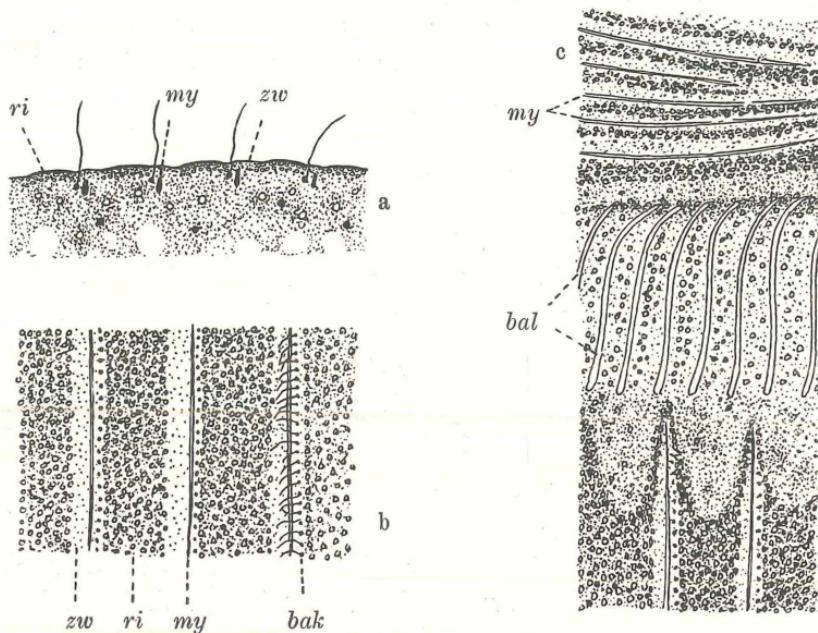


Fig. R. *Stentor coeruleus* EHRBG.

- a) Querschnitt, Körpermitte; 2  $\mu$ ; PiFo Ess, Heid Fu S; 2 mm, K 2; Vergr. = 2000.  
 b) Oberflächenschnitt, Körpermitte; 2  $\mu$ ; sonst ebenso.  
 c) Tangentialschnitt d. d. Basis d. adoralen Zone;  $1\frac{1}{2}$   $\mu$ ; sonst ebenso.

dem einen (rechten) Rande genähert, ein noch intensiver mit Fuchsin S gefärbter, bei ungenügender Differenzierung nach Heidenhain-färbung aber tief schwarz erscheinender Myonemfaden (Fig. R, S (*my*)). In Fig. Ra erkennt man auch die Gestalt seines Querschnittes als oval bis bandförmig gestreckt, je nach dem Kontraktionszustand. Dieser Myonemfaden nun soll nach BÜTSCHLI (p. 1289) in einem Längskanal liegen, dem Myonemkanal, der von SCHRÖDER (1907) bestätigt, von JOHNSON (1893) und MAIER (l. c., p. 109) aber entschieden geleugnet wird. Ich kann dieser letzteren Ansicht nur beipflichten und hinzufügen, daß ich Andeutungen eines Kanals immer nur bei weniger gut fixierten Objekten gefunden habe. Die

Myoneme ragen bei gut fixierten Exemplaren tief in das Entoplasma hinein (Fig. Ra).

Die Cilien sitzen am Rande des Zwischenstreifens und lassen ein kleines, kugeliges Basalkorn erkennen (Fig. Rb, *bak*), von dem aus die Cilie ihren Ursprung nimmt. Der Verlauf derselben ist vom Basalkorn an in ihrer ganzen Länge zu erkennen.

Wir sehen also die in der Überschrift erwähnten Komponenten des Ectoplasmas, die für das Oberflächenrelief in Frage kommen, klar und beinahe schematisch regelmäßig in Erscheinung treten. Es reihen sich in der Richtung des Körperumfanges in regelmäßiger Folge aneinander: Zwischenstreifen mit Myonem und Cilienreihe — Rippenstreifen — Zwischenstreifen mit Myonem und Cilienreihe usw.

Es fragt sich nunmehr, ob nicht dieses Schema an irgendeiner Stelle des Körpers eine Abänderung erfährt. Dies ist aber tatsächlich der Fall am Rande des Stirnfeldes und am Fuße.

Gegen das Stirnfeld hin laufen die Zwischenstreifen ziemlich unvermittelt spitz zu und enden kurz vor der Membranellenzone, ebenso wie die Rippenstreifen (Fig. Rc). Hier sehen wir im Flächenschnitt die Basallamellen (*bal*) der adoralen Zone einsetzen, und zwar kommen auf einen Rippenstreifen in der Regel drei adorale Membranellen. Zwischen den Membranellen liegen, etwas weniger dicht als in den Rippenstreifen, Pigmentkörper. Nach dem Stirnfelde hin biegen die Basallamellen nach rechts und nach der Tiefe hin um. Nach innen hin, also auf dem Stirnfelde, folgen nun ein breiter und dann eine größere Zahl schmale, pigmentierte Rippenstreifen, zwischen die sich je ein Zwischenstreifen mit allen seinen Einzelheiten einschiebt. Während nun der eine breitere Randstreifen nahezu die Breite eines Rippenstreifens der Körperseite erreicht, sind die Rippenstreifen des Stirnfeldes nur halb so breit, wie aus Fig. Rc zu erkennen ist.

Nach dem Fußende zu (Fig. Sa und b), sehen wir die in a wegen kurzer Differenzierung nach Heidenhainfärbung intensiv gefärbten Myoneme in verminderter Zahl — in dem Querschnitt Fig. Sa sind es 44 gegen 72 in Körpermitte; Verästelungszone SCHUBERG's! — konvergieren und an der Peripherie einer runden Fußscheibe abbrechen. So wenigstens bei *Stentor polymorphus* EHRBG. (Fig. S). Die Fußscheibe ist mit einem sehr schwach vakuoligen Plasma angefüllt, das etwas intensiver färbbar ist als das Körperplasma. Diese Eigenschaft kann wohl auf größere Dichte zurückgeführt werden. Das Fußscheibenplasma schließt das

Körperende pfropfenartig ab und trägt auf der freien Seite noch einige Cilien (Fig. Sb, fu).

In dem eben erwähnten Längsschnitt kann man feststellen, daß die Myoneme an der Fußscheibe enden, mit dem leichteren Fußscheibenplasma innig verbunden. Die einander gegenüberliegenden

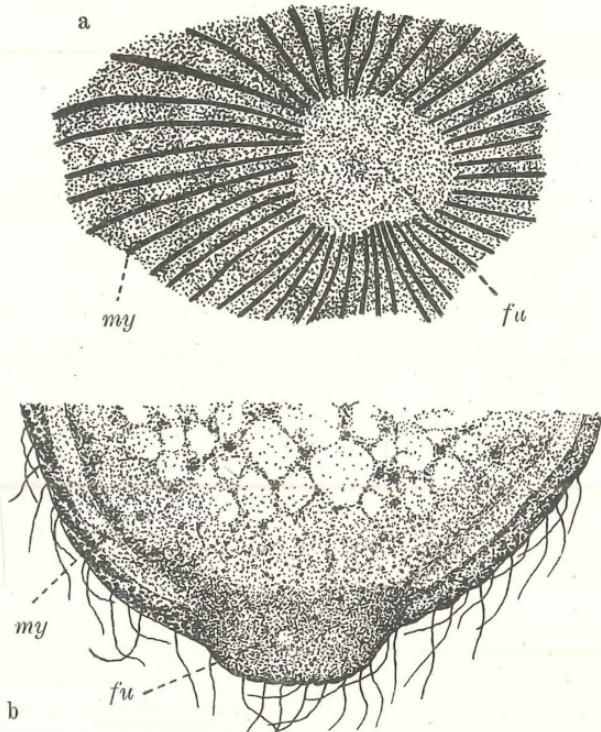


Fig. S. a) *Stentor polymorphus* EHRBG.

Querschnitt d. d. Fußscheibe;  $2\ \mu$ ; Pi Ess, Heid Fu S (nicht ausdifferenziert);  
2 mm, K 12; Vergr. = 2000.

b) *Stentor coeruleus* EHRBG. Längsschnitt d. d. Fußscheibe;  $2\ \mu$ ; Pi Ess, Heid Fu S; 2 mm, K 12; Vergr. = 2000.

Myoneme stehen nicht im Zusammenhange, wie auch SCHRÖDER betont (l. c., p. 4). Sehr deutlich sieht man auf diesem Schnitte die etwas vorstehende Fußscheibe des Tieres, auf Fig. P<sub>1</sub>d deren Lagebeziehungen zum gesamten Körper (fu).

Mit den komplizierten Verhältnissen der Stentorarten stehen wir am Ende der Entwicklungsreihe. Sie führte in geschlossener Folge von den Formen mit dicht stehendem Cilienkleid zu solchen, bei denen sich cilienfreien Zonen zwischen die Cilienreihen einschieben. Diese cilienfreien Zonen, wie die cilientragenden längs geordnet, machen eine andere als die Längsstreifung unmöglich. Anderer-

seits sehen wir bei allen Ciliaten, sofern das Cilienkleid nicht weitgehend reduziert ist, die Cilien in (Längs-)Reihen angeordnet; unregelmäßig inserierte Cilien scheinen bei Ciliaten nicht vorzukommen. Daß auch die Formen mit stark reduzierter Bewimperung noch die Reste einer Körperstreifung aufweisen, also von ehemal gestreiften Formen sich herleiten, wird in den folgenden Abschnitten noch mehrfach zu betonen sein.

Mit dem Auftreten der cilienfreien Zone und deren fortschreitender Umbildung zu Rippenstreifen sind aber auch die formgebenden Entwicklungstendenzen erschöpft; was weiterhin hinzukommt, bringt nichts prinzipiell Neues, sondern bedeutet nur Ausgestaltung: Myoneme und Zwischenstreifen ermöglichen erhöhte Kontraktilität.

## 2. Cilien auf erhabenen Leisten.

Während die erste Entwicklungsreihe zeigte, wie die Cilien in Furchen versenkt werden, soll an zwei Beispielen im folgenden gezeigt werden, daß in der Natur auch das Gegenteil realisiert ist: Die Cilien werden auf vorspringende (Längs-)Leisten erhoben. Um einleitend das Prinzipielle vornwegzunehmen, sei die Frage nach der physiologischen Zweckmäßigkeit der Einrichtung aufgeworfen.

Es muß als das Verständnis zunächst erschwerend empfunden werden, daß es sich bei den Tieren dieser Gruppe, *Loxodes rostrum* und *Chilodon cucullulus*, um Ciliaten handelt, die nur einseitig bewimbert sind und gerade auf der bewimperten Seite sich fortbewegen, und zwar kriechend am Grunde der Gewässer. Dies gilt ganz ausnahmslos für *Chilodon*, während *Loxodes* sich bisweilen wendet und dann die bewimperte Seite nach oben kehrt. Es erhebt sich nämlich die Frage, ob die Wimpern in diesem Falle überhaupt imstande sind, schlagende Bewegungen auszuführen. Ohne auf diese Fragen im Rahmen dieser Arbeit näher eingehen zu können, möchte ich kurz auf folgendes hinweisen: Zunächst besteht die Möglichkeit, daß die Cilien, obwohl auf den Leisten befestigt, in den Furchen schlagen, wie ähnliches für Planarien angenommen wird. Dann aber wäre es auch denkbar, daß die Cilien nicht wirken, indem sie das Wasser schlagen, sondern indem sie an Unebenheiten des Untergrundes einsetzen und den Körper fortschieben: Übergang zu Hypotrichen. (Es ist hier vielleicht nicht uninteressant, daran zu erinnern, daß STEIN *Chilodon* zu den hypotrichen Infusorien zählt.) Schließlich muß aber doch betont werden, daß nicht jeder Untergrund so eben ist wie der Boden einer Petrischale, und daß an der

Oberfläche des Schlammes auch für derart inserierte Cilien Raum vorhanden ist, sich zu bewegen.

a) *Loxodes rostrum* O. F. M.

Auf einem Querschnitt durch dieses holotrichie Infusor (Fig. T b u. B<sub>1</sub>) sehen wir eine Anzahl Leisten hervorragen, die bei dieser Schnittrichtung halbkreisförmig erscheinen und auf ihrem Gipfel die Cilien tragen. Zwischen den Leisten liegen ebene Furchen. Die

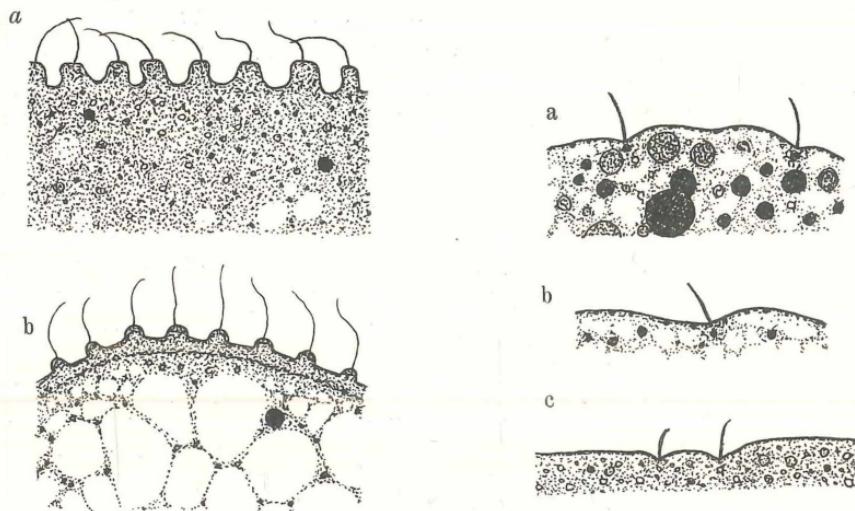


Fig. T. a) *Chilodon cucullulus* EHRBG.

Querschnitt, Ventrale Seite; 1  $\mu$ ; PiFoEss, HeidFuS; 2 mm, K 12; Vergr. = 2000.

b) *Loxodes rostrum* O. F. M.

Querschnitt, rechte Seite; 2  $\mu$ ; PiEss, Methylgrün-FuS; 2 mm, K 12; Vergr. = 2000.

Fig. U. a, b) *Styloynchia mytilus* O. F. M.

a) Querschnitt, Dorsalseite; 1 $\frac{1}{2}$   $\mu$ ; Flemm HeidLi; 2 mm, K 12; Vergr. = 2000.

b) Ventrale Seite, ebenso.

c) *Kerona pediculus* O. F. M.

Querschnitt, Dorsalseite; 1  $\mu$ ; PiEss, HeidFuS; sonst ebenso.

durchschnittliche Breite derselben beträgt etwa  $\frac{3}{4}$   $\mu$ , die Höhe der Leisten ebensoviel bis  $\frac{1}{2}$   $\mu$ , die Breite derselben wiederum etwa  $\frac{3}{4}$   $\mu$ . Diese auffällige Oberflächenstruktur ist nur auf der rechten Seite vorhanden; die linke ist vollkommen glatt (Fig. B<sub>1</sub>). Diese Mitteilungen bestätigen also die Befunde WRZESNIEWSKI's (1870), entgegen der Ansicht BüTSCHLI's.

b) *Chilodon cucullulus* EHRBG.

Dieses holotrichie Infusor besitzt im Querschnitt eine auffallende Ähnlichkeit mit *Loxodes rostrum*. Die Form der Leisten ist, wie

Fig. Ta zeigt, nur unwesentlich verschieden; sie erscheinen bei *Chilodon* außen abgeflacht, ähnlich wie die Rippenstreifen von *Blepharisma*. Auf diesen Leisten sind die Cilien inseriert. Die durchschnittliche Höhe der Leisten = 1  $\mu$ , ihre Anzahl = 18.

### 3. Verhalten der Oberflächenstreifung bei Reduktion der Ciliaten.

Allgemein ist man heutzutage der Ansicht, daß die hypotrichen Ciliaten sich von ursprünglich voll bewimperten Formen herleiten.

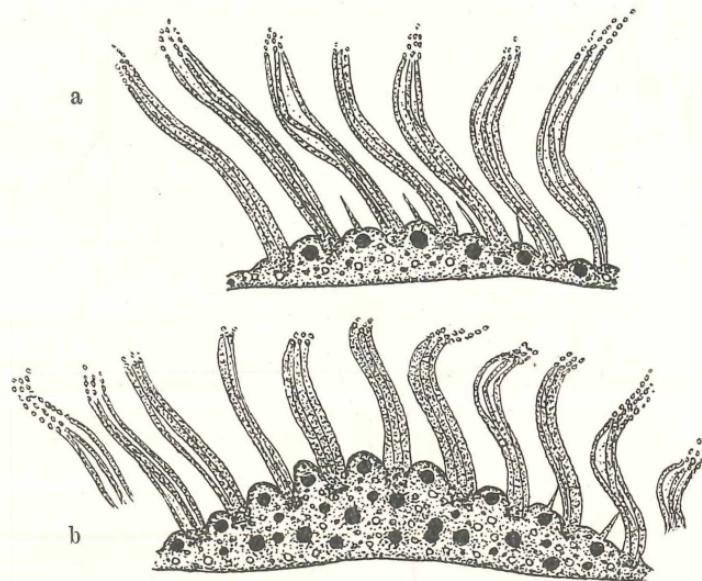


Fig. V. *Stylonichia mytilus* O. F. M.

a) Querschnitt d. d. adorale Zone; 1½  $\mu$ ; Flemm Heid Li; 2 mm, K 12; Vergr. = 2000.  
 b) Desgl., einige Schnitte weiter; sonst ebenso.

Tatsächlich besitzen ja auch niedere Formen der Ordnung (*Urostyla grandis*) eine noch sehr vollständige und gleichmäßige Bewimperung. Bei fortschreitender Reduktion derselben kommt nun zunächst das Cilienkleid in Fortfall, während sich die Furchen am längsten erhalten. So kommt es, daß eine ganze Reihe von Hypotrichen noch ausgesprochene Längsfurchen besitzen, in denen aber nur noch wenige Cilien sitzen. Bei *Stylonichia* sind dieselben schon seit langem als Tastborsten bekannt. Wie Fig. Ua von einem Querschnitt durch *Stylonichia mytilus* O. F. M. zeigt, sitzen sie als kurze Börstchen (2½  $\mu$ ) in mehreren seichten Längsfurchen. Auffälliger, wenn auch im Grunde ebenso erklärlich, ist das Vorhandensein solcher isolierter Cilien auf der Ventralfäche (Fig. Ub). Ganz ähnliche dorsale Tast-

borsten besitzt *Kerona pediculus*, wie Fig. U c auf einem Querschnitt zeigt. Diese sind kleiner ( $1\frac{1}{2}$ — $2\ \mu$ ), sitzen aber in tieferen Furchen. Die Zahl der „Tastborsten“ ist in allen Fällen sehr gering; bei *Kerona* mögen es etwa ein Dutzend sein.

Die adoralen Membranellen dieser Tiere sind aus der Verwachsung mehrerer Cilienreihen hervorgegangen, und wir können deshalb a priori schließen, daß sie wenigstens noch in manchen Fällen in Furchen inseriert sind. Tatsächlich ist dies auch der Fall. Wie ein Blick auf die Fig. V zeigt, die einer Querschnittsserie durch *Styloynchia mytilus* entnommen ist, wölbt sich zwischen den Membranellen die Pellicula fast halbkreisförmig vor, so daß die bei diesem Tier aus drei Cilienreihen hervorgegangenen Membranellen in tiefe Furchen eingesenkt erscheinen, welche sie gänzlich ausfüllen.

Am vordersten Rande aber erheben sich auf den vorgewölbten Partien zwischen den Membranellen kurze Börstchen von etwa 1,2—1,5  $\mu$  Länge (Fig. V). Direkt unter diesen ist im Entoplasma je ein großes, intensiv färbbares Korn zu sehen. Ob diese großen Körner mit den Borsten in Beziehung stehen, konnte nicht mit Sicherheit erkannt werden. Möglicherweise handelt es sich hier um wirkliche Tastborsten, welche die Tätigkeit der Membranellen regulieren.

Daß schließlich auch undulierende Membranen, da sie ja jedenfalls aus Cilien hervorgegangen sind, in Furchen stehen können, zeigt das eigenartige Bild der Figur Wa von einem Querschnitt durch die präorale Membran von *Styloynchia mytilus*. Wir sehen da die gesamte membrantragende Region steil aufgerichtet und auf ihrem obersten Teile mit einer tiefen Falte versehen, in welcher die undulierende Membran eingefügt ist. Etwas ganz ähnliches finden wir bei der großen undulierenden Membran von *Lembadion bullinum* (Fig. W b). Auch hier sehen wir die undulierende Membran in einer deutlichen Furche und die ganze Region etwas, wenn auch weniger auffällig als bei *Styloynchia*, erhoben. Offenbar gewinnen die undulierenden Membranen durch derartige Einrichtungen an Spielraum.

**Zusammenfassung.** Wenn wir nun kurz auf die bisher vorgeführten Beispiele zurückblicken und versuchen, die Einzelheiten auf eine Formel zu bringen, so können wir feststellen: Das Ursprüngliche war für alle Ciliaten eine totale Bewimperung. Die Cilien standen in Reihen und diese in Furchen (Ausnahme *Loxodes*, *Chilodon*). Auch die aus Cilienreihen bzw. aus Teilstücken solcher durch Verwachsung hervorgegangenen Membranen und Membranellen stehen in Furchen.

Das so skizzierte Oberflächenrelief wird nun bei der Reduktion der angeführten Wimpergebilde nur dort verwischt, wo Reduktion wirklich eingetreten ist. Isolierte Reste zeigen noch die alten Merkmale.

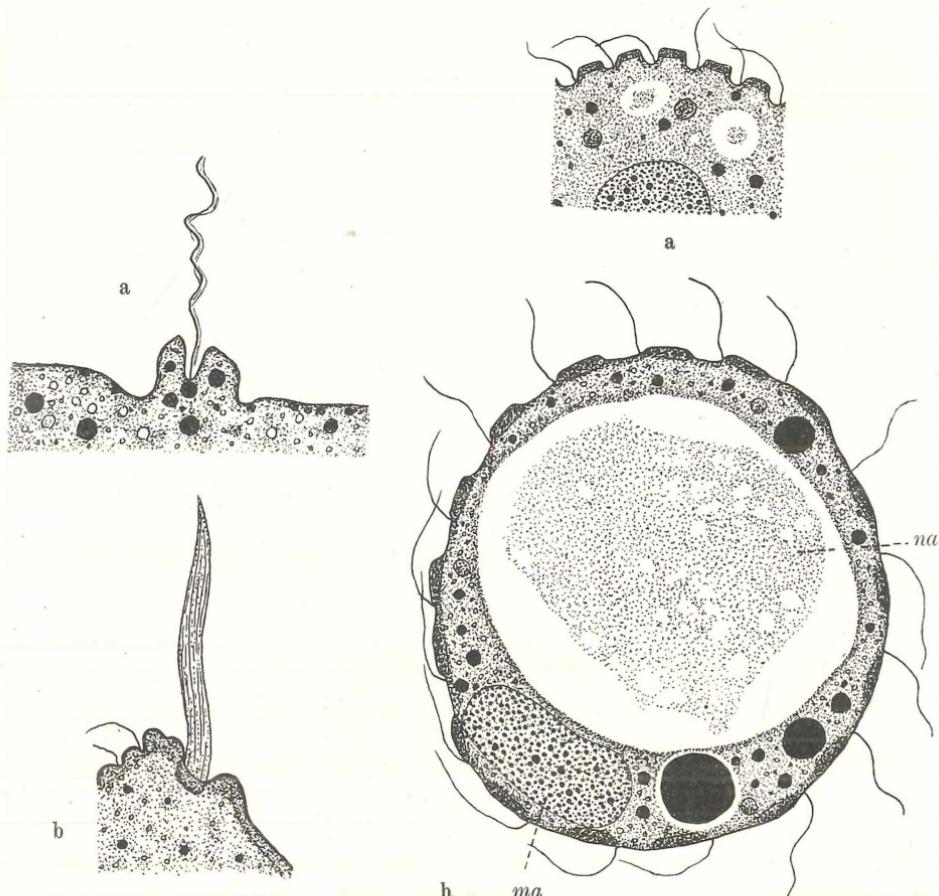


Fig. W.

Fig. X.

Fig. W. a) *Stylonichia mitilus* O. F. M.

Querschnitt d. d. präorale Membran;  $1\frac{1}{2} \mu$ ; Flemm Heid Li; 2 mm, K 12;  
Vergr. = 2000.

b) *Lembadion bullinum* O. F. M.

Querschnitt d. d. große undulierende Membran;  $3 \mu$ ; Pi Ess, Säurekarmin P. MAYER;  
2 mm, K 12; Vergr. = 2000.

Fig. X. *Coleps hirtus* O. F. M.

a) Querschnitt d. ein hungerndes Tier;  $1\frac{1}{2} \mu$ ; Pi Ess, Heid FuS; 2 mm, K 12;  
Vergr. = 2000.

b) Querschnitt d. ein vollgefressenes Tier;  $1\frac{1}{2} \mu$ ; ebenso.

Immer aber war das Oberflächenrelief abhängig von Cilien oder Ciliengebilden. In dem nun folgenden Abschnitte dagegen sollen uns Ciliaten beschäftigen, die in ihrem Oberflächenrelief direkte Beziehungen zum Cilienkleid aufgeben und schließlich gänzlich vermissen lassen.

## B. Oberflächenversteifungen.

Erkennbare Beziehungen walten noch vor bei *Coleps hirtus* EHRBG. (Fig. X). Bekanntlich ist diese Art von einem sog. Panzer umgeben, der aus einzelnen in Längs- und Querreihen angeordneten Stücken besteht, und dessen Natur gleich noch zu besprechen sein wird.

Der morphologische Aufbau dieses sog. Panzers kann seit den Untersuchungen von MAUPAS, die bei BüTSCHLI (p. 1274) eingehende Würdigung erfahren haben, wohl als bekannt angesehen werden; jedenfalls kann ich auf Grund meiner Schnitte in diesem Punkte neues nicht hinzufügen. Anders steht es jedoch um die cytologischen Verhältnisse.

Betrachten wir Querschnitte durch dieses Tier (Fig. X), so fallen uns nicht unbeträchtliche Verschiedenheiten auf: Bei Tieren, die nicht durch aufgenommene Nahrung ausgedehnt erscheinen, also im normalen Zustand, erheben sich im ganzen Bereiche des Körperumfanges steil aufgerichtete, oben abgeplattete Leisten (Fig. X a). Der abgeplattete, distale Teil derselben erscheint in mäßig dicker Schicht durch Plasmafarben intensiv gefärbt: die einzelnen Platten des sog. Panzers. Genauere Betrachtung dieser Schicht zeigt eine fast homogene Plasmasubstanz, in die nur vereinzelte gröbere Granula eingebettet sind. Wie bereits BüTSCHLI (p. 1274) auf Grund der Betrachtung des ganzen Objektes hervorhebt, besteht eine auffällige Ähnlichkeit zwischen dieser Bildung und dem Haftring von *Trichodina*. Wie dort, so handelt es sich hier um verdichtetes, deshalb stärker färbbares Ectoplasma von etwas erhöhter, doch nicht prinzipiell veränderter Konsistenz. So z. B. zerfließen isolierte Platten im Wasser. Es fragt sich nun, welche Schicht des Ectoplasmas in dieser Weise zu dichteren Platten differenziert ist. Diese Frage ist nicht ganz leicht zu beantworten, da das gesamte Ectoplasma bei *Coleps hirtus* nur schwach entwickelt ist und sich als dünne, wenig vom Entoplasma unterschiedene Schicht nur undeutlich gegen dieses hin abgrenzt (Fig. X b). Doch scheint aus günstigen Stellen hervorzugehen, daß die Pellicula, wie über die Cilienfurchen, so auch über

die verdichteten Stellen, die Platten, als dünnes Häutchen unverändert hinwegzieht. Niemals erscheinen andererseits die Platten als lokale Verdickungen dieses Häutchens.

Danach bliebe für die Herausbildung der Platten nur noch die Alveolarschicht oder die Corticalschicht übrig. Da nun eine Alveolarschicht bei *Coleps hirtus* nicht ausgeprägt ist bzw. vielleicht submikroskopisch bleibt, kommt nur das Corticalplasma als Erzeuger der Platten in Frage.

Zu dem gleichen Schluß kommt man auch, wenn man das Ectoplasma der benachbarten Cilienfurchen zum Vergleich heranzieht. Man erkennt dann nämlich, daß dieses in den Furchen die den Platten entsprechende Dicke besitzt, so daß diese als lokale Differenzierungen der allgemeinen Ectoplasmadecke erscheinen (Fig. X b). Damit steht schließlich auch im Einklang, daß die Platten nach innen hin direkt dem Entoplasma aufliegen, also auch in dieser Hinsicht als Ectoplasma fungieren. Die Bezeichnung „Panzer“ ist also cum grano salis aufzunehmen. Zwischen den einzelnen Leisten erstrecken sich, im Querschnitt halbkreisförmig erscheinend, Längsfurchen vom Mund- zum Afterpol. In diese sind die spärlichen Cilien eingepflanzt. Die Platten erscheinen also lediglich als ectoplasmatische Verdickungen im Bereich der bei so vielen Ciliaten anzutreffenden Rippenstreifen. Damit wären die Beziehungen des sog. Panzers der Colepinen zu der Cilienbekleidung hergestellt, zugleich aber erschöpft.

Betrachten wir nun kurz noch den Querschnitt durch ein vollgefressenes Tier (Fig. X b), so fällt uns folgendes auf: Die Cilienfurchen sind stellenweise verschwunden, und die sonst erhabenen Platten mit den im Normalzustand versenkten Teilen in ein Niveau gebracht. Wohl erkennen wir sie noch als dunkler gefärbte Partien der allgemeinen Ectoplasmadecke, zwischen denen auch noch die Cilienfurchen durch helleren Farbton und die (nicht ganz in der Mitte eingefügten) Cilien sich zu erkennen geben; aber das charakteristische Oberflächenrelief der Fig. X a ist verwischt.

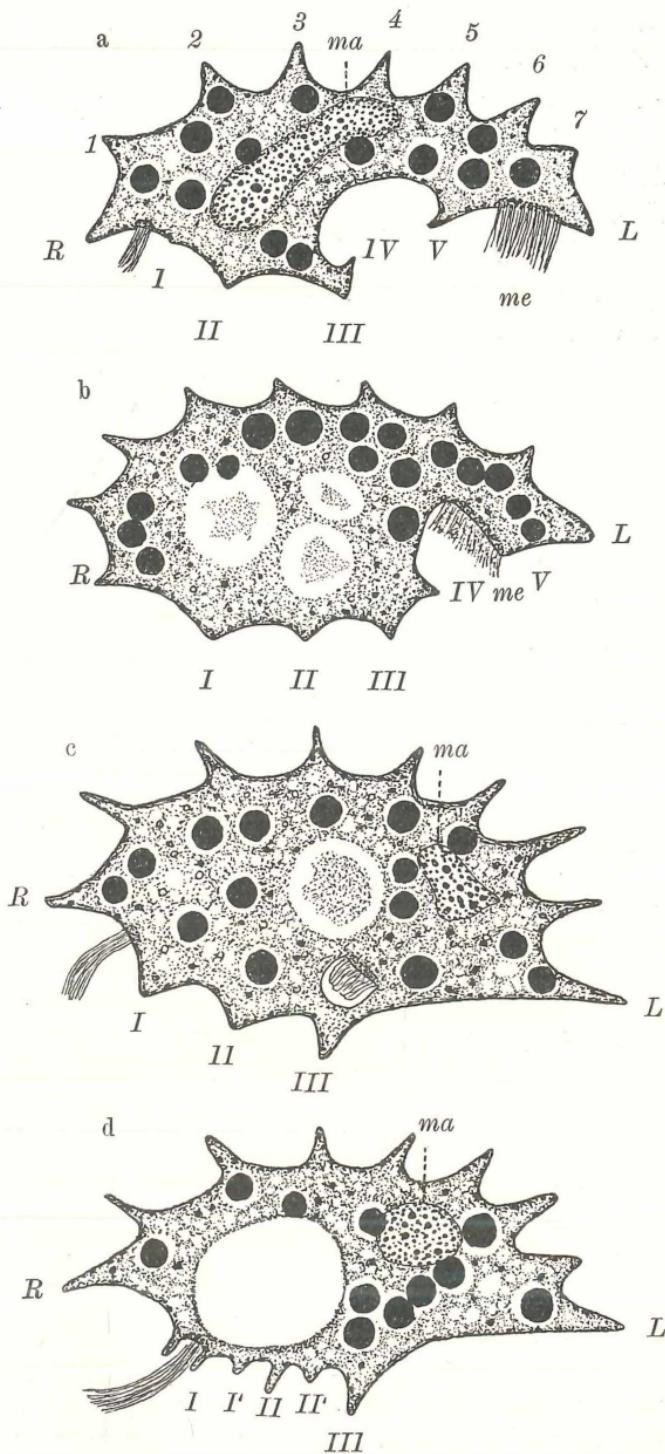
Mit sprechender Deutlichkeit zeigt uns das Bild aber auch den Grund hierfür: Weitaus der größte Teil des Innenraumes ist erfüllt von einer riesigen Nahrungsvakuole (na), deren Inhalt als körnige, halbzersetzte und etwas geschrumpfte Masse auf ein größeres Protozoon hinweist. Die Vakuole hat das Entoplasma samt Inhaltskörpern und Kern gegen die Peripherie gedrängt; der Kern (ma) erscheint flachgedrückt. Der Innendruck hat schließlich auch die sonst längs gefurchte Oberfläche geglättet. Es ist ohne weiteres

ersichtlich, daß dadurch Raum für die Expansion geschaffen wird. Das Ectoplasma selbst ist nicht gedehnt worden.

Wir erkennen somit die starke Längsfaltung der Oberfläche als eine Anpassung an die für *Coleps hirtus* ja charakteristische Neigung zum Verschlingen relativ großer Nahrungskörper. Offenbar wirken die in der Längsrichtung liegenden Platten wie die Dauben eines Fasses und erteilen dem Körper eine erhöhte Zugfestigkeit im Sinne der Längsachse. Dies bewirkt schon ihre größere Konsistenz; ihre Elastizität aber muß auf die allgemeine Körperform stabilisierend wirken und zugleich einen notwendigen Gegendruck auf die von innen her erfolgende Pression ausüben. Querbänder fehlen; offensichtlich genügt die Festigkeit des Ectoplasmas. Die sog. Panzerung von *Coleps hirtus* dient also zur Versteifung der Oberfläche. Was schließlich die Zahl der Plattenreihen anbetrifft, so habe ich sie variabel gefunden. Angeregt durch diesbezügliche Bemerkungen MAIER's (l. c., p. 88), der die von MAUPAS angegebene Zahl 15 nie wiederfand und 14 als anscheinend konstante Zahl der Längsreihen angibt, habe ich eine Reihe von Tieren im Querschnitt daraufhin untersucht und die Zahlen 15—19 gefunden, und zwar sind die Zahlen 17 und 18 am häufigsten. Beide kamen in gleicher Frequenz vor (15 Reihen = 1, 16 Reihen = 1, 17 Reihen = 3, 18 Reihen = 3, 15 Reihen = 1).

Erkennbare Beziehungen der Oberflächenstrukturen — es sind ebenfalls Versteifungen — zur Cilienbekleidung scheinen aber nun vollkommen zu fehlen in dem folgenden Beispiele.

*Euplates patella* O. F. M. Das für Ciliaten jedenfalls ungewöhnliche Querschnittsbild (Fig. Y) ist so überraschend, daß ich den ersten Schnitt ratlos beiseite legte, in der Annahme, daß irgendein Versehen vorliege. Die folgenden Schnitte aber bewiesen, daß es sich hier um normale und konstant anzutreffende Merkmale des *Euplates* handelt. Die Form der dreieckigen Zacken wechselt von Fall zu Fall ein wenig, wie Fig. b zeigt, die, um dies zu veranschaulichen, in die Reihe der drei übrigen Schnitte aufgenommen wurde, welche von einem anderen Tiere stammen. Ihre Anzahl ist in der Regel 7, selten 6. Wir sehen auf einem solchen Querschnitt die Peripherie des Körpers in eine Reihe spitzer Plasmazipfel ausgezogen, deren jeder einer hohen, von vorn nach hinten laufenden Leiste entspricht. Ein ähnliches Bild zeichnet MÖBIUS (1888) von dem marinem *Euplates harpa* nach einem optischen Querschnitt. Derartige Leisten stehen 7 (selten nur 6) auf dem Rücken (1—7), je eine rechts und links (L und R), während die Verhältnisse auf der Ventralseite sich komplizierter gestalten.

Fig. Y. *Euplotes patella* EHRBG.

a) Querschnitt d. d. Vorderende; 2  $\mu$ ; Bouin, Heid Pi Li; 2 mm, K 6;  
Vergr. = 1020.

b) Desgl., weiter hinten; anderes Tier; sonst ebenso.

c) Querschnitt d. d. Mundgegend; dasselbe Tier wie in a; sonst ebenso.  
d) Querschnitt d. d. Hinterende; sonst wie a und c.

Im vorderen Teile des Körpers (Fig. Y a) sehen wir zunächst ein adorales Schild, das die adorale Zone trägt; es ist nach außen hin durch den Zahn L und gegen die Peristomrinne hin durch den Zahn V abgegrenzt. Die Peristomrinne stellt sich als tiefer, runder Ausschnitt dar, durch die Leisten V und IV abgeschlossen. Nach rechts hin folgt dann der Bauchschild mit den Leisten III, II und I, welche letztere hier zufällig etwas niedriger erscheint. Verfolgen wir diese Strukturen nach hinten zu, so finden wir im Schnitt Fig. Y b beispielsweise die adoralen Membranellen von dem adoralem Schild in die Peristomrinne versenkt; sie bedecken jetzt deren linken Rand. Die Peristomrinne vertieft sich, um Raum für die adorale Zone zu gewinnen. Die Leisten IV bis I haben im wesentlichen ihren Charakter und ihre gegenseitige Lage beibehalten. Gehen wir noch weiter nach hinten, so nähern sich die Leisten IV und V immer mehr, bis sie sich schließlich verbinden und eine nach außen hin abgeschlossene Mundgrube entstehen lassen; IV und V sind also verschwunden. An ihre Stelle ist ein ebenes, von L bis III reichendes Schild getreten (Fig. Y c). Die Leisten I bis III sind unverändert. Noch weiter nach hinten zu treten (Fig. Y d) zwischen die Leisten I bis III zwei anfangs niedrige, allmählich sich erhöhende Leisten, I' und II', während das von L bis III reichende Feld unverändert bleibt. Diese fünf Bauchleisten bilden sich weiter nach hinten zu in eigenartiger Weise um, wie I bereits auf dem vorliegenden Schnitt zeigt. Diese wird von außen her weit und tief gespalten, so daß sie zweigipflig erscheint; in der entstandenen Furche sitzt die Aftercirre I. Gegen das Hinterende hin verflachen sich sowohl die Rücken-, als auch die Bauchleisten; schließlich gehen sie in der Ventralfäche des Tieres auf. Das gleiche gilt vom Vorderende.

Diese charakteristischen Längsleisten werden von der Pellicula und dem Entoplasma gebildet; irgend ein Ausscheidungsprodukt, ein Panzer, ist nicht zu sehen, wie aus den Abbildungen hervorgeht.

Ob man in den hier skizzierten Organisationsverhältnissen Reminiszenzen an ehemalige Cilienlängsreihen zu erblicken hat, muß sehr zweifelhaft erscheinen. Viel wahrscheinlicher ist die Möglichkeit, daß hier sekundärer Neuerwerb vorliegt.

### C. Bemerkungen über die absolute Zahl der Cilien.

Zahlenangaben, welche die absolute Zahl der Cilien der Infusorien betreffen, finden sich in der Literatur nur sehr zerstreut, obwohl sie besonders im Hinblick auf physiologische Untersuchungen nicht ohne

Interesse sind. Einige diesbezügliche Zahlen folgen in nachstehender Übersicht:

<i>Paramaecium aurelia</i>	= 2640 (EHRENBURG 1838),
" "	= 10 000—14 000 (SCHUMANN),
" "	= 350 (MAUPAS, ebenso wie vorige zit. nach BÜTSCHLI, p. 1344),
<i>Coleps hirtus</i>	= 200 (MAUPAS),
<i>Glaucoma scintillans</i>	= 1080 (SCHEWIAKOFF, l. c.),
<i>Colpidium colpoda</i>	= 2350 (SCHEWIAKOFF),
<i>Holophrya discolor</i>	= 1376 (SCHEWIAKOFF).

Die aus diesen Zahlen sprechende Unsicherheit erweckte den Wunsch einer Nachprüfung an einem günstigen Objekt. Als solches wählte ich *Prorodon teres* wegen seiner ellipsoiden Gestalt, die eine Berechnung der in Betracht kommenden Größen gestattet.

Sind A und B zwei beliebige Punkte auf dem Ellipsenquadranten, so ist die Sehne zwischen den Punkten A (x/y) und B (x'/y') =

$$\begin{aligned} AB = s &= \sqrt{(y-y')^2 + (x-x')^2} \\ &= (x-x') \sqrt{1 + \left(\frac{y-y'}{x-x'}\right)^2}. \end{aligned}$$

Bildet man den Grenzübergang, so erhält man für das Bogen-element

$$ds = dx \sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2}$$

oder

$$ds = \sqrt{dx^2 + dy^2} \quad (1).$$

Sind nun a und b die Längen der Halbachsen, so lassen sich die Koordinaten des beliebigen Ellipsenpunktes durch die Funktionen

$$x = \sin \varphi a; \quad y = \cos \varphi b$$

darstellen.

Daraus folgt

$$\frac{dx}{d\varphi} = a \cos \varphi; \quad \frac{dy}{d\varphi} = -b \sin \varphi.$$

Folglich ist nach (I) das Bogenelement

$$ds = \sqrt{a^2 \cos^2 \varphi + b^2 \sin^2 \varphi} \cdot d\varphi.$$

Bezeichnet e die Exzentrizität der Ellipse, und ist

$$e^2 = \frac{a^2 - b^2}{a^2},$$

so nimmt dieser Ausdruck die Form

$$ds = a \sqrt{1 - e^2 \sin^2 \varphi} \cdot d\varphi \text{ an.}$$

Sind schließlich  $x$  und  $x'$  die Abszissen der beliebigen Ellipsenpunkte A und B, so ist das Bogenstück

$$\text{arc AB} = a \int_x^{x'} \sqrt{1 - e^2 \sin^2 \varphi} \cdot d\varphi$$

und der Ellipsenquadrant, wenn  $x = 0$ ,  $x' = \frac{\pi}{2}$  wird,

$$\begin{aligned} S &= a \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sqrt{1 - e^2 \sin^2 \varphi} \cdot d\varphi \\ &= a \int_0^{\frac{\pi}{2}} \left[ 1 - \frac{1}{2} e^2 \sin^2 \varphi - \frac{1}{8} e^4 \sin^4 \varphi - \frac{1}{16} e^6 \sin^6 \varphi \dots \right] d\varphi \\ &= \frac{a\pi}{2} \left[ 1 - \left(\frac{1}{2}\right)^2 e^2 - \left(\frac{1}{2 \cdot 4}\right)^2 \cdot 3 e^4 - \left(\frac{1 \cdot 3}{2 \cdot 4 \cdot 6}\right)^2 \cdot 5 e^6 \dots \right]. \end{aligned}$$

Für ein gemessenes Exemplar von *Prorodon teres* war z. B.  $a = 80$ ,  $b = 34 \mu$ ,  $S$  infolgedessen  $= 94,6 \mu$ , der Umfang  $U = 378,4 \mu$ . Die Entfernung zweier Cilien  $= 1,5 \mu$ , die Anzahl der Cilien eines Meridians  $= 252,3$ , Zahl der Reihen im Querschnitt  $= 46$ ; Gesamtzahl der Cilien also  $= 11\,606$ .

## II. Strukturen der Plasmaschichten.

Nach der BÜTSCHLI'schen Theorie, die heutzutage von den meisten Protozoenforschern anerkannt wird, besteht das Protoplasma der Einzelligen aus untereinander nicht mischbaren, zähflüssigen Komponenten, die nach den für solche Gemenge geltenden Gesetzen in einem Wabenwerk angeordnet sind. In dem folgenden Abschnitte sollen nun weder neue Beweise für diese Theorie aufgehäuft, noch Bedenken vorgebracht werden. Die elementaren, primären Plasmastrukturen werden vielmehr hier ganz unberücksichtigt gelassen.

Dies geschieht aus dem Grunde, weil am lebenden Objekte entsprechende Studien nicht getrieben wurden und die Beurteilung der Elementarstrukturen auf Grund fixierter Objekte nach den Untersuchungen von A. FISCHER (1899) als im höchsten Grade unsicher erscheinen muß. Behandelt werden lediglich die sekundären Plasmastrukturen, wobei also ganz dahingestellt sein wird, ob deren primäre Elemente wabenförmig angeordnet sind oder nicht.

## A. Das Ectoplasma.

Unter diesem Namen soll im folgenden nach BÜTSCHLI's Vorgang alles das zusammengefaßt werden, was nach außen hin das bewegliche Entoplasma umschließt. Bei den Ciliaten ist das Ectoplasma in ganz verschiedener Weise am Aufbau des Körpers beteiligt. Während es bei vielen Familien, besonders unter den Hypotrichen, nur als sehr feines Häutchen, als Pellicula, ausgebildet ist, bildet es bei anderen, sehr häufig gerade bei niedriger stehenden Arten, also besonders bei manchen Holotrichen, verhältnismäßig dicke Schichten, die sehr häufig noch eine Untergliederung in Pellicula, Alveolarschicht und Corticalplasma erkennen lassen. Bisweilen sind von diesen drei Schichten des Ectoplasmas nur zwei ausgebildet; bisweilen auch ist ihre gegenseitige Abgrenzung oder diejenige gegen das Entoplasma hin kaum wahrnehmbar, obwohl alles dafür spricht, daß nicht etwa nur eine Pellicula, sondern außer derselben noch eine der beiden übrigen Ectoplasmaschichten vorhanden ist. So führt eine Reihe von Zwischenstufen von Formen, die nur oder doch wenigstens scheinbar nur mit einer einfachen Pellicula bedeckt sind, zu solchem mit Pellicula + Alveolarschicht + Corticalplasma.

Das bisher über diese Verhältnisse bekannt gewordene Tat-sachenmaterial findet sich fast ausschließlich bei BÜTSCHLI (l. c., p. 1258 ff.). Nach dem Erscheinen des großen Protozoenwerkes ist nur selten über diese Verhältnisse berichtet worden. Eine größere Reihe von Ciliaten im Zusammenhange hat nur MAIER untersucht (l. c.), der denn auch, ohne sich speziell mit den Körperschichten zu befassen, eine Reihe von Beobachtungen über diesen Gegenstand mitteilt.

### 1. Pellicula + Alveolarschicht.

Dieser Typus mag als der einfachste hier an die Spitze gestellt sein. Die Ausbildung einer Pellicula und einer Alveolarschicht erscheint im Hinblick auf die obwaltenden physikalischen Kräfte als das zunächst zu Erwartende. Wie nämlich bei BÜTSCHLI (1892, p. 23, 152 und 155 ff.) des näheren ausgeführt ist, haben Gemenge der hier vorliegenden Art die Elementareigenschaft, ihre äußerste Wabenschicht regelmäßig und mit senkrecht auf die Peripherie zulaufenden Wänden einzustellen, also eine Alveolarschicht zu bilden. Wo eine solche fehlt oder doch wenigstens im mikroskopischen Bilde zu fehlen scheint, liegen sekundäre Verhältnisse vor.

Als Typus für den in der Überschrift angegebenen Fall gelte *Dileptus anser* O. F. M.

Auf Querschnitten durch dieses holotrichie Infusor (Fig. C) sehen wir ein wenig intensiv gefärbtes, schwach vakuolisiertes Entoplasma sich scharf, doch ohne trennende Lamelle gegen ein dichteres intensiv gefärbtes Ectoplasma abheben, das als  $2\ \mu$  dicke Schicht den Körper umschließt. Nach außen hin schließt es als sehr dünnes, noch intensiver gefärbtes Häutchen, Pellicula, gegen das umgebende Medium hin ab. Die Pellicula erscheint in ziemlich regelmäßigen Abständen eingekerbt; in den Vertiefungen sitzen, wie oben bereits ausgeführt wurde, die Cilien. Von den Vertiefungen nun sehen wir dunklere Plasmabälkchen bis zum Grunde der Ectoplasmaschicht ziehen, und zwischen je zwei solcher Bälkchen, immer einer Wölbung der Oberfläche entsprechend, heben sich hellere, runde Bezirke ab, die Vakuolen der Alveolarschicht; die Bälkchen sind die quer geschnittenen Alveolenwände. Der Durchmesser einer solchen Alveolarvakuole beträgt  $1-1\frac{1}{2}\ \mu$ , bleibt also unter der Schnittdicke, die in diesem Falle  $2\ \mu$  betrug. Deshalb sehen wir das Lumen der Alveolarvakuolen, das von weniger dichtem Plasma erfüllt ist, auch nicht so hell, wie dies eigentlich zu erwarten wäre; denn jedesmal werden von der Vorder- bzw. Hinterwand Teile mit geschnitten sein. Am Grunde eines jeden Plasmabälkchens ist ein nach Heidenhainfärbung intensiv schwarz gefärbtes Korn wahrnehmbar, das Basalkorn der Cilie. Die Cilien verlaufen durch die festeren Alveolarwände zu ihren meist in den tieferen Regionen des Ectoplasmas, in unserem Falle an dessen Grenze gegen das Entoplasma gelegenen Basalkörnern.

Was nun die plasmatische Struktur der Pellicula anbetrifft, so erscheint sie lediglich als äußerst feines, vollkommen strukturloses Häutchen; ihre Dicke bleibt unterhalb eines halben  $\mu$ . Die Alveolarschicht, Bälkchen sowohl als Vakuolen, stellt sich bei der angewandten Fixierung (*Pi Ess*) als äußerst fein granulierte Grundsubstanz mit nur wenigen eingelagerten, größeren Körnern dar.

Der Typus des *Dileptus anser* kehrt öfters wieder. Die Übereinstimmung aller hierhergehörenden Fälle ist groß. Verschieden ist lediglich der Ausbildungsgrad, also einmal die Dicke der Schicht. Aber auch die Größe der einzelnen Alveolarvakuolen ist größerem Wechsel unterworfen; sie wird zunächst von der absoluten Größe des Ciliatenkörpers bestimmt, dergestalt, daß bei kleineren Tieren, z. B. *Plagiopyla nasuta* STEIN (Fig. J b), auch die Alveolen geringere Dimensionen aufweisen ( $1\ \mu$ ), ebenso bei der noch kleineren *Pleuro-*

*nema chrysalis* (Fig. B a), wo sie nur die Höhe von  $\frac{3}{4} \mu$  und die Breite von  $\frac{1}{2}—\frac{3}{4} \mu$  erreichen. In enger Beziehung stehen die Alveolen ferner zum Cilienkleid; ihre Größe erscheint sehr oft als direkte Funktion derselben, da einem dichten Cilienkleid meistens kleine und eng stehende Alveolen entsprechen und umgekehrt. Für diese Ansicht Sprechendes soll weiter unten unter *Bursaria truncatella* noch angeführt werden.

Von der Fläche her gesehen stellen sich die Alveolen der Alveolarschicht häufig als mehr oder weniger regelmäßige, winzige Felderung dar. Fig. A a zeigt eine solche von *Bursaria truncatella*. Immer stoßen drei Alveolenwände in einem Punkte zusammen. Eine sehr feine Felderung zeigt *Prorodon teres* in den Cilienfurchen (Fig. P b). Wir sehen da in jeder Furche je eine Reihe von  $\frac{1}{2} \mu$  großen, polygonalen bis rundlichen Feldchen', von denen besonders die Querwände deutlich zu sehen sind, während die seitlichen von dichteren Partien der Nachbarschaft verdeckt werden. Die hexagonale Felderung von *Paramaecium* (Fig. E a) hängt, wie auch SCHUBERG (1905) meint, sicher nicht mit der alveolären Struktur des Ectoplasmas zusammen; das geht allein schon aus der zentralen Lage der Basalkörper hervor. Außerdem ist im Querschnitt (Fig. E b) von einer solchen bei diesem Tiere nichts zu bemerken. Aus den gleichen Gründen kann die bei *Trachelius ovum* (Fig. G a) zu beobachtende Felderung der Oberfläche nichts mit der Alveolarstruktur zu tun haben. Bei *Lembadion bullinum* dagegen (Fig. D c) treffen wir eine Felderung, die von Alveolen hervorgerufen wird. Hier sitzen die Ciliens demgemäß auch in den Alveolenwänden, und zwar in den Knotenpunkten derselben (*bak*). Die Alveolen sind bauchig vorgetrieben, während die Wände niedrig sind. Sie besitzen ein dichteres Gefüge; nur so erklärt es sich, daß die Furchen auf dem Flächenschnitt c dunkler erscheinen.

Bei *Nyctotherus cordiformis* STEIN will MAIER eine nicht erkennbare Corticalschicht in die Bildung des Ectoplasmas aufgegangen sein lassen, weil in den tieferen Teilen desselben die Basalkörper sich finden, „während sie sonst meist im Corticalplasma liegen, wenn ein solches ausgebildet ist“. Ohne mich dieser Beweisführung im einzelnen anzuschließen, möchte ich doch nach den Verhältnissen des zweifellos sehr nahe Verwandten *Nyctotherus macropharyngeus* dieser Auffassung zustimmen und diese Art als eine Übergangsstufe zu der folgenden Gruppe bezeichnen. Auf dem Querschnitt (Fig. N b) erblickt man nämlich unterhalb der deutlich (im Gegensatz zu MAIER) ausgeprägten,  $1,5 \mu$  hohen Alveolarschicht eine dünne Lage dichteres

und intensiver färbbares Plasma, von dem allerdings schwer zu sagen ist, ob es zum Ectoplasma oder zum Entoplasma zu zählen ist. Gegen das letztere hin ist jedenfalls keine feste Grenze zu ziehen, was ja für das typisch ausgebildete Corticalplasma ebenfalls des öfteren gilt.

Ganz Ähnliches, nämlich eine feine Grenzlamelle zwischen Alveolarschicht und Entoplasma, sehen wir auf den Querschnitten durch *Metopus sigmoides* (Fig. M b, L<sub>1</sub>), wo wir außerdem, ebenso wie bei *Nyctotherus*, den direkten Zusammenhang des Basalkernes mit der Cilie und deren Verlauf in den Alveolenwänden beobachten können.

Diese dünne Lage dichteres Plasma ist die erste Andeutung einer Corticalschicht, deren zunehmende Ausgestaltung nunmehr an einer Reihe von Beispielen verfolgt werden soll.

## 2. Pellicula + Alveolarschicht + Corticalplasma.

Von Verhältnissen wie den soeben besprochenen ausgehend, gelangen wir unmittelbar zu Ciliaten mit wenig ausgebildetem, aber doch schon unterscheidbarem Corticalplasma. Als einführendes Beispiel mag *Bursaria truncatella* O. F. M. dienen.

Diese ausgezeichnete und große Form ist mehrfach schon, so von BÜTSCHLI (p. 1261) und MAIER (l. c., p. 100) in gleichem Zusammenhange besprochen worden. BÜTSCHLI benutzt sie geradezu als Musterbeispiel für alveoläre Struktur, überzieht jedoch im optischen Schnitt die Corticallamelle; MAIER aber spricht zwar davon, daß bei *Bursaria* außer der Alveolarschicht noch Corticalplasma in die Bildung des Ectoplasmas eingegangen ist, daß es aber in diesem aufgegangen und nicht mehr kenntlich sei. Daß ihm die Corticalplasmalamelle entgangen ist, scheint auf einem Versehen zu beruhen, da er eine solche auf seinen Fig. 9 a und 9 e einzeichnet.

In den Fig. A, Z, A<sub>1</sub> erkennen wir unterhalb der feinen Pellicula zunächst eine sehr schön ausgebildete, durchschnittlich 6  $\mu$  mächtige Alveolarschicht. Gegen das Entoplasma hin erscheint diese durch eine bis zu 1,5  $\mu$  starke, dichtere Lamelle abgegrenzt, die sich färberisch anders verhält als die Substanz der Alveolarschicht, aber auch anders als das Entoplasma. In Heidenhain-Fuchsin S-Präparaten hat sie den Ton des später noch zu besprechenden Peristombandes angenommen. Diese Grenzlamelle läßt sich überall wiedererkennen, bald stärker, bald etwas dünner (Fig. A<sub>1</sub> a). Durch Fixierung mit HgCl<sub>2</sub> läßt sie sich noch deutlicher sichtbar machen, als dies in der Fig. A<sub>1</sub> angegeben ist. Dieses Corticalplasma ist an einer Stelle

des Bursariakörpers ganz besonders stark ausgebildet, verdickt und infolgedessen sehr leicht zu erkennen, nämlich in dem sog. Peristombande (Fig. A<sub>1</sub> pb), das bei Gelegenheit der Besprechung der Mundverhältnisse noch näher beschrieben werden soll.

Ebenso wie das Corticalplasma kann auch die Alveolarschicht je nach ihrer Lage im Ciliatenkörper ganz verschieden entwickelt sein.

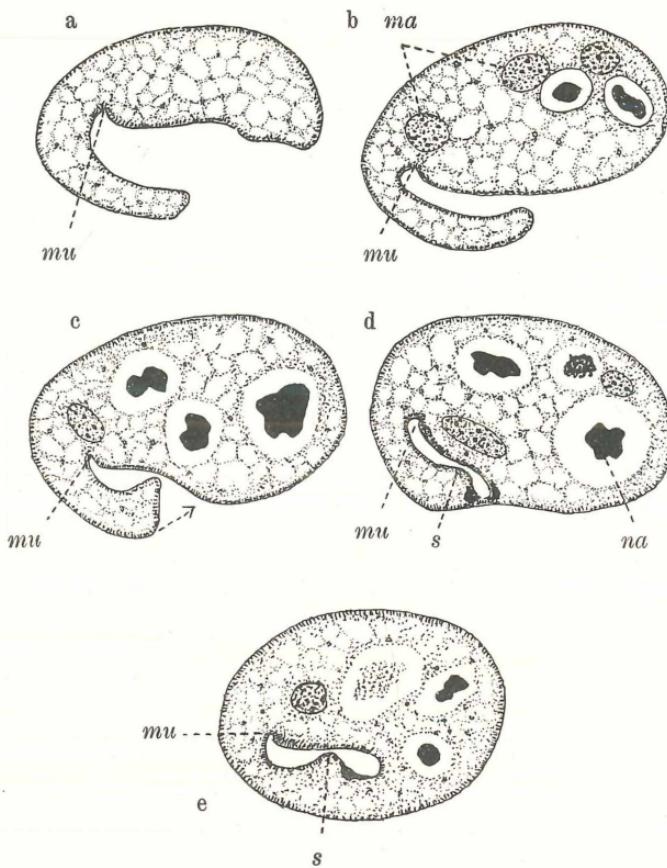


Fig. Z. *Bursaria truncatella* O. F. M.

- a) Querschnitt d. d. Vorderende; 2  $\mu$ ; Flemm Heid FuS; Winkel Apochrom. 24 mm, K 12; Vergr. = 120. b) Desgl., weiter hinten; sonst ebenso.  
c) Desgl., noch weiter hinten. d u. e) Verschluß der Mundgrube; ebenso.

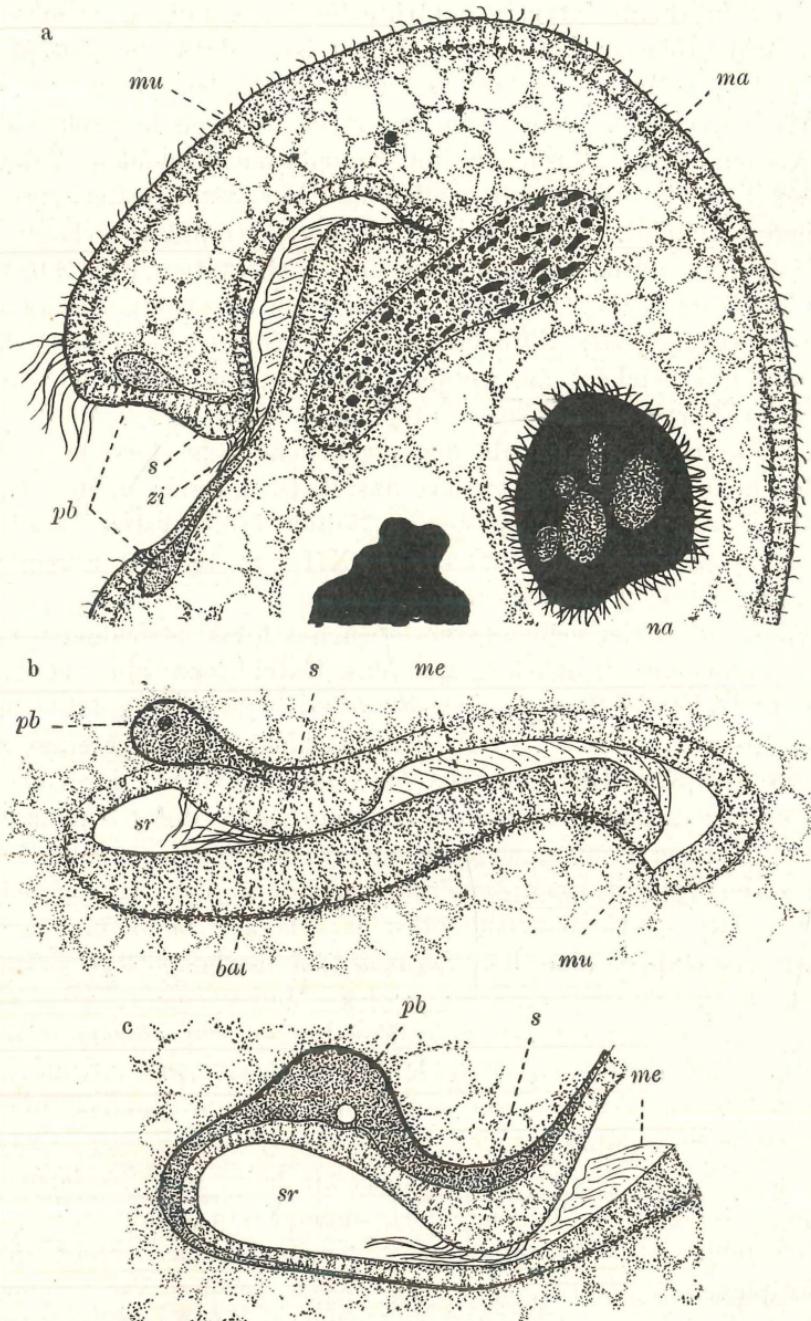
Die auffällige Verschiedenheit der Alveolarstruktur der Peristomfläche gegenüber der der allgemeinen Körperoberfläche ist schon von BÜTSCHLI (l. c.) hervorgehoben worden. Während nämlich die Alveolen gewöhnlich einen unregelmäßig hexagonalen bis rundlichen Querschnitt aufweisen (Fig. A a), also in jedem Knotenpunkt drei Alveolenzwände zusammenstoßen, nehmen die Alveolen an der erwähnten Stelle

eine etwa rhombische, bisweilen auch mehr abgerundete Gestalt an (Fig. A b). Auch ihr Durchmesser kann wechseln, wie ein Blick auf Fig. A<sub>1</sub> a zeigt, und wie auch MAIER (l. c.) in den Fig. 9 a und d angibt, ohne dies im Texte weiter zu erwähnen. Noch auffälliger ist die Umbildung, welche die Alveolarschicht an dem Septum erfährt (Fig. A<sub>1</sub> a, b, c, s). Hier sind längere Cilien inseriert (zi). Die Alveolen sind an dieser Stelle enger und scheinbar mehrschichtig angeordnet. Diese Mehrschichtigkeit ist jedoch nur eine Folge der Schnittrichtung, welche die auch hier in einer einzigen Lage vorhandenen, aber engen und hohen Alveolen schräg trifft. Einer weiteren Umbildung sind die Alveolen am Grunde der adoralen Zone unterworfen (Fig. A<sub>1</sub> a, b). Das hier zwischen den einzelnen Basallamellen liegende Alveolarplasma hat eine in der Fig. b sehr auffällige Verdickung erfahren, die so weit zu verfolgen ist, wie die adorale Membranellen reichen. Die Alveolenwände sind verstärkt die Alveolen aber verengt worden. Das Gefüge der ganzen Bildung gewinnt dadurch an Festigkeit.

Dies bringt uns auf die Frage nach der physiologischen Bedeutung der verschiedenartig ausgebildeten Alveolarstrukturen. Einen direkten Hinweis bietet in dieser Hinsicht die Tatsache, daß in den Alveolenwänden die Cilien inseriert sind. Die Substanz der Alveolenwände ist nun zweifellos dichter als die der Alveolen; sie bildet infolgedessen den mechanischen Stützpunkt für die stark bewegte Cilie. Stellen wir uns diese als einarmigen Hebel vor, so liegt der Ansatzpunkt in dem festeren Alveolarbälkchen. Wo nun von kräftigeren Cilien oder Ciliengebilden höhere Anforderungen an die mechanische Festigkeit der Basis gestellt werden, sehen wir folgerichtig eine Verstärkung derselben eintreten durch Verdickung der gesamten Schicht einerseits, Verstärkung der Alveolenwände und Verengung der Alveolen andererseits.

Das Corticalplasma aber mag nach der an *Bursaria* gewonnenen Anschauung kurz charakterisiert sein als dünne Schicht eines Plasmas, das nach der Alveolarschicht deutlicher, nach dem Entoplasma hin aber weniger deutlich abgegrenzt ist, und das seine ectoplasmatische Funktion dadurch dokumentiert, daß es Nahrungskörper, Inhaltskörper und Granula des Entoplasmas nicht aufnimmt.

*Frontonia leucas* EHRBG. (Fig. H, V<sub>1</sub> b). Diese zeigt sehr schön, wie periphere Partien des Entoplasmas sich zu einer Corticalschicht umwandeln. Auf einem Querschnitt (Fig. H b) fällt zunächst unter einer dünnen Pellicula die  $1\frac{1}{2}$ — $3\frac{1}{4}$   $\mu$  dicke Alveolarschicht auf; diese ist unterlagert von dem Corticalplasma. Dieses stellt

Fig. A<sub>1</sub>. *Bursaria truncatella* O. F. M.

- a) Querschnitt, Fig. Zc entsprechend; 2  $\mu$ ; Flemm Heid FuS; DD, K 6; Vergr. = 475.  
 b) Querschnitt d. d. innere Mundgrube; entspricht Fig. Zd; ebenso.  
 c) Querschnitt d. d. unteren Teil des Peristombandes; 2  $\mu$ ; Pi Ess, Heid FuS; b u. c gezeichnet mit 2 mm, K 12; Vergr. 2000.

sich im Schnitt als intensiv gefärbte Substanz dar, in welche eine große Zahl größerer Körner eingebettet ist. Gegen das Entoplasma hin ist das Corticalplasma etwas undeutlicher abgegrenzt als gegen die Alveolarschicht. Außerdem besitzt es wechselnde Dicke, indem es zwischen den zahlreichen, im Entoplasma liegenden Vakuolen auf den Entoplasmasträngen nach innen hin pseudopodienartig vorzudringen scheint. Ein ganz besonderes Gepräge erlangt das Corticalplasma durch die Aufnahme der Trichocysten (Fig. H b, V<sub>1</sub> b). Nach TÖNNIGES (1914) sind diese chromidialen Ursprungs; sie wandern auf den Strängen des Entoplasmas zur Peripherie, um im Corticalplasma aufgespeichert zu werden. In der Tat sehen wir immer einige Trichocysten tief im Entoplasma liegen (Fig. V<sub>1</sub> b). Das Corticalplasma erscheint als der eigentliche Sitz derselben. Eine beträchtliche Verstärkung erfährt das Corticalplasma in der Gegend des Mundes (Fig. V<sub>1</sub> b), zu dessen Seiten Trichocysten in dichter Menge stehen, was BÜTSCHLI (Taf. LXII Fig. 13 und Erläuterung hierzu) zu Unrecht bezweifelt.

Während bei der soeben beschriebenen Art das Corticalplasma noch nicht vollkommen deutlich gegen das Entoplasma hin abgegrenzt erscheint, so ist bei *Paramaecium caudatum* EHRENB. (Fig. E b und J<sub>1</sub>) und *Urocentrum turbo* O. F. M. eine deutliche Trennung eingetreten (Fig. E e und K<sub>1</sub>). Dagegen tritt die Alveolarschicht hier ganz und gar zurück; schon BÜTSCHLI vermutete, daß diese Erscheinung nicht auf einem Fehlen, sondern viel wahrscheinlicher auf der in allen ihren Verhältnissen feineren Ausbildung der Alveolarschicht beruht. Das Corticalplasma selbst ist stärker färbbar, erscheint dichter und bildet eine bei *Paramaecium caudatum* 2  $\mu$ , bei (dem kleineren) *Urocentrum turbo* 2 $\frac{1}{2}$   $\mu$  dicke Mantelschicht. Die Trichocysten stecken mit zugespitzten Endstücken bei *Paramaecium* in den Oberflächenbälkchen (Fig. E b), bei *Urocentrum* zwischen den dicht stehenden Basalkörnern in stellenweise sehr regelmäßiger und lückenloser Anordnung.

Die Substanz des Corticalplasmas erscheint nach Fixierung mit Pikringemischen und Flemming fort. äußerst fein granuliert; größere Körner fehlen. Daß schließlich Nahrungsvakuolen nicht in das Corticalplasma eintreten, und daß dieses an den Verschiebungen des Entoplasmas keinen Anteil nimmt, braucht nur kurz erwähnt zu werden, da ein solches Verhalten bereits am lebenden Objekt leicht zu konstatieren ist. Nach alledem erscheint also das typische Corticalplasma, wenn wir von besonderen Differenzierungen wie beispielsweise dem Peristombande von *Bursaria* absehen, im wesent-

lichen als Lagerbett der Trichocysten; es besitzt genau die den Trichocysten entsprechende Dicke und bewahrt diese wohl vor Verschiebung durch den Plasmastrom. Daß eine so mächtige Schicht gleichzeitig dem Schutze des Körpers dient, erscheint selbstverständlich; in dieser Eigenschaft scheint es eine besondere, kräftige Alveolarschicht überall da überflüssig zu machen, wo es voll ausgebildet ist (*Paramecium*, *Urocentrum*).

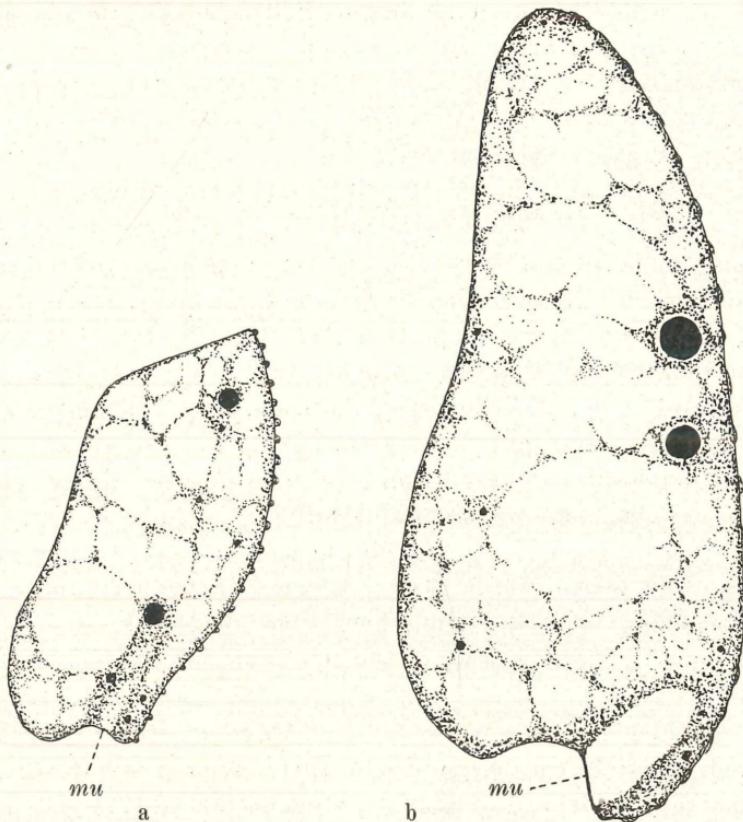


Fig. B<sub>1</sub>. *Loxodes rostrum* O. F. M.

- a) Querschnitt d. d. sog. kleinere Form, Mundgegend; 2  $\mu$ ; PiEss, Häm Eos; 2 mm, K 6; Vergr. 1020.  
 b) Desgl., große Form; 2  $\mu$ ; PiEss, MethylgrünFuS; sonst ebenso.

### 3. Einfache Pellicula.

Wenn es richtig ist, das Corticalplasma mit den Trichocysten, die Alveolarschicht mit der Cilienbekleidung in Beziehung zu bringen, wie es in den voraufgegangenen Abschnitten geschehen ist, so kann man a priori schließen, daß beide schwinden, wenn Cilien und Trichocysten reduziert werden. Allerdings muß man sich hierbei

vergegenwärtigen, daß die tatsächlichen kausalen Zusammenhänge wohl nicht in dieser einfachen Formel erschöpft sind, daß insbesondere für die Ausbildung der Alveolarschicht auch andere als rein funktionelle Faktoren in den physikalischen Kräften wirksam sind; immerhin bleibt auffällig, daß bei Ciliaten mit reduziertem Wimperkleid, also besonders bei Hypotrichen und Peritrichen, eine Alveolarschicht oder ein Corticalplasma in der Regel nicht mit Sicherheit zu erkennen ist, sondern nur eine dünne Pellicula den im übrigen oftmals sehr starren Körper zu umschließen scheint.

Verschiedene Versuche, auch diesen Formen eine ausgesprochene Alveolarschicht (bzw. Corticalschicht) zu vindizieren, sind bei BÜTSCHLI (p. 1255 ff.) kritisch betrachtet.

*Styloynchia mytilus* O. F. M. Querschnitte durch dieses Tier (Fig. U a, b, V, H<sub>1</sub>) lassen erkennen, daß weder von einer ausgesprochenen Alveolarschicht, noch von einem Corticalplasma die Rede sein kann. Niemals läßt sich eine Pellicula schöner studieren, als auf Schnitten durch Hypotrichie, eben, weil die anderen Ectoplasmaschichten vollkommen zurücktreten. Wir erkennen sie als feines, (unter  $1/2 \mu$ ), strukturloses Häutchen. Bei genauerem Zusehen findet man nun zwar auf der feinen, dunklen Linie, als die sich die Pellicula nach Heidenhainfärbung darstellt, eine Reihe ebenfalls schwarzer Körnchen, die sich weit unter  $1/2 \mu$  halten (Fig. U a, b); doch ist sehr schwer zu sagen, ob sie sich in oder an der Pellicula befinden. Die letzte Möglichkeit erscheint nach dem Eindruck, den diese Körnelung im mikroskopischen Bilde hervorruft, als die wahrscheinlichere. Diese Körner habe ich nur bei *Styloynchia mytilus* gefunden.

Wenn bisher eine ausgesprochene Alveolar- und Corticalschicht in Abrede gestellt wurde, so erhebt sich nunmehr die Frage, worin die Basalkörper der Ciliengebilde eingebettet sind, wenn nicht in Ektoplasma. Zunächst ist zu bemerken, daß dieselben bei *Styloynchia mytilus* auf Schnitten wegen ihrer Größe ( $1/2$ — $3/4 \mu$ ) sehr bequem zu studieren sind (Fig. U a, b). Anzunehmen, daß diese Basalkörper im Entoplasma liegen, dürfte wegen des völligen Mangels an Analogiefällen nicht leicht sein. Man wird eher geneigt sein, eine dünne, submikroskopische Alveolarschicht anzunehmen, die im Bereiche der Basalkörper lokal verdickt ist. Daß Differenzen in der Ausbildung ein und derselben Schicht überhaupt vorkommen, wurde bereits mehrfach erwähnt. Andererseits entspräche das Vorhandensein einer, wenn auch nur sehr feinen Alveolarschicht den im Plasma herrschenden physikalischen Gesetzen. Wie steht es aber um die eventuellen,

auf Sichtbarem beruhenden Stützen für eine solche Ansicht? Daß an günstigen Stellen im Bereich der Basalkörper eine Anhäufung eines vom Entoplasma unterscheidbaren Protoplasmas tatsächlich zu beobachten ist, zeigt Fig. U a u. b. Vor allem aber hat BÜTSCHLI (1892, p. 61 u. Taf. II) am lebenden Objekt das Vorhandensein der wabigen Struktur des Plasmas und eine besondere Alveolarschicht konstatieren können.

Wir müssen also annehmen, daß die Pellicula von einer äußerst dünnen, nur im Bereich der Basalkörper dickeren Alveolarschicht unterlagert ist. Ganz ähnliche Verhältnisse findet man bei *Euplates patella* O. F. M. (Fig. Y), *Kerona pediculus* O. F. M. (Fig. Uc u. G<sub>1</sub>), *Trichodina pediculus* EHRBG. (Fig. U<sub>1</sub>) und bezeichnenderweise auch auf Schnitten durch den holotrichen *Chilodon cucullulus* O. F. M. (Fig. Ta u. D<sub>1</sub> b), nämlich besonders am cilienfreien Rücken, wohingegen auf der Bauchseite eine dunkler färbbare, periphere Ectoplasmaschicht vorhanden zu sein scheint (Fig. T a).

Während die bisher behandelten Formen die einzelnen Ectoplasmaschichten mehr oder weniger deutlich erkennen ließen, ist dieses bei einer ganzen Reihe von Ciliaten nicht der Fall. Betrachten wir z. B. einen Schnitt durch *Blepharisma lateritium* EHRBG. (Fig. L b), so sehen wir zwar eine dünne Pellicula die Oberfläche überziehen; bei der starken Ectoplasmaschicht, die nach innen hin folgt, ist aber eine Unterscheidung von Alveolar- und Corticalschicht auf Grund der angewendeten Methoden unmöglich.

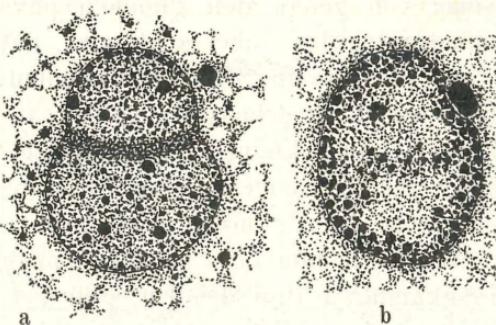


Fig. C<sub>1</sub>. *Kerona pediculus* O. F. M.  
a) Schnitt d. d. Macronucleus; 1  $\mu$ ; Pi Ess, Heid Fu S; 2 mm, K 12; Vergr. = 2000.

b) *Metopus sigmoides* CLAP. et LACHM. Schnitt d. d. Macronucleus mit anliegendem Micron.; 2  $\mu$ ; Flemm, Heid Pi Li; 2 mm, K 12; Vergr. = 2000.

## B. Das Entoplasma.

Am Eingange zu dem nun folgenden Kapitel darf wohl nochmals kurz daran erinnert werden, daß an der Hand der vorliegenden fixierten Objekte über die Elementarstruktur des Entoplasmas, ebenso wenig wie über die des Ectoplasmas und aus demselben Grunde wie dort, Näheres nicht ausgesagt werden soll. In der Literatur

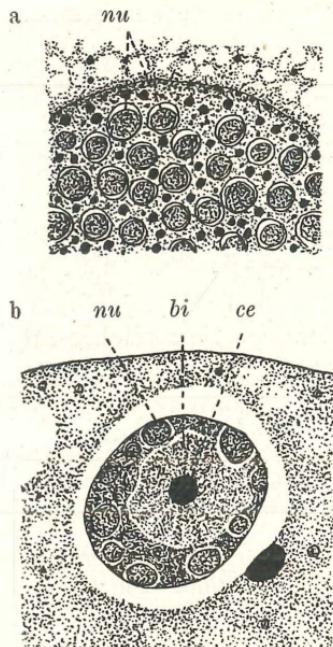
findet man nun nicht selten Angaben über die „wabige“ Struktur des Entoplasmas, die mit der Elementarstruktur nicht das Geringste zu tun haben. In vielen Fällen handelt es sich um Verwechslungen mit den um vieles größeren sekundären Plasmastrukturen; in anderen liegt ein zweifellos verwerflicher Sprachgebrauch vor, der die Wörter „wabig, Wabenstruktur“ für zwei grundverschiedene Dinge anwendet. Denn wenn auch die sekundäre Struktur des Entoplasmas von genau den gleichen physikalischen Gesetzen wie die Elementarstruktur beherrscht wird, daß also z. B. in reich vakuolisiertem Plasma die dünnen Vakuolenwände zu dreien zusammenstoßen, so ist es doch wohl besser, in diesem Zusammenhange nur von großen und kleinen Vakuolen zu sprechen und den Ausdruck „Wabe“ für die Elementarstrukturen des Protoplasmas zu reservieren. Die Wände der Vakuolen sind wabig.

Wenn wir nun eine größere Anzahl von Infusorienschnitten auf den sekundären Bau des Entoplasmas hin ansehen, so fallen uns trotz der gleichen Elementarstruktur ganz beträchtliche Unterschiede auf. Von Formen mit sehr dichtem, kaum vakuolisierten Entoplasma führt eine lange Reihe zu solchen mit extremer Vakuolisierung, die soweit gehen kann, daß nur geringe Bruchteile des gesamten Volumens auf das eigentliche Plasma kommen, während der Rest auf stark wasserhaltige Vakuolen fällt, eine Reihe, aus der nunmehr einige typische Beispiele zur Betrachtung ausgewählt werden sollen.

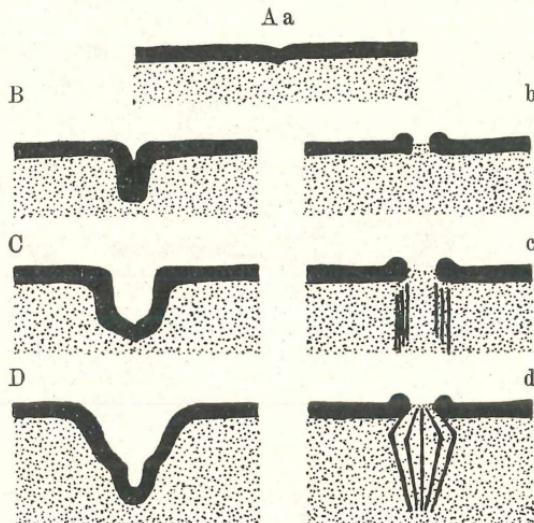
### 1. Dichtes Entoplasma, feine Körnelung.

Ein solches findet man bei *Chilodon cucullulus* O. F. M. (Fig. 19 a u. X a—c). Auf Querschnitten durch dieses Tier erblickt man eine gleichmäßig gefärbte Grundsubstanz, in welche zahlreiche feinste und wenig mittelgroße Granula eingebettet sind. Nur wenige und kleine Vakuolen sind vorhanden. *Chilodon* verschlingt größere Algenfäden u. dgl., ganz ähnlich wie neuerdings von GOLDSMITH (1922) bei *Frontonia leucas* beschrieben worden ist; dabei bringt er kaum jemals Wasser mit in das Entoplasma. Wenn nun auch die Art der Nahrungsaufnahme nicht immer einen direkten Einfluß auf die Vakuolisierung des Entoplasmas auszuüben braucht, so macht doch gerade bei dem vorliegenden *Chilodon cucullulus* die beschriebene Ernährungsweise die Plasmastuktur, speziell also das Fehlen der Vakuolen verständlich. Den gleichen kompakten Bau des Entoplasmas zeigen auch *Lembadion bullinum* (Fig. D a, W b) und die meisten Peritrichen, beispielsweise *Trichodina pediculus* (Fig. U<sub>1</sub>).

Bereits an diesen Beispielen läßt sich erkennen, daß die Art der Nahrungsaufnahme, wie oben bereits erwähnt, keinen durchgehenden Einfluß auf die Ausbildung des Entoplasmas besitzt; denn besonders die Peritrichen sind typische Strudler, welche außer den Nahrungsteilchen Wasser mit aufnehmen müssen.

Fig. D<sub>1</sub>.

- Fig. D<sub>1</sub>. *Prorodon teres* EHRBG.  
 a) Schnitt d. d. Macronucleus 2  $\mu$ ; Pi Ess, Heid Fu S; 2 mm, K 6; Vergr. = 1020.  
 b) *Chilodon cucullulus* EHRBG.  
 Schnitt d. d. Macronucleus mit Micron.; 1  $\mu$ ; Pi Fo Ess; Heid Fu; 2 mm, K 6;  
 Vergr. = 1020.

Fig. E<sub>1</sub>. Schema der Mundbildung.Fig. E<sub>1</sub>.

## 2. Dichtes Entoplasma, grobe Körnelung.

Diese Modifikation schließt sich eng an die vorige an; wir finden sie typisch ausgebildet bei *Pleuronema chrysalis* EHRBG. (Fig. B). Von dem Entoplasma selbst gilt dasselbe, was bei den Vertretern der vorigen Gruppe bemerkt wurde. Dagegen ist die Zahl der Einlagerungen außerordentlich vermehrt. Der Typus gewinnt durch sie geradezu sein Gepräge. Ihre Größe sowohl wie auch ihre Färbbarkeit ist sehr verschieden, ohne daß sich dabei gesetzmäßige Beziehungen auffinden ließen. Diese Inhaltskörper wird man teils als

aufgenommene, in Verdauung befindliche Nahrungskörper, teils als Speicherstoffe u. dgl. zu deuten haben. Nahrungsvakuolen, die sich im Präparat als hellere Höfe um die Nahrungskörper abzeichnen, sind nur hier und da anzutreffen. Man muß sich also von der ziemlich verbreiteten Annahme frei machen, daß einem Nahrungskörper notwendigerweise eine umgebende Nahrungsvakuole entsprechen muß, worauf übrigens bereits BüTSCHLI (p. 1399) aufmerksam machte.

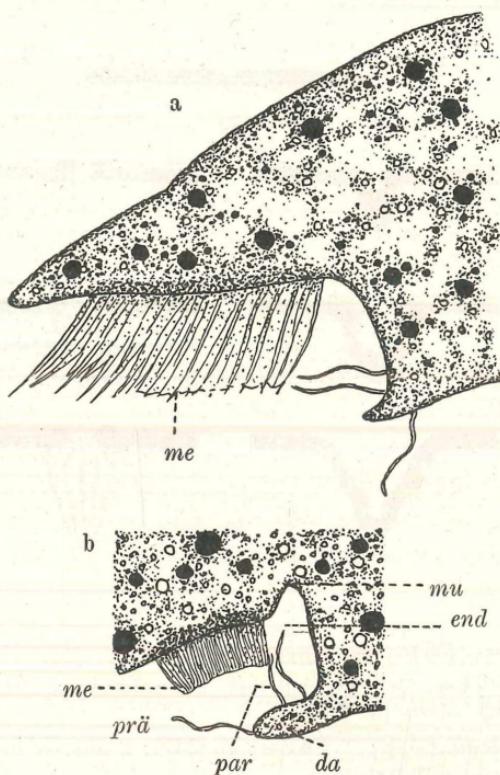


Fig. F1. *Kerona pediculus* O. F. M.  
a) Querschnitt, Körpermitte; 2  $\mu$ ; Pi Ess,  
Heid Fu S; 2 mm, K 12; Vergr. = 2000.

b) *Urostyla grandis* EHRBG.

Querschnitt d. d. Mundgegend; 2  $\mu$ ; Pi Ess,  
Heid Fu S; 2 mm, K 6; Vergr. = 1020.

Die Nahrung kann vielmehr auch direkt in das Entoplasma eingelagert sein.

Eng an das Beispiel der *Pleuronema* schließen sich *Styloinichia mytilus* O. F. M. (Fig. U, V u. H<sub>1</sub>) und wohl die meisten Hypotrichen an (*Euplates*, Fig. Y; *Kerona*, Fig. Uc, F<sub>1</sub>a u. G<sub>1</sub>; *Urostyla grandis*, Fig. F<sub>1</sub>b). Zwischen den zahlreichen Inhaltskörpern ist zwar eine schwache Vakuolisierung bereits zu bemerken; von jenen selbst aber gilt ganz ähnliches wie bei *Pleuronema*. Bei *Kerona pediculus* (Fig. Uc u. F<sub>1</sub>a) fehlen die ganz groben Granula, ebenso wie bei *Euplates patella* (Fig. Y). Auf Querschnitten durch dieses Tier fällt dagegen eine Anzahl größerer Inhaltskörper auf. Ihre Größe beträgt mit ziemlicher Regelmäßigkeit 5  $\mu$  im Durchmesser. Wie aus

der Betrachtung geeigneter Präparate, vor allem des lebenden Tieres hervorgeht, handelt es sich um Zoochlorellen, die sich mit Heidenhain tief schwarz gefärbt haben. Die helle Zone, in welche eine jede Zoochlorelle eingeschlossen erscheint, ist ein Schrumpfungshof.

## 3. Dichtes Entoplasma, Nahrungsvakuolen.

Tiere, die hierher gerechnet werden können, sind *Paramaecium caudatum* EHRBG. (Fig. J<sub>1</sub>), *Urocentrum turbo* O. F. M. (Fig. E, K<sub>1</sub>)

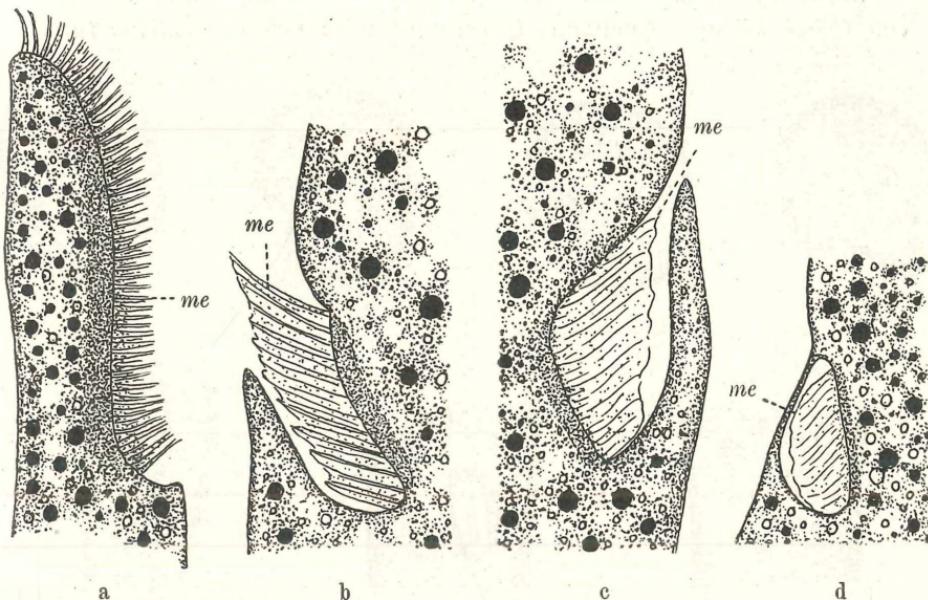


Fig. G<sub>1</sub>. *Kerona pediculus* O. F. M.

Längsschnitte, von links nach der Körpermitte zu fortschreitend, Bildung der Mundgrube; verschiedene Tiere; 2  $\mu$ ; PiEss, HeidFuS.

a) 2 mm, K 6, Vergr. = 1020. b, c, d) 2 mm, K 12; Vergr. = 2000.

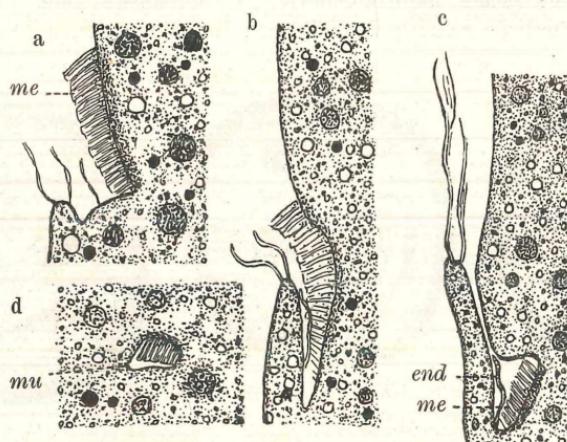


Fig. H<sub>1</sub>. *Stylo-nichia mytilus* O. F. M.

Längsschnitte, von links n. d. Körpermitte zu fortschreitend; 1 $\frac{1}{2}$   $\mu$ ; FlemmFuS; DD, K 6; Vergr. = 475.

und *Coleps hirtus* O. F. M. (Fig. X). Zwar hat das Entoplasma noch eine dichte Struktur und erinnert an den Typus 1, aber im Querschnittsbild beginnen Nahrungsvakuolen sich geltend zu machen. In welch auffälliger Weise dies der Fall sein kann, zeigt Fig. X b von *Coleps hirtus*. Auch das Querschnittsbild von *Urocentrum turbo*

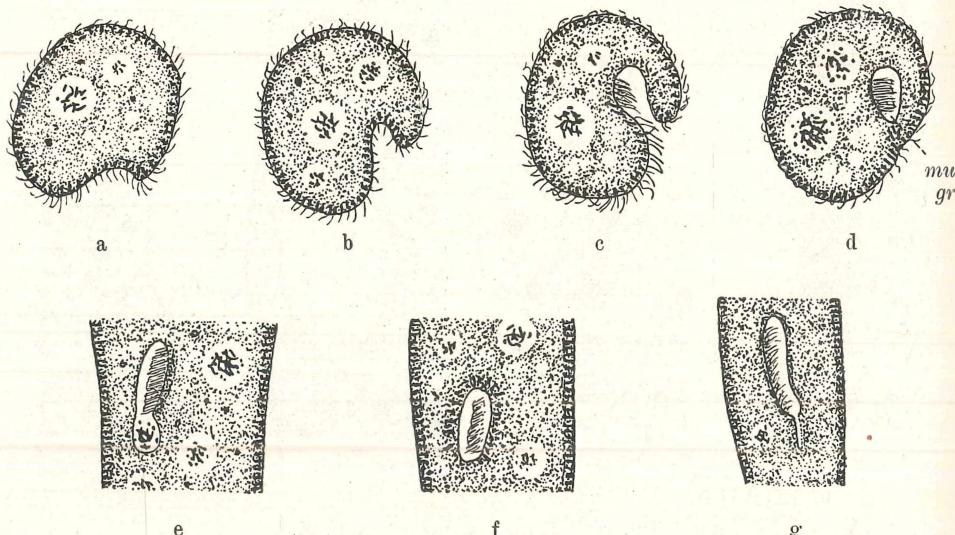


Fig. J<sub>1</sub>. *Paramaecium caudatum* EHRBG.

a—d) Querschnitte, von vorn nach hinten zu fortschreitend; in d) Mundgrube.  
e—g) Längsschnitte. e) Mundgrube mit Nahrungsvakuole. g) Mundstelle nach Ablösung derselben; beides Sagittalschnitte. f) Mundgrube mit Trichocysten; Frontalschnitt. Sämtliche Schnitte 1  $\mu$ ; Flemm, Heid FuS; DD, K 6; Vergr. 475.

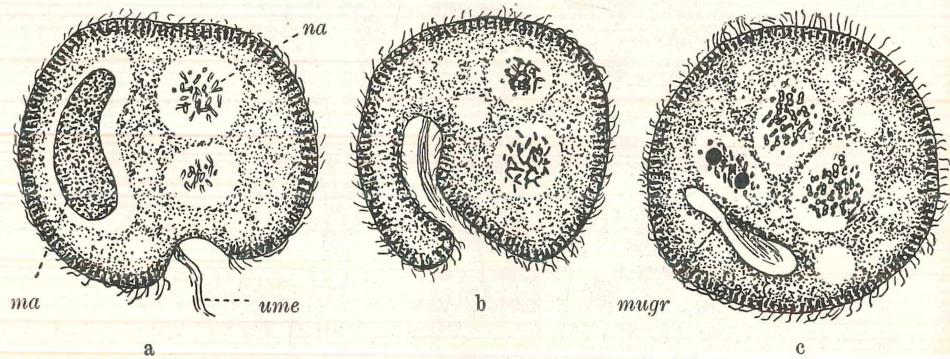


Fig. K<sub>1</sub>. *Urocentrum turbo* O. F. M.

Querschnitte, vom Vorderende nach hinten fortschreitend; Bildung der Mundgrube; 2  $\mu$ ; Pi Ess, Thi; DD, K 12; Vergr. 920.

(Fig. K<sub>1</sub>) wird vollkommen beherrscht von relativ großen, mit Bakterien gefüllten Nahrungsvakuolen.

#### 4. Schwache Vakuolisierung.

Dieser Typus, für den wir in *Dileptus anser* (Fig. C) einen Vertreter haben, leitet eine kontinuierliche Reihe ein, die bis zu den Formen mit extremer Vakuolisierung führt. Während bei dem Typus 3

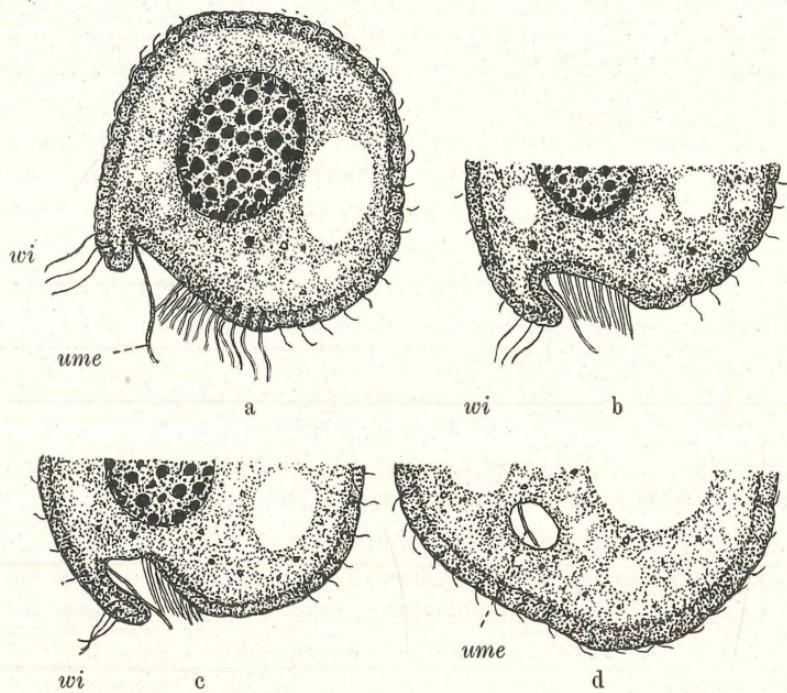


Fig. L<sub>1</sub>. *Metopus sigmoides* CLAP. et LACHM.

Querschnitte, Bildung der Mundgrube;  $2\frac{1}{2} \mu$ ; Flemm, Thi; 2 mm, K 6; Vergr. = 1020.

des vorangehenden Abschnittes ein an und für sich dichtes Entoplasma von mehr oder weniger zahlreichen Nahrungsvakuolen durchsetzt war, wird nunmehr das gesamte Entoplasma von unzähligen, kleinen Vakuolen aufgelockert, die nichts mit der Nahrungsaufnahme zu tun haben. Ein Blick auf Fig. C u. K<sub>1</sub> wird den Unterschied sofort klar machen. Die Nahrungskörper ruhen frei in den Entoplasmasträngen. Bei *Dileptus anser* ist das Entoplasma nur von feinsten Körnchen durchsetzt; bei *Plagiopyla nasuta* STEIN (Fig. J u. M<sub>1</sub>), *Metopus sigmoides* CLAP. u. LACHM. (Fig. M u. L<sub>1</sub>) und *Nyctotherus macroph.* (Fig. N) finden wir auch mittelgroße. Bei *Nyctotherus* fällt zudem auch der Unterschied zwischen Nahrungs- und Plasma-

vakuolen in die Augen. Erstere sind stets rund und werden zumeist von einem dichteren Hof Entoplasma umgeben; letztere sind rundlich bis polygonal, selten aber kreisrund und stoßen da, wo sie dichter liegen, zu je drei zusammen (Fig. N b).

### 5. Mäßige Vakuolisation.

Von den soeben behandelten Formen unterscheiden sich die Vertreter dieses Typus, der durch *Bursaria truncatella* O. F. M. (Fig. Z, A<sub>1</sub>) repräsentiert werden mag, nur graduell. Immerhin erscheint das Plasma durch die zahllosen und größeren Vakuolen bereits derartig aufgelockert und aufgeheilt, daß dies am Totalpräparat sehr in die Augen fällt. Bei *Bursaria* sieht man auch Nahrungsvakuolen mit eingeschlossenen Tierresten (Fig. Z und A<sub>1</sub>, na). In der Fig. A<sub>1</sub> a ist es eine *Frontonia leucas* mit ausgestoßenen Trichocysten, also ein recht großes Beutetier. Die Plasmavakuolen stoßen fast überall zusammen, nur dünne Plasmalamellen zwischen sich lassend; das ganze Gefüge wird schaumig und unterwirft sich den für Schäume geltenden, bereits mehrfach erwähnten Gesetzen. Hierher gehören zahlreiche Ciliaten, z. B. *Stentor coeruleus* EHRBG. (Fig. S b, P<sub>1</sub>, Q<sub>1</sub>, R<sub>1</sub>), *Spirostomum ambiguum* EHRBG. (Fig. Q a), *Loxophyllum meleagre* O. F. M. (Fig. O b), *Nassula aurea* EHRBG. (Fig. W<sub>1</sub> a), *Frontonia leucas* EHRBG. (Fig. H b und V<sub>1</sub> b) und schließlich Formen wie *Blepharisma lateritium* EHRBG. (Fig. L b, N<sub>1</sub>), die ebenso gut bereits zum nächsten Typus gezählt werden könnte. Bei einigen der genannten Formen, speziell bei *Blepharisma*, ist zu beobachten, wie größere Körner in den Knotenpunkten der Plasmalamellen lokalisiert sind.

### 6. Extreme Vakuolisation.

Wenn nun die Vakuolen noch weiter anwachsen, die Plasmalamellen infolgedessen sich noch mehr dehnen, schließlich hie und da durchreißen, so daß längliche und vollkommen unregelmäßige Vakuolennräume entstehen, so erhalten wir den Typus 6, repräsentiert durch *Loxodes rostrum* O. F. M. (Fig. B<sub>1</sub>) und *Trachelius ovum* EHRBG. (Fig. G b, c). Bei dem letzten Tiere ist die Vakuolisation so weit fortgeschritten, daß der weitaus größere Teil des Körpers von riesigen Vakuolen erfüllt ist, die wegen ihrer Größe bereits frühzeitig auffielen und als Mägen, Darmsystem u. dgl. gedeutet wurden.

Größere Entoplasmakomplexe finden sich nur um den Kern (zentrales Plasma), und gegen das Ektoplasma hin. Auch bei diesen Formen sehen wir die Inhaltskörper des Entoplasmas in den Knoten-

punkten der Entoplasmalamellen liegen. Der Grad der Vakuolisierung ist im einzelnen nicht unbedeutenden Schwankungen unterworfen; sie kann soweit gehen, daß von Plasmalamellen keine Rede mehr sein kann, sondern nur noch Plasmastränge erhalten sind (Fig. B<sub>1</sub>, *Loxodes rostrum*).

Schließlich wäre noch darauf hinzuweisen, daß der Vorgang der

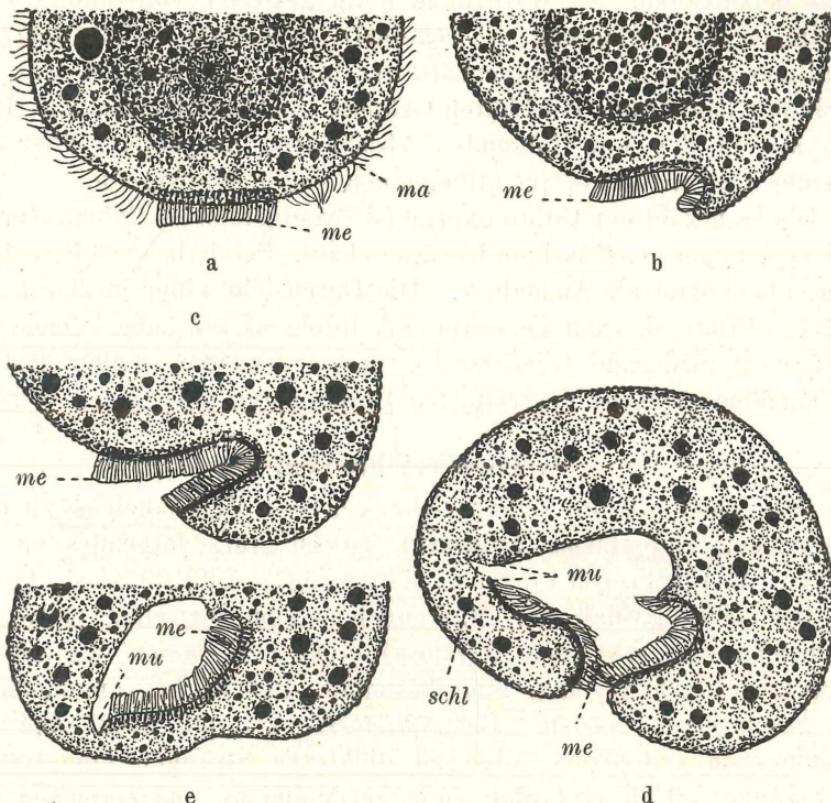


Fig. M<sub>1</sub>. *Plagiopyla nasuta* St.

Querschnitte;  $1\frac{1}{2} \mu$ ; Bildung der Mundgrube; von hinten nach vorn fortschreitend; Flemm, Heid Li; 2 mm, K 6; Vergr. 1020.

Vakuolisierung auch reversibel ist, indem z. B. vor beginnender Encystierung die Vakuolen stets verschwinden, nach erfolgtem Wiederausschlüpfen jedoch von neuem auftreten.

### C. Die Kerne.

Die Kerne der Protozoen sind in den letzten Jahren Gegenstand weitgehender Spekulationen gewesen. In dem Mittelpunkt derselben steht die Auffindung von centrosomenähnlichen, kinetischen Zentren

im Innern der Kerne und deren weitreichende Verbreitung im Reiche der Protisten. Die Prüfung der Frage, wie weit die in dieser Hinsicht bekannt gewordenen Tatsachen auch auf die in bezug auf die Kernverhältnisse bekanntlich isoliert stehenden Ciliaten zutreffen, wäre an und für sich eine lohnende Aufgabe. Zu deren Lösung vermag die vorliegende Arbeit jedoch nur Unwesentliches beizutragen. Es wäre dazu nötig gewesen, vollständige Entwicklungszyklen (Teilung — vegetatives Stadium — Teilung) in Schnittserien auf ihre Kernverhältnisse hin zu untersuchen, was aus den in der Einleitung erwähnten Gründen nicht geschehen ist. Deshalb soll in den nun folgenden Abschnitten nur einiges über den Bau des Ciliatenkernes im allgemeinen angeführt werden.

Die Mehrzahl der Ciliatenkerne ist (wenigstens im Ruhezustande) nach dem Typus des massigen Kernes gebaut. Persistierende Bläschenkerne erscheinen als Ausnahme. Die Durchsicht einer größeren Anzahl von Ciliatenkernen gestaltet sich infolgedessen äußerst monoton. Um wenig fördernde Wiederholungen zu vermeiden, sollen deshalb nur einzelne typische Vertreter zur Besprechung ausgewählt werden.

### 1. Lagebeziehungen.

Was zunächst die Lagebeziehungen des Macronucleus zu dem umgebenden Entoplasma anbetrifft, so ist kurz folgendes zu bemerken: Von mehreren Forschern (BÜTSCHLI, p. 1492 ff.) ist auf Grund der Beobachtung, daß der Macronucleus dem bisweilen recht beträchtlichen Plasmastrome (Cyclose) einen wirksamen Widerstand entgegenzusetzen vermag, eine besondere Befestigung angenommen und beschrieben worden. Bei *Nyctotherus* ist nun zwar eine Anordnung von Entoplasmateilen zu dichteren Strängen eingetreten; die Stränge jedoch verlaufen ganz unregelmäßig und erreichen den Kern nur mehr zufällig (Fig. T<sub>1</sub> d). Ein System von Aufhängebändern ist jedenfalls nicht zu bemerken. Das gleiche gilt von *Bursaria truncatella* O. F. M. und *Stentor coeruleus* EHRBG., für welche BÜTSCHLI (l. c.) eine derartige Befestigung annehmen möchte, ohne eine solche gesehen zu haben. Zwar liegt bei allen diesen Formen mit stärker vakuolisiertem Entoplasma der Kern in der Regel innerhalb einer größeren Anhäufung von Entoplasma (Fig. P<sub>1</sub>, *Stentor*); doch läßt im mikroskopischen Bilde nichts darauf schließen, daß dieses sich durch größere Festigkeit und Lagefixierung auszeichnet. Von einem Eintauchen des Kernes in das Corticalplasma, wie dies berichtet worden ist (vgl. BÜTSCHLI, p. 1492), habe ich nie etwas beobachten können.

## 2. Der Micronucleus.

Der Micronucleus erscheint bei den angewendeten Färbemethoden in der Regel als intensiv gefärbtes Körperchen, an dem weitere Einzelheiten kaum zu bemerken sind. Er liegt sehr häufig in einer Nische des Macronucleus, wie Fig. C<sub>1</sub> b von *Metopus* zeigt.

## 3. Der Macronucleus.

Der Macronucleus tritt uns in der weitaus größten Zahl aller Fälle in einer Form entgegen, wie sie z. B. Fig. X b von *Coleps hirtus* und Fig. T<sub>1</sub> d von *Nyctotherus macropharyngeus* darstellt. Es ist der Grundtypus des massigen Kernes. Unter einer dünnen,

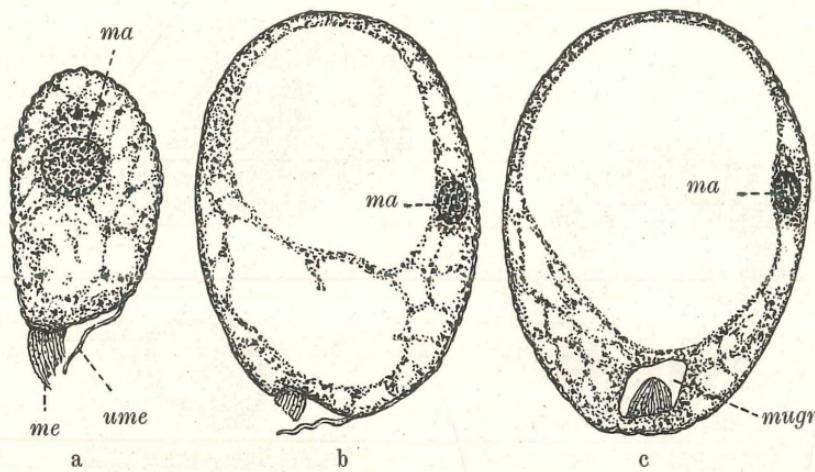


Fig. N<sub>1</sub>. *Blepharisma lateritium* EHRBG.

Querschnitte;  $1\frac{1}{2} \mu$ ; Bildung der Mundgrube; a) am Vorderende, b u. c) Körpermitte; Bouin, Heid Li; DD, K 6; Vergr. 475.

stets erkennbaren Kernmembran liegt ein dichtes Gefüge von stark färbbarer Substanz (Chromatin), das in eine weniger färbbare eingebettet ist (Gerüstwerk). Das Chromatin ist zumeist in der Form kugeliger Körnchen vorhanden; häufig fallen verschiedene Größenklassen von solchen auf. Bei *Bursaria truncatella* O. F. M. (Fig. A<sub>1</sub>, ma) erscheint die färbbare Substanz unregelmäßig balkenartig und wurstförmig, wohl ein Hinweis auf ihre zähflüssige Natur. In ähnlicher Weise in Bälkchen aufgelöst ist die Chromatinsubstanz bei *Nassula aurea* EHRBG. (Fig. W<sub>1</sub> a).

Der somit kurz geschilderte Kerntypus findet sich bei Ciliaten außerordentlich häufig; alle in dieser Arbeit beschriebenen Infusorien, sofern sie im folgenden nicht näher erwähnt werden, gehören hierher. (Vgl. auch Fig. G c, *Trachelius ovum*; Fig. Q a, *Spirostomum ambiguum*;

Fig. K<sub>1</sub> a, *Urocentrum turbo*; Fig. N<sub>1</sub> a—c, *Blepharisma lateritium*; Fig. O<sub>1</sub>, *Loxophyllum meleagre*; Fig. P<sub>1</sub> a, c, d, *Stentor coeruleus*; Fig. Y<sub>1</sub> a, c, d, *Euplates patella*). Eine geringfügige Modifikation erleidet dieser Typus dadurch, daß sich die Chromatinsubstanz an der Peripherie des Kernes, an der Membran, ansammelt, wie Fig. C<sub>1</sub> b von *Metopus* zeigt. Im Innern findet sich in diesem Falle ein etwa kugeliger Raum, in dem stärker färbbare Substanzen nahezu fehlen. Es erscheint nicht ausgeschlossen, daß manche der als bläschenförmig beschriebenen Kerne ebenso gebaut sind. Nicht immer ist das Chromatin bei *Metopus* so verteilt, wie eben beschrieben wurde. Wir finden auch Kerne, die nach dem Grundschemata des massigen

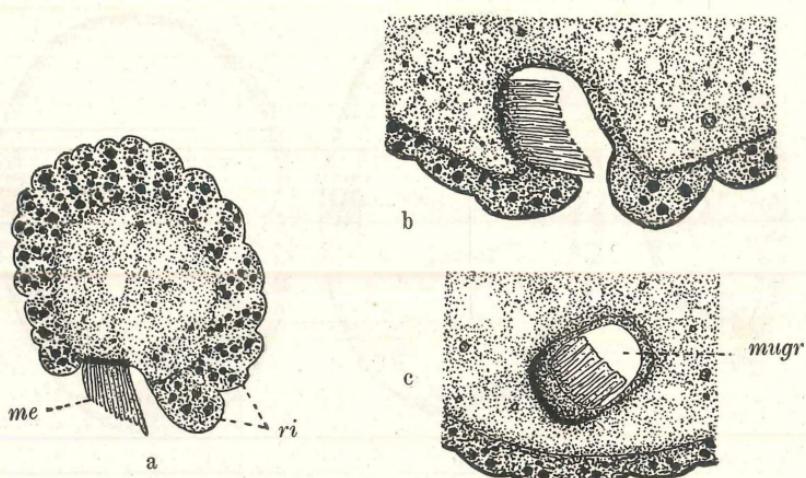


Fig. O<sub>1</sub>. *Spirostomum ambiguum* EHRBG.

Querschnitte; Bildung der Mundgrube; a) vom Vorderende; b u. c) Körpermitte; 2  $\mu$ ; PiFo Ess, Heid Pi Li; 2 mm, K 6; Vergr. 1020.

Kernes gebaut sind (Fig. L<sub>1</sub>). Möglicherweise sind diese auch sonst des öfteren zu beobachtenden Verschiedenheiten der Ausdruck zyklischer Veränderungen im Kerne.

Eine andere, sehr merkwürdige Modifikation des massigen Kernes finden wir bei vielen Hypotrichen, für welche die an einem Längsschnitt durch *Kerona pediculus* O. F. M. gewonnene Fig. C<sub>1</sub> a als Beispiel gelten mag. Wir sehen hier den im übrigen ganz ähnlich gebauten Kern durch eine quer verlaufende Scheidewand in zwei unter sich ungleiche Räume zerlegt. Diese Scheidewand kann sekundär noch längs gespalten sein, wodurch zwischen den stark färbbaren Lamellen ein linsenförmiger Hohlräum entsteht, ein Verhalten, das beispielsweise häufig bei *Urostyla grandis* zu beobachten

ist, aber auch bei der vorliegenden *Kerona pediculus* eintreten kann. Wenn zwei Kernglieder vorhanden sind, erscheinen beide in der beschriebenen Weise geteilt. Die Scheidewand selbst läßt auf Schnitten ihre Zusammensetzung aus äußerst zahlreichen, aber sehr kleinen Körnchen erkennen. Mit der Kernmembran erscheint sie fest verbunden; dafür spricht auch der Umstand, daß sie beim Isolieren nach Zerdrücken des Kernes in der Regel mit derselben in Zusammenhang bleibt. Über die physiologische Bedeutung dieser Einrichtung ist nichts Sicheres bekannt.

In vielen massigen Ciliatenkernen tritt nun dadurch eine Weiterdifferenzierung ein, daß sich inmitten der Chromatinelemente Nucleolen ansammeln (Fig. D<sub>1</sub> a, *nu*). Diese erscheinen bei genügender Differenzierung frei von Hämatoxylin und haben dann die Plasmafarbe angenommen. Die Nucleolen sind in Form von rundlichen, nahezu gleich großen Körnchen vorhanden, die im fixierten Präparat meist von einem Schrumpfungshofe umgeben sind. Die Chromatinsubstanz ist regellos zwischen diese Nucleolen eingelagert. Diesen Kerntypus trifft man bei *Prorodon teres* EHRBG. (Fig. D<sub>1</sub> a) und bei *Frontonia leucas* EHRBG. an.

Wenn nun alle bisher geschilderten Kerne streng unter die massigen Kerne zu rechnen sind, die für gewöhnlich keinerlei Andeutungen eines Binnenapparates erkennen lassen, so ist der Typus des Caryosom- oder Bläschenkernes unter den Ciliaten gleichwohl realisiert. Einem solchen Beispiele wollen wir uns nunmehr zuwenden. Er betrifft *Chilodon cucullulus* EHRBG. (Fig. D<sub>1</sub> b).

Den älteren Autoren keineswegs unbekannt, wie aus BüTSCHLI (p. 1512) hervorgeht, sind diese Verhältnisse zuletzt wohl von NÄGLER (1911) bei dem nahe verwandten *Chilodon uncinnatus* ausführlicher geschildert worden. Im Kern von *Chilodon cucullulus* erblickt man einen großen (7,5  $\mu$ ) Binnenkörper (*bi*), der radiär gestreift erscheint, und in dessen Innern das tiefschwarze Centriol (*ce*, 1 $\frac{3}{4}$   $\mu$ ). Den außerhalb des Binnenkörpers gelegenen Raum erfüllt ein feinst verteilt Chromatin, in welches noch eine größere Anzahl von verschiedenen großen Nucleolen eingebettet ist. Der gesamte Kern aber ist umgeben von einer Kernmembran. Durch die Behandlung ist der Kern ziemlich erheblich geschrumpft, und infolge der eingetretenen Volumverminderung haben die zunächst liegenden Nucleolen die Konturen des Binnenkörpers stellenweise eingedrückt. Außerhalb des Schrumpfungshofes, durch diesen deutlich von dem Macronucleus abgehoben, liegt der Micronucleus. Einen ganz ähnlichen Caryosomkern zeigt Fig. M<sub>1</sub> von *Plagiopyla nasuta* STEIN, jedoch ohne Nucleolen.

Einen Fall von Chromatinverlust des Kernes zeigt Fig. B b von *Pleuronema chrysalis* EHRBG. Wir sehen hier das in großen, runden Elementen vorhandene Chromatin zentrifugal verlagert; das Kernzentrum, das einen Binnenkörper ohne Centriol enthält, ist fast frei von Chromatin, das sich nach der Membran begeben und diese anscheinend zum größten Teile bereits durchsetzt hat, so daß außerhalb der Kernmembran, doch dieser noch adhärierend, ein dunkler Hof von Chromidien entsteht. Das Tier stammt aus einer alternden Standkultur und befand sich sicher nicht mehr in allerbestem Zustande, was auch daraus hervorgeht, daß ein Teil der zugleich behandelten Tiere das Waschen nicht mehr ertrug, sondern zugrunde ging.

---

### III. Verhalten der Plasmaschichten am Munde.

Der Begriff des Mundes der Ciliaten könnte zunächst keiner weiteren Erklärung bedürftig erscheinen; ein Blick in die Literatur lehrt jedoch das Gegenteil. Hierfür nur drei Beispiele:

H. N. MAIER bildet (l. c., Taf. III, Fig. 6 c) einen Schnitt durch die Mundgegend von *Paramaecium caudatum* ab und bezeichnet hier als Mund den Eingang in die membrantragende, röhrlige Einsenkung des inneren Peristomwinkels. Nach innen hin folgt nach ihm der Schlund, nämlich eben jene Einsenkung, während die Stelle, wo das Ectoplasma eine Lücke läßt, und wo der Zugang zum Entoplasma erfolgen kann, überhaupt keine Bezeichnung trägt. Diese Art der Benennung deckt sich übrigens mit BÜTSCHLI, p. 1710 und Taf. LIII Fig. 1 f.

Dagegen sagt BÜTSCHLI, ibid. p. 1352, daß „die primitive Mundöffnung bei den schlundführenden Infusorien an das innere Schlundende rückt“, und versteht hier unter Schlund eine „röhrlige Einwachsung des die primitive Mundöffnung begrenzenden Ectoplasmas“. Hier ist eindeutig gesagt, daß der Schlund außen, der Mund aber innen liegt.

Auf p. 1356 dagegen sagt er, daß sich die „Mundöffnung in einen sehr kurzen, trichterförmigen Spalt fortsetzt“, also nach innen hin, und bezeichnet nun diesen proximalen Teil als Schlund; entsprechend p. 1358 die Mundöffnung als „Eingang in den eigentlichen Schlund“.

Also der Mund bald proximal, bald distal vom Schlund. Die Ursache dieser Unklarheit liegt wohl darin, daß zur Begriffsbestimmung

im wesentlichen topographische Kriterien herangezogen wurden, die bei *Paramaecium* unter Mund und Schlund etwas ganz anderes verstehen lassen als beispielsweise bei *Prorodon*. Auf Grund der Lagebeziehungen und der im einzelnen vorliegenden Gestaltung scheint es somit unmöglich, Eindeutiges über Mund und Schlund der Ciliaten auszusagen, der Begriff „Schlund“ überdies korrekturbedürftiger als „Mund“. Es soll in diesem Kapitel versucht werden, auf Grund der cytologischen Verhältnisse zu einer eindeutigen Definition zu gelangen.

**V o r g a n g d e r N a h r u n g s a u f n a h m e.** Um die Mundbildungen der Ciliaten vollkommen zu verstehen, darf man deren physiologische Bedeutung nicht außer acht lassen, weshalb an das Wichtigste hier kurz erinnert sei. Nach der Art der Nahrungs-aufnahme unterscheidet MAUPAS Strudler und Schlinger; erstere liegen still und treiben durch Wimperbewegung kleine Nahrungs-teilchen, meist Bakterien, in die am Grunde eines natürlichen Trichters (Peristomfurche) gelegene Mundöffnung; letztere schwimmen frei umher und bewältigen ihre Beute durch einen bisweilen gewaltigen Schluckakt. Die Strudler (Typus *Paramaecium*) haben, wie leicht verständlich wird, das Bestreben, durch Ausbildung von besonderen Strudelorganen und Trichterbildungen den Zustrom nahrungshaltigen Wassers zu beschleunigen und an den richtigen Punkt zu leiten: Es entstehen Membranen und Membranellen. Bei den Schlingern (Typus *Trachelius*) hingegen macht sich das Bestreben geltend, die meist umfangreiche Nahrung möglichst sicher zu erfassen und tief in das Entoplasma hinein zu befördern: So entstehen wulstartige Versteifungen der Mundränder, Trichiten- und Reusenapparate. Wir werden sehen, daß der Parallelismus zwischen der Art der Nahrungs-aufnahme und den im folgenden aufgestellten Typen zwar nicht ausnahmefrei ist, jedoch immerhin in die Augen springt.

**M u n d l o s i g k e i t.** Bevor wir nun zu der Betrachtung der Mundbildungen übergehen, soll nicht unerwähnt bleiben, daß gewisse Ciliaten, die Opalinen, überhaupt keine Mundöffnung besitzen, da sie sich auf endosmotischem Wege ernähren. Bei ihnen übernimmt die äußerlich nicht differenzierte Körperoberfläche die Aufgabe der Nahrungs-aufnahme. Es hat sich nun herausgestellt, daß die Aufnahme von Farbstoffen und Salzen bei *Opalina ranarum* nur durch eine begrenzte Zone der Oberfläche bewirkt wird. (ENRIQUES, 1902; TRAUBE-MENGARINI und SCALA, 1909, PROWAZEK, 1910.) Fernerhin geht das Eindringen gelöster Stoffe nach diesen Autoren nicht einfach in der Weise vor sich, daß sie infolge bloßer Durchlässigkeit

(Permeabilität) des Ectoplasmas und potentieller Differenzen zwischen Zelle und Außenwelt in das Innere hineinströmen, sondern es findet hierbei eine vorübergehende Absorption statt, bei welcher lipoide Stoffe eine Rolle spielen sollen. Deshalb werden wir uns vorstellen müssen, daß hier, obwohl keine strukturelle, mikroskopisch erkennbare Differenzierung vorhanden ist, doch eine solche chemischer Art vorliegt. Nun ist die Mundlosigkeit der Opalinen sicher ein sekundärer Zustand, und wir hätten vielleicht in der noch erhaltenen Aufnahmefähigkeit einer bestimmten Körperzone den letzten Hinweis auf die ehemals dort vorhandene Mundöffnung vor uns. Bedenklich ist freilich, daß diese Zone am hinteren Körperende gelegen ist.

**Nomenklatur der Mundbildungen.** Wenn wir uns nunmehr der Betrachtung der eigentlichen Mundbildungen zuwenden, so sei zunächst festgestellt, daß als Mund am einfachsten und kürzesten die Stelle bezeichnet wird, wo die Nahrung das Ectoplasma passiert (Passieren = Überschreiten). Wie wir sehen werden, gelangt man bei dieser Auffassung mühelos zu der Aufstellung einer Reihe gut definierbarer Typen, die sich ohne Zwang in aufsteigender Linie anordnen lassen, wenn man als gestaltendes und formgebendes Prinzip die oben erwähnte Zielstrebigkeit berücksichtigt (Trichterbildungen bei Strudlern; Versteifungen bei Schlingern).

Der denkbar einfachste Fall ist in Fig. E<sub>aa</sub> schematisch wiedergegeben; es ist eine Stelle im Ectoplasma, die sich für gewöhnlich von der Umgebung in nichts unterscheidet, an der aber während der Nahrungsaufnahme ein präformierter Spalt sich öffnet, um sich nachher sofort wieder zu schließen. Wir wollen eine solche Bildung Spaltmund nennen. Dieser kann auch dauernd offen stehen. Dann drängt entweder das Entoplasma vor, oder aber, es setzt sich der ectoplasmatische Spalt auch auf das darunterliegende Entoplasma fort (Schlund). Alle drei Fälle sind in der Natur realisiert. Der Spaltmund kann, wenn zuführende Organellen nicht vorhanden sind, nur an exponierten Stellen stehen, mit denen das Tier gegen die Nahrungsteilchenandrängt. Bei den rüsselartig ausgezogenen Gattungen *Amphileptus* und *Loxodes* z. B. liegt er an der stark exponierten Rüsselkante.

Wenn wir uns weiter vorstellen, daß der ursprünglich oberflächliche Spaltmund der Fig. E<sub>1aa</sub> beginnt, sich in die Tiefe zu senken und eine zunächst ganz unbedeutende Vertiefung zu erzeugen (*Uronema*, *Ophryoglena*, *Pleuronema*, *Glaucoma*), die bei den Hypotrichen zu mittlerer, bei *Lembadion* und den Vorticelliden zu extremen Ausmessungen heranwächst; wenn wir ferner berücksichtigen, daß diese

Einsenkungen begonnen und bis zu den Grenzfällen geführt werden einzig und allein von dem Ectoplasma, das alle seine Charakteristika auch in den versenkten Zonen beibehält (Fig. E<sub>1</sub> b, c, d), so werden wir zugeben müssen, daß es nicht angeht, diese nur graduell unterschiedenen Bildungen bald als Schlund, Ösophagus, Cytopharynx, bald als Peristomrinne, Mundgrube, bald als Vestibulum zu bezeichnen. Ganz besonders unangebracht ist das Wort Schlund (Cytopharynx); es wird — wie hier vorausgenommen sei — für eine grundsätzlich verschiedene Bildung später mit viel besserem Rechte gebraucht, da dann der Schlund immer nach innen zu vom Munde gelegen ist und andererseits die Anwendung des Begriffes nicht zu Inkonsistenzen führt. (Wie das bisher zweifellos der Fall war:

Schlund bewimpert, ectopl., vor dem Munde, BÜLSCHLI, 1352  
 " " " hinter " " BÜTSCHLI, 1710  
 " unbewimpert, entopl., " " " BÜTSCHLI, 1356.)

Es ist also zu beachten; Bildungen, die vor dem Munde gelegen sind (den Weg der Nahrung als Bezugsgröße aufgefaßt), werden nie als Schlund bezeichnet. Größere Einsenkungen, die weite Körperbezirke auch außer dem Mundspalte ergreifen, werden wie bisher als Peristomhöhle, -tasche oder -furche bezeichnet, je nach ihrer Gestalt; kleinere, die am Grunde nur eben Raum für den Mund lassen, oft sich innen an die Peristomfurche anschließen, ebensogut aber auch selbständig auftreten können, als Mundgrube = Präoralhöhle (ENTZ) = Vestibulum. Peristomfurchen besitzen in der Regel sehr flache Trichterwände, erscheinen infolgedessen von allen Seiten her frei zugänglich. Mundgruben sind häufig steilwandig begrenzt und erlauben einen Zugang nur noch in der Richtung ihrer Längsachse.

Diese Erörterungen schienen nötig, um für die folgenden Ausführungen freie Bahn zu schaffen, und um ein näheres Eingehen auf diese allgemeinen Fragen bei jedem der einzelnen Fälle zu ersparen, die nunmehr besprochen werden sollen.

### A. Der oberflächliche Spaltmund.

Als Repräsentant der Gruppe sei *Loxophyllum meleagre* O. F. M. an die Spitze gestellt (Fig. Od). Den soeben angeführten, allgemeinen Erörterungen vollkommen entsprechend, sehen wir einen kaum merklich eingezogenen Mund (*mu*), der spaltförmig an der Rüsselkante von vorn nach hinten zieht. Weitere Differenzierungen, vielleicht von einer geringfügigen Verdichtung des unterhalb des Spaltmordes liegenden Entoplasmas abgesehen, sind nicht zu bemerken. Der

Mund ist also ein präformierter Spalt im Ectoplasma, der sich bei der Nahrungsaufnahme öffnet, sonst aber kaum zu sehen ist.

Ein weiteres Beispiel eines oberflächlichen Spaltmundes, der jedoch bereits um ein geringes versenkt ist, ist *Loxodes rostrum* O. F. M. (Fig. B<sub>1</sub> a, b). Auf Querschnitten sehen wir die ventrale Seite des Tieres zu einer ganz seichten und bei den einzelnen Individuen sehr ungleich gestalteten Peristomrinne eingesenkt. An der Mundstelle (*mu*) sehen wir das Ectoplasma unvermittelt abrechen; hier tritt das Entoplasma frei zutage, und zwar, wie das ganz allgemein auf der Berührungsfläche von Plasma und Wasser der Fall zu sein pflegt, in Gestalt einer feinen, dichteren Grenzlamelle. Von den freien Rändern des Ectoplasmas aus ziehen unregelmäßig verlaufende, aber bei allen Tieren auftretende, dichtere entoplasmatische Lamellen in die Tiefe (Fig. B<sub>1</sub> a), die erste Andeutung eines Schlundes. Es handelt sich bei diesen Lamellen anscheinend noch nicht um besondere Differenzierungen des Entoplasmas; weder sie, noch der von ihnen eingeschlossene Raum unterscheiden sich von den übrigen, im Körper verteilt; nur ihre Anordnung erscheint als besonders zweckmäßig. Dies führt uns zur Wirkungsweise der ganzen Anlage.

*Loxodes rostrum* ist ausgesprochen monophag; seine Nahrung besteht aus niederen, einzelligen Algen, die er am Grunde pflanzenreicher Teiche zu finden pflegt. Zuführende Organellen sind nicht vorhanden. Das Tier drängt vielmehr mit seinem ganzen Körper gegen die irgendwie festliegende Nahrung an, wobei diese in die Gegend des Mundes zu liegen kommt. Nunmehr bedarf es nur noch eines geringen Nachdrängens, um die Grenzlamelle nach innen hin einzubuchen und schließlich durchzureißen. Der entstandene Riß schließt sich durch seitlich nachströmendes Plasma wieder, und somit ist der Nahrungskörper vorläufig in das Zellinnere verlagert. Es ist nun nur noch nötig, daß die Plasmaströmung die Nahrungsvakuole ergreift, um den Prozeß zu Ende zu führen.

Dieser Darstellung vollkommen entsprechend, sieht man die Tiere stets in langsamer, gleitender Bewegung und in Detritushaufen wühlend, nie frei schwimmend, sondern immer am Grunde. Ausbildung und Lage des Mundes erweisen sich also der Lebensweise und dem engeren Milieu angepaßt.

## B. Der versenkte Mund.

### 1. Der einfach versenkte Spaltmund.

Auf exponierten Stellen des Körpers hat der Spaltmund eine vorteilhafte Lage nur dann, wenn das Tier sich aktiv der Nahrung

entgegen bewegt. Ganz anders bei typischen Strudlern. Bei ihnen wäre eine hervorragende Kante die ungeeignetste Stelle, und nur ein versenkter Spaltmund könnte seine Aufgabe erfüllen. In der Tat wird dieser Auffassung in der Natur nirgends widersprochen; überall, wo wir bei Strudlern einen Spaltmund treffen, liegt er versenkt in einer Trichterhöhle als Zielpunkt des Wasserstromes (Fig. E<sub>1</sub> c).

*Pleuronema chrysalis* EHRBG., *Ophryoglena flavicans* LIEB., *Glaucoma scintillans* EHRBG. Als Beispiele für den Fall, daß der ursprüngliche Spaltmund des Typus aa sich in die Tiefe zu senken beginnt, können die erwähnten Formen gelten, von denen *Pleuronema* in Fig. B b abgebildet ist, während die beiden anderen bei MAIER (l. c.) zu finden sind. Auf dem Querschnitt durch die Mundgegend erblickt man eine kurze, gegen die Körperoberfläche aber gut abgegrenzte, grubenförmige Einsenkung, die Mundgrube. Ihren ectoplasmatischen Ursprung dokumentiert sie durch den Besatz von Cilien und Trichocysten bei *Ophryoglena* und durch die große, sackförmige Membran von *Pleuronema*. Der Mund ist ein einfacher Spaltmund, der an der tiefsten Stelle der Mundgrube als kaum sichtbarer Längsspalt gelegen ist. Ein Schlund fehlt für gewöhnlich vollkommen und ist nur während der Nahrungsaufnahme als Spalt im Entoplasma zu bemerken.

Wenn man diese topographisch und cytologisch überaus klaren Verhältnisse überblickt, so findet man es schwer verständlich, weshalb man die äußere Öffnung der Mundgrube als Mund, diese aber als Schlund bezeichnen sollte, während die eigentliche Mundstelle in diesem Falle leer ausgeht (MAIER, BÜTSCHLI u. a.). Während nun der Eingang in die Mundgrube bei *Ophryoglena* noch sehr eng ist und auch die Mundgrube selbst nur etwa  $\frac{1}{10}$  der gesamten Körperlänge ausmacht, beträgt ihre Ausdehnung bei *Pleuronema* bereits  $\frac{1}{4}$  der Körperlänge, und die Bezeichnung „Mund“ für ihre äußere Öffnung, die ihr in der Literatur ohne Bedenken gegeben wurde, erscheint noch weit deplazierter als schon bei *Ophryoglena*. Ganz entsprechendes gilt von *Glaucoma scintillans*.

Schließen wir nun als weitere Steigerung *Lembadion bullinum* O. F. M. hier an, so wird diese Nomenklatur völlig ad absurdum geführt.

Ein Hauptcharakteristikum der Gattung bildet die mächtige, stark nach rechts verlagerte Peristomhöhle (Fig. D a), ein zweites die riesige, am linken Rande des Peristoms angeheftete, und dieses von vorn bis hinten überdeckende undulierende Membran, der eine kleinere am rechten Peristomrande gegenübersteht. Eine dritte, in

der Peristomhöhle selbst liegende, konnte ich nirgends finden. Diese zwei mächtigen Gebilde sind nun imstande, einen kräftigen Wasserstrom nach der im innersten Winkel liegenden Mundöffnung (*mu*) zu treiben. Diese stellt einen langen Spalt im Ectoplasma dar, der meist kaum zu sehen ist. Fig. D a zeigt ihn etwas klaffend. Hier sieht man, wie das Ectoplasma plötzlich unterbrochen ist. Unter der entstandenen Lücke hat sich das Entoplasma ein wenig zurückgezogen und eine spaltförmige Einsenkung gebildet, einen Schlund; dieser ist also eine Bildung des Entoplasmas. Er ist bei *Lembadion* nur vorhanden, wenn der Mund geöffnet ist. Er ist zugleich der Typus des primitiven Schlundes der Strudler (Gegensatz: Reusenapparate). Im gesamten Bereiche des Peristoms fehlen die Cilien.

Waren die äußereren Öffnungen der Mundgruben von *Ophryoglena*, *Glaucoma* und *Pleuronema* in der Literatur als Mund bezeichnet worden, so muß ein Gleiches bei *Lembadion bullinum* unmöglich erscheinen. Denn hier ist einmal ein unschwer zu erkennender, weit von vorn nach hinten reichender Mundspalt vorhanden; andererseits aber entfernt sich die Öffnung der Peristomrinne so weit von dem, was man gemeinhin als Mund bezeichnen kann, daß es hier noch niemanden eingefallen ist, sie als Mund aufzufassen; und doch besteht nicht der geringste prinzipielle Unterschied zwischen der Peristomfurche von *Lembadion* und den Mundgruben von *Ophryoglena*, *Glaucoma* und *Pleuronema*.

**Zusammenfassung:** Der Mund der Ciliaten tritt im primitivsten Falle als einfacher oberflächlicher Spalt auf (Fig. E<sub>1</sub> Aa), der oberflächliche Spaltmund. Es machte sich dann das Bestreben geltend, diesen Spaltmund in die Tiefe zu senken (Fig. E<sub>1</sub> C): der einfach versenkte Spaltmund. Dieses Prinzip wird ohne weiteres verständlich bei Strudlern, die den langen Spaltmund zu mehr oder weniger kleinen Mundöffnungen verkürzt haben. Wie soll einem solchen kleinen Munde ein genügend sicherer Wasserstrom zugeführt werden, ohne daß in ganz bestimmter Weise gewölbte Trichterwände diesen Strom konzentrieren und ihm Richtung geben?

## 2. Der doppelt versenkte Spaltmund.

Nun hat aber dieser Prozeß des Versenkens mit den beispielsweise bei *Lembadion* geschilderten Verhältnissen durchaus noch nicht sein Ende gefunden. Denken wir uns diese Tendenz fortwirkend, so können wir uns leicht vorstellen, wie aus dem Typus C durch weitere Versenkung des Mundes der Typus D entsteht, wie er in der Natur tatsächlich außerordentlich häufig zu finden ist. Das

mechanische Prinzip, das dieser Weiterbildung zugrunde liegt, ist ähnlich wie bisher das der verstärkten Trichterwirkung.

*Urostyla grandis* EHRBG. Eine Übergangsform zwischen den vorangegangenen und den nachfolgenden Mundtypen stellt *Urostyla grandis* dar. In der Gegend des Mundes sehen wir (Fig. F<sub>1</sub> b) einen weit offenen Trichter in die Tiefe reichen, an dessen Basis die Mundöffnung als unbedeutender Spalt liegt (*mu*). Der Mund ist also die Stelle, wo die *Pellicula* während der Nahrungsaufnahme aus-einanderweicht. Die linke Peristomseite trägt eine Reihe viereckiger Membranellen, die dachförmige Leiste (*da*) dagegen drei undulierende Membranen, die hier quergetroffen sind, die präorale, die parorale und die endorale Membran. Bei vielen Formen verwächst nun die bei *Urostyla* dachförmig über das Peristom hinwegragende Plasmaleiste im innersten Winkel mit den gegenüberliegenden Partien, so daß eine deutlich abgegrenzte Mundgrube entsteht.

Betrachten wir als Beispiel hierfür *Kerona pediculus*!

Wenn wir von der linken Seite her gegen den Mund hin vor-dringen, so sehen wir auf Längsschnitten (Fig. G<sub>1</sub> a—d) zunächst die sehr langen Membranellen (Fig. G<sub>1</sub> a); sie sind häufig aufgefranst und lassen am Grunde eine dicke Basallamelle erkennen. Weiter nach innen zu werden die Membranellen kürzer (Fig. G<sub>1</sub> b); weiter-hin werden sie in eine Grube versenkt, die bei c nahezu geschlossen ist und in d nach Verwachsung der vorstehenden Plasmaleiste mit der Körperwand nach außen hin abgeschlossen ist. Hier liegt, am Grunde der Mundgrube, der Mund als sich nur zur Nahrungsauf-nahme öffnender Spalt. Die Membranellen reichen bis in die Mund-grube. Die Tiefe derselben beträgt etwa 2  $\mu$ . Ein Querschnitt durch *Kerona pediculus* (Fig. F<sub>1</sub> a), insbesondere die Stellung der bisher noch nicht nachgewiesenen undulierenden Membranen, ist dem bei *Urostyla* besprochenen Bilde so ähnlich, daß hier der Hinweis auf die dort gegebene Erklärung genügen wird.

Auch *Stylochonia mytilus* O. F. M. (Fig. H<sub>1</sub>) besitzt eine ge-schlossene Mundgrube, in welche die Membranellen hinabreichen (Fig. H<sub>1</sub> c u. d). Die endorale Membran wird hier tief in die Ver-senkung mit hineingenommen (c), erreicht die Mundstelle jedoch nicht.

Schließlich sei auch *Euplates patella* EHRBG. als letzter Vertreter dieses Typus unter den Hypotrichen noch erwähnt (Fig. Y). Er zeigt, daß auch die am weitesten differenzierten Formen dieser Ordnung die Mundgrube ihrer Verwandten unverändert beibehalten haben. Auf einem Querschnitt, der das Vorderende des Tieres be-trifft (Fig. Y a), sehen wir die Membranellen der adoralen Zone auf

der Platte zwischen L und V. Daneben ist die Peristomrinne zwischen IV und V bereits ausgehöhlt. In b sehen wir die Zone in diese Rinne hinabsteigen und in c in eine seichte ( $2 \mu$ ) Mundgrube eingeschlossen, an deren Grunde der Mund liegt, ein einfacher Spaltmund.

*Paramaecium caudatum* EHRBG. Verfolgen wir die Bauverhältnisse der Mundgegend vom Vorderende her auf Querschnitten, so sehen wir in Fig. J<sub>1</sub> a zunächst die primäre Versenkung, das Peristomfeld. Es ist voll bewimpert und reich mit Trichocysten ausgestattet, also typisches Ectoplasma. Weiter nach hinten zu senkt sich dieses Feld sackförmig ein (Fig. b). Bewimperung und Trichocystenbesatz ist noch vollständig. Noch weiter nach hinten zu (c) erkennen wir die Tendenz, den so geschaffenen, noch offenen Trichterraum zu verschließen; die Bewimperung verschwindet und macht einer undulierenden Membran Platz. Trichocysten sind noch in reichlicher Menge vorhanden, in charakteristischer Weise gegen die äußere Öffnung gerichtet. Auch hier haben wir noch typisches Ectoplasma vor uns. Schließlich verwachsen die äußeren Peristomränder und schließen einen schlauchförmigen Hohlraum seitlich gegen die Außenwelt ab (d), die sekundäre Versenkungszone, die Mundgrube. Auch hier bestehen die Wände noch aus Ectoplasma, wie die Membran beweist, und vor allem die im Längsschnitt der Fig. f so charakteristische Trichocystenbewaffnung. Bis hierher ist uns noch keine Stelle begegnet, wo Nahrungskörper in das Innere hätten aufgenommen werden können. Eine solche, die Mundstelle, folgt aber nach innen hin (Fig. e), wo das Ectoplasma unvermittelt abbricht, und wo das Entoplasma mit der Außenwelt in Beziehung tritt. An dieser Stelle sehen wir auch die sich bildende Nahrungsvakuole, in Fig. g die Mundstelle kurz nach dem Ablösen derselben. Ein schlundartiger Blindsack ist zurückgeblieben.

Was hier für *Paramaecium* gesagt wurde, das gilt fast Wort für Wort auch von *Urocentrum turbo* O. F. M. In Fig. K<sub>1</sub> a sehen wir ein versenktes Peristomfeld mit einer undulierenden Membran, in Fig. K<sub>1</sub> b erkennen wir den äußeren Trichter des Peristomfeldes und die als tiefe Einbuchtung sich anschließende sekundäre Versenkungszone, die in c zu einer echten Mundgrube geschlossen ist.

*Metopus sigmoides* CLAP. u. LACHM. zeigt im Querschnitt bei Fig. L<sub>1</sub> a das sich einsenkende Peristomfeld. Es trägt eine Reihe stärkerer Cilien; im innersten Winkel dagegen ist eine undulierende Membran befestigt (*ume*). Am Rande des Peristoms sehen wir die aus drei Wimperreihen bestehende Zone langerer Cilien, die sog.

Wimperzone (*wi*). Weiter nach hinten zu fortschreitend, sehen wir, wie der Peristomrand stationär bleibt, während das Peristomfeld in seiner Gesamtheit sich nach innen zu bewegt. In Fig. b ist eine tiefe Tasche entstanden, die in d zu der Mundgrube geschlossen ist, in der noch die undulierende Membran zu erkennen ist. Die Mundgrube ist flach und kaum tiefer als  $2\text{ }\mu$ .

*Plagiopyla nasuta* STEIN wurde bisher zu den holotrichen Infusorien gezählt. Ein Blick auf die in den Figuren M<sub>1</sub>a—e wiedergegebenen Querschnitte zeigt, daß dies auf ungenügender Kenntnis des Tieres beruhte. *Plagiopyla* besitzt eine Membranellenzone, ist also heterotrich. Die Zone, bisher als „quergestreiftes Band“ beschrieben, beginnt ziemlich weit am Hinterende (Fig. M<sub>1</sub>a) und trägt hier kurze, aber kräftige Membranellen mit deutlicher Basallamelle. Weiter nach dem Vorderende zu (Fig. b) erscheint die Membranellenzone samt Membranellen plötzlich eingeknickt; die geknickte Stelle versinkt, ohne daß die Membranellen gespalten würden, in eine tiefe Tasche (Fig. c). In Fig. d sehen wir eine sich unvermittelt und mit engem Zugang anschließende, geräumige Mundgrube, an deren innerstem Grunde den Spaltmund mit kurzem Schlunde (*mu, schl*). Die Membranellen wenden sich nach oben und erscheinen aus diesem Grunde in d geteilt. Sie reichen bis zu einem charakteristischen Vorsprung, wie dies aus Fig. d u. e zu ersehen ist. In e schließlich ist die Mundgrube verschlossen. Sie trägt als ectoplasmatisches Merkmal noch wohl ausgebildete Membranellen mit Basallamellen und Basalkörnern. Am innersten Rande, der Körperwand genähert, liegt der Spaltmund mit dem entoplasmatischen Schlunde.

Typische Membranellenzonen begegnen uns auch in den nun folgenden Fällen. In Fig. N<sub>1</sub> sind drei Querschnitte durch verschiedene Bezirke der langen adoralen Zone von *Blepharisma lateritium* EHRBG. wiedergegeben. In a, dem zugespitzten Vorderende entnommen, erblickt man ein ventrales Feld, von viereckigen Membranellen und einer längs gerichteten, also quer getroffenen undulierenden Membran abgegrenzt, das in dieser Ausbildung weit nach hinten reicht, wie dies Schnitt b veranschaulicht, der aus der mittleren Körperpartie stammt. Nach hinten zu verschmälert sich die zwischen undulierender Membran und den Membranellen gelegene Zone ein wenig. Die undulierende Membran aber überdeckt im gesamten Bereiche des bis hierher geschilderten Peristomfeldes das soeben erwähnte Feld. In b sieht man nun auch den Beginn einer Versenkung, welche die Membranellen nach wenigen Schnitten in eine nach außen hin abgeschlossene, kurze (2—3  $\mu$ ) Mundgrube

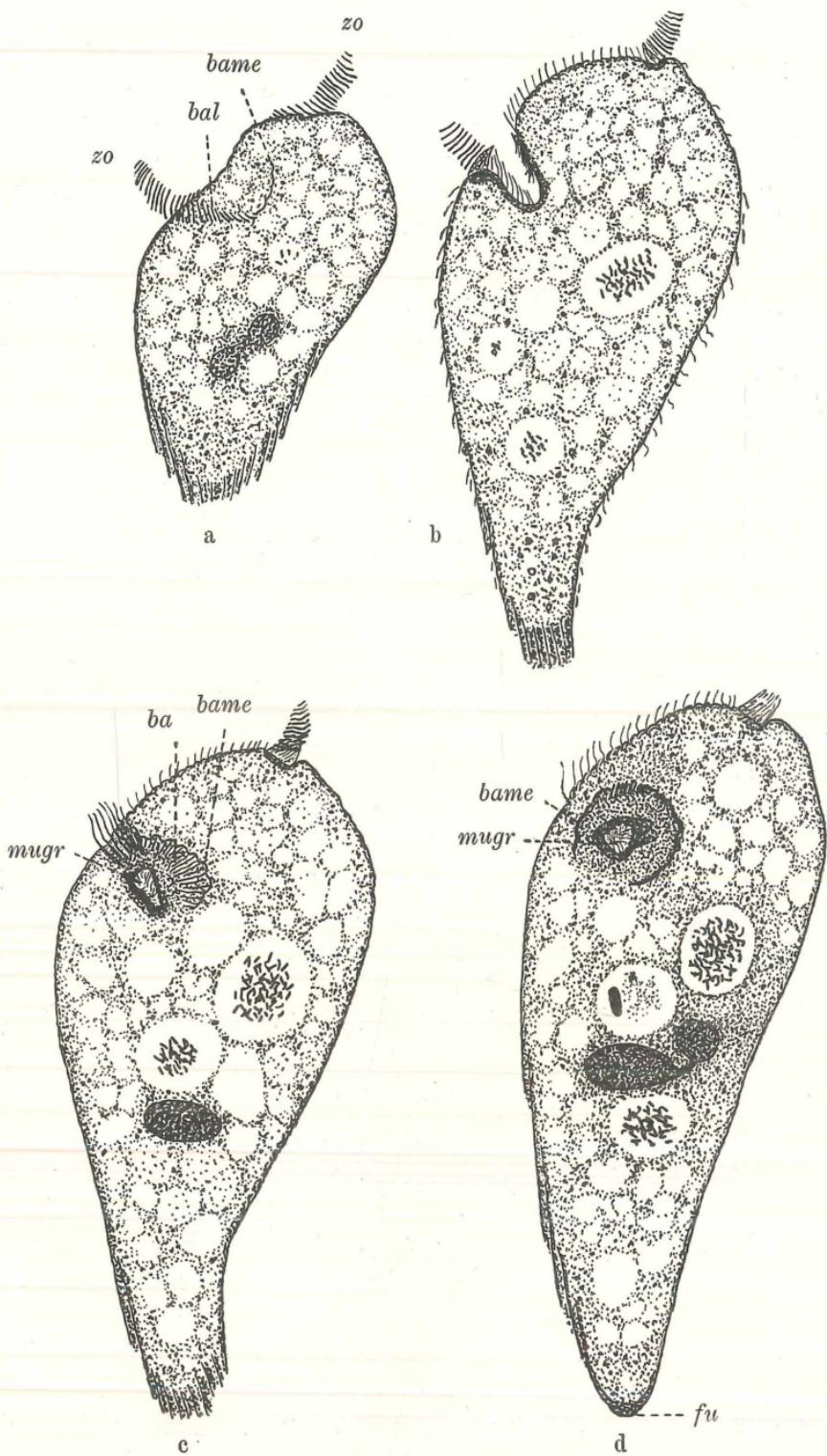


Fig. P<sub>1</sub>. *Stentor coeruleus* EHRBG.  
Längsschnitte, nach innen zu fortschreitend; Bildung der Mundgrube; 2  $\mu$ ;  
Pi Ess, Heid FuS; C, K 6; Vergr. = 150.

verlagert (c). Die undulierende Membran erreicht die Mundgrube nicht.

*Spirostomum ambiguum* EHRBG. zeigt auf den Figuren O<sub>1</sub> a—c ganz ähnliche Verhältnisse. Eine undulierende Membran fehlt jedoch. Fig. a, dem vordersten Körperende entstammend, zeigt 20 Rippenstreifen, deren zwei, welche die adorale Zone begrenzen, besonders stark zu Längswülsten ausgebildet sind. In b rücken die Membranellen in eine tiefe, taschenförmige Mulde, die in c sich zu einer Mundgrube geschlossen hat. Diese reicht noch 6—8  $\mu$  samt Membranellen in die Tiefe, um schließlich mit der lichten Weite der Fig. c an der Mundstelle zu enden, wo das Entoplasma zutage tritt; ein Schlund ist nicht vorhanden. Wie aus b und c hervorgeht, beteiligt sich die Membranellenzone an der für das Ectoplasma charakteristischen spiraligen Drehung auch innerhalb der Mundgrube, die sich also auch aus diesem Grunde als typisch ektoplasmatisch zu erkennen gibt.

Ein Gleiches gilt, nur in verstärktem Maße, für die entsprechenden Bildungen bei *Stentor coeruleus* EHRBG. und *Stentor polymorphus* EHRBG. (Fig. P<sub>1</sub>, Q<sub>1</sub>, R<sub>1</sub>).

Die allgemeine Lage der Mundbildungen von *Stentor* erkennen wir am besten an den Längsschnitten der Fig. P<sub>1</sub>. Wir sehen hier das dem Körper schräg aufgesetzte Stirnfeld, nach der Mitte hin oft etwas erhoben (Fig. P<sub>1</sub> b) und von der Membranellenzone (zo) begrenzt. In a senkt sich der hintere Teil derselben ein, was an den deutlich sichtbaren Basallamellen (bal) und deren weithin sichtbarer Basalmembran (bam) zu erkennen ist. Wenige Schnitte weiter, Fig. b, ist diese Einsenkung im Schnitt getroffen; die Membranellen folgen ihr auf dem unteren (hinteren) Rande. In c ist sie zu einer Mundgrube geschlossen, die noch weit ins Innere reicht (Fig. d, mugr).

Im Querschnitt (Fig. Q<sub>1</sub> a—g) sehen wir, von vorn nach hinten fortschreitend, in a zunächst die adorale Zone mit ihrem stärker eingerollten rechten Flügel eine seichte, von links her kommende Furche umgrenzen. Zu dieser gesellt sich in b eine zweite, in welche die adorale Zone hinabsteigt; sie führt zum Munde. In c ist das Peristomfeld, das in a noch von der Seite her zugänglich war, in dieser Richtung durch eine dicke Körperschicht abgeschlossen und zu einer Mundgrube geworden. Diese besitzt noch die zwei Furchen, deren rechte jedoch zu verkümmern beginnt. Sehr schön kann man hier an den Einzelheiten des Basalapparates der adoralen Membranellen das Eindringen der Zone in die Mundgrube verfolgen. Diese ist in ihrer Gesamtheit spiralig aufgewunden, wie aus d und

e hervorgeht. Hier sehen wir auch, wie die rechte Furche verschwindet und (in e) in der linken aufgeht. Wie aus dieser Figur ferner hervorgeht, reichen sogar die feineren Strukturen des Ectoplasmas (Rippenstreifung) bis in diese Regionen. Das Ectoplasma

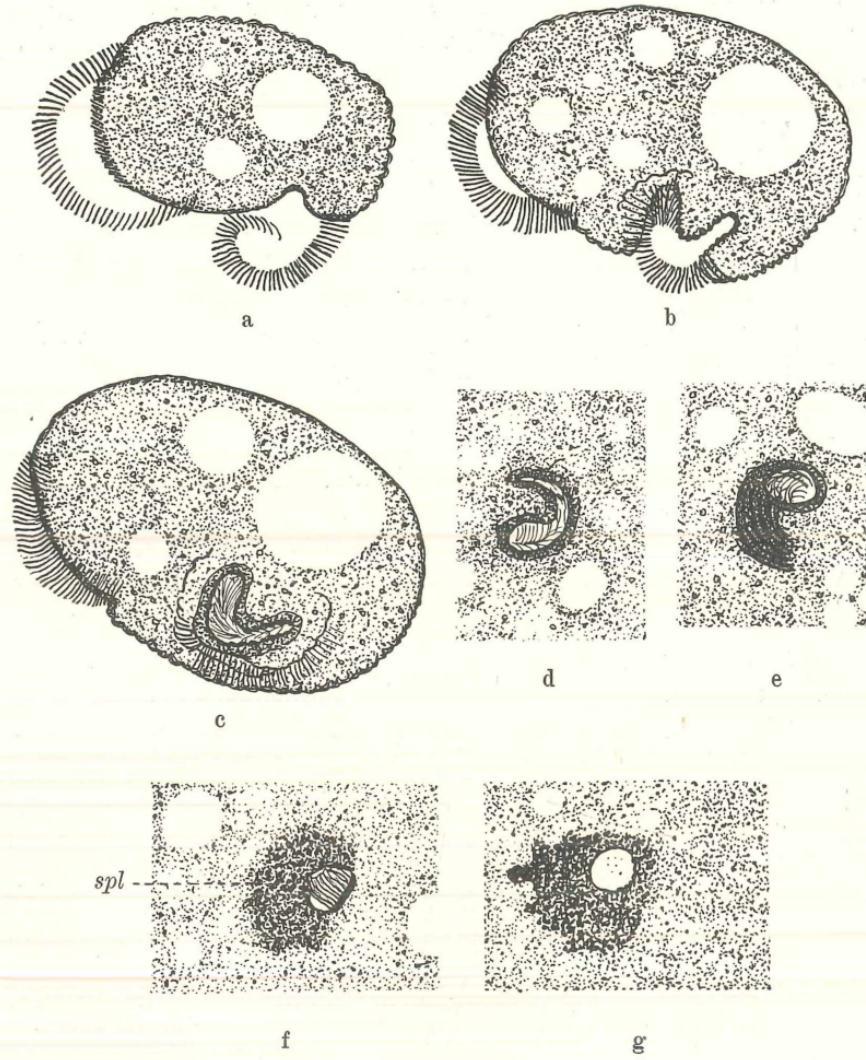


Fig. Q1. *Stentor coeruleus* EHREBG.

Querschnitte, vom Stirnfelde aus nach hinten zu fortschreitend; Bildung der Mundgrube;  $2 \mu$ ; PiFo Ess, HeidFuS; C, K 6; Vergr. 150.

endet in f und g. In f sehen wir die letzte Membranelle mit ihrer Basallamelle. Ihr gegenüber liegt bereits Entoplasma, stärker gefärbt, dichter und größer granuliert. Zwischen f und g liegt die Mundstelle. In g ist kein Ectoplasma mehr zu sehen; das dichtere

Entoplasma, von SCHUBERG Schlundstrang genannt, umschließt einen typischen Schlund.

*Stentor coeruleus* zeigt also alle überhaupt vorkommenden Einzelheiten der Mundbildungen: Peristomfeld (Stirn-), primär versenktes Peristomfeld (Fig. Q<sub>1</sub> b), sekundär versenktes (nur in einer Richtung offenes) Peristomfeld, die Mundgrube (d, e), bis hierher ectoplasmatisch, und schließlich die Mundstelle mit dem entoplasmatischen Schlund. Der Längsschnitt (Fig. R<sub>1</sub>), der die Mundgrube bei einem etwas

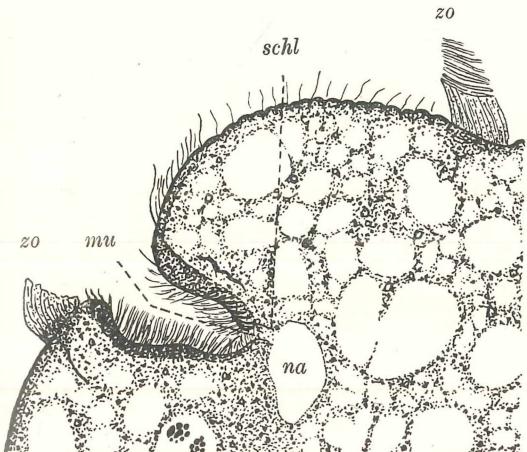
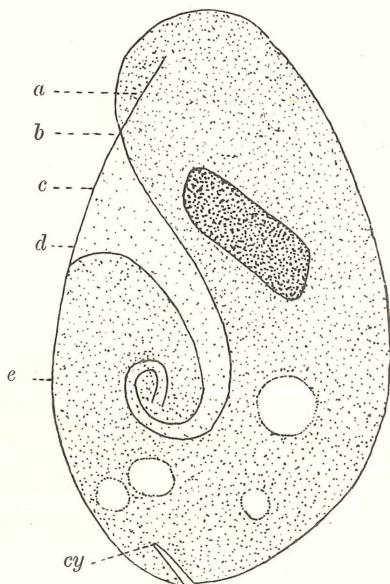
Fig. R<sub>1</sub>.Fig. S<sub>1</sub>.

Fig. R<sub>1</sub>. *Stentor polymorphus* EHREBG.  
Längsschnitt durch die Mundgrube; 2  $\mu$ ; PiEss, HeidFuS; DD, K 6; Vergr. = 475.

Fig. S<sub>1</sub>. *Nyctotherus macropharyngeus* BEZZ.

Totalpräparat; Tell; HämEos. a—e) Schnitttrichtung der Querschnitte in Fig. T<sub>1</sub>.

kontrahierten Tiere längs getroffen hat, zeigt uns die eben erwähnten Elemente in fast schematischer Deutlichkeit, außerdem noch eine sich anschließende Nahrungsvakuole (na). Man sieht hier bereits die Ablösungsstelle derselben angedeutet, die am Grund des Schlundes gelegen ist.

Auch die Ausbildung des doppelt versenkten Spaltmundes von *Nyctotherus macropharyngeus* BEZZ. (Fig. T<sub>1</sub>) läßt an Übersichtlichkeit nichts zu wünschen übrig. Die adorale Zone besteht aus Membranellen, die schon weit vorn einsetzen (a) und nach dem Vorderende

hin in eine Zone längerer Cilien sich auflösen. In a ist die Zone bereits schwach versenkt; in b und c nimmt die Vertiefung beträchtlich zu und erreicht schließlich die in Schnitt d wiedergegebenen Höchstmaße; sie beträgt hier nahezu die Hälfte des Körperfurchmessers. Nach hinten zu wird sie zu einer Mundgrube verschlossen, die den in Fig. S<sub>1</sub> abgebildeten, charakteristischen Verlauf nimmt: Sie ist spiralig und im Raume aufgewunden. In Schnitten durch die hintere Körperhälfte sehen wir infolgedessen ihr Lumen dreimal getroffen (Fig. T<sub>1</sub> e) immer mit Membranellen ausgerüstet. Diese sind dorsal befestigt, an dem rückläufigen Aste ventral (Fig. T<sub>1</sub> e unten).

Die der Membranellenzone gegenüberliegende Seite ist cilienfrei (Fig. T<sub>1</sub> d). Diese cilienfreie Zone läßt sich nach außen hin bis zu a verfolgen. Ihr entspricht, samt Membranellenzone auf der entgegengesetzten Seite, die primäre Versenkungszone (Fig. T<sub>1</sub> a, b). Aus c und d ist jedoch ersichtlich, daß dieser erstmaligen Versenkung eine weitere folgte, die auch Teile, die in a und b noch außerhalb des Peristomfeldes liegen, mit inbegriff; die zunächstliegenden Cilienreihen (Fig. c zi) rücken in das Innere vor. So erhält der vordere Teil der Peristomrinne von d — einem anderen Tiere entnommen, um die Konstanz der Einzelheiten zu zeigen — einen bewimperten Eingang, dessen gegenüberstehende, lange Cilien sich sicherlich einander mehr behindern, als gegenseitig unterstützen. Daß diese Cilien noch nicht rückgebildet sind, kann man vielleicht auf das geringere (phylogenetische) Alter dieser sekundären Versenkungszone zurückführen.

Die lange, durch die Membranellen mechanisch stark beanspruchte Mundgrube erhält die nötige Aussteifung durch das der Zone gegenüberliegende Ventraband (Fig. T<sub>1</sub> f, *veba*), das als leistenförmige Stütze den inneren Teil begleitet. Es kann wahrscheinlich mit dem Peristombande der nahe verwandten *Bursaria truncatella* O. F. M. homologisiert werden.

Ein weiteres, sehr ähnliches Beispiel liefert der von ENTZ jun. (1913) beschriebene *N. piscicola* DADAY, sowie der von MAIER (l. c.) behandelte *N. cordiformis* STEIN. Die in der Beschreibung bei ENTZ angewendete Benennung stimmt mit den oben aufgestellten Gesichtspunkten überein.

Interessant ist bei allen *Nyctotherus*-Arten das Vorhandensein eines bewimperten Cytoprokts, das als eine durch Invagination entstandene, ectoplasmatische Bildung aufgefaßt wird (Fig. S<sub>1</sub> *cy*) und

eine merkwürdige Parallel zu den in der Mundregion zu beobachtenden Bildungen darstellt.

Als Vertreter der Peritrichen, die den gleichen Mundtypus besitzen, mag *Trichodina pediculus* EHRBG. genannt sein (Fig. U<sub>1</sub>). Hier setzt

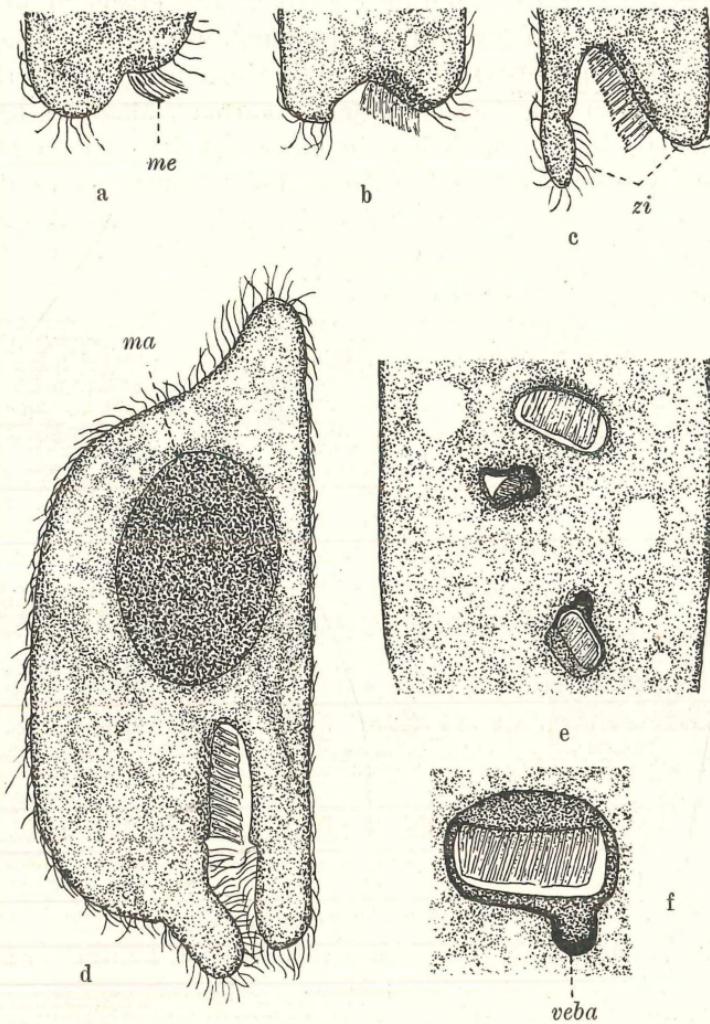


Fig. T<sub>1</sub>. *Nyctotherus macropharyngeus* BEZZ.

Querschnitte, 2  $\mu$ ; Bildung der Mundgrube; Tell, Säurekarmin P. MAYER — Li; a—e DD DD, K 6; Vergr. = 475. f) Querschnitt d. d. rückläufig. Ast der Mundgrube; 2 mm, K 6; Vergr. 1020.

sich das Peristomfeld in eine tief in das Zellinnere reichende, s-förmig gewundene Vertiefung fort, das sog. Vestibulum. Im Querschnitt erscheint dieses abgerundet viereckig. Wie Fig. U<sub>1</sub> a—f zeigen, welche sechs aufeinanderfolgende, 2  $\mu$  dicke Querschnitte durch das Vesti-

bulum darstellen, führt der größte Durchmesser bei dem Eindringen in das Körperinnere eine Drehung von beinahe  $180^{\circ}$  aus; und zwar ist in den mittleren Teilen des Vestibulums (c) die schmale Seite dem Peristomfelde zugekehrt. Fig. f zeigt den Schnitt durch die im Entstehen begriffene Nahrungsvakuole. Sie erscheint kreisrund und gegen das Plasma hin durch eine dünne Berührungslemelle abgegrenzt; ihr Inhalt besteht aus Bakterien. Erst wenn sich die Mundränder hinter der abgeschlossenen Nahrungsvakuole geschlossen haben, sind die Nahrungsteilchen in das Körperinnere gelangt; denn wie aus dem Gesagten hervorgeht, gehört der Raum des Vestibulums der Außenwelt an und ist erfüllt vom umgebenden Medium, dem Wasser.

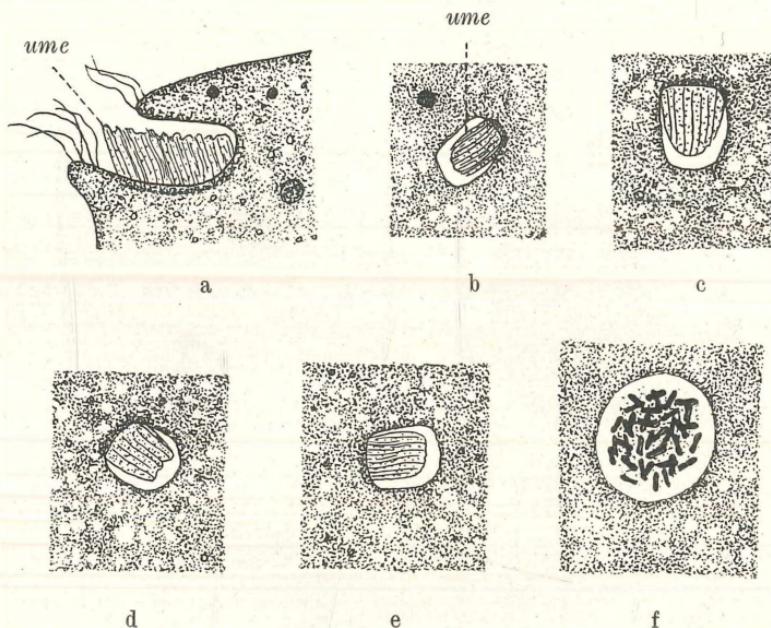


Fig. U<sub>1</sub>. *Trichodina pediculus* EHRBG.

Querschnitte d. d. Mundgrube, lückenlos aufeinanderfolgend;  $2 \mu$ ; Pi Ess, Heid Fu S; 2 mm, K 12; Vergr. = 2000.

Wie steht es nun mit der Ausstattung dieses Hohlraumes? *Trichodina pediculus* besitzt eine einfache adorale Zone, die aus einer einzigen Cilienreihe gebildet wird. Sie läuft am äußeren Rande des Peristomfeldes (Fig. a oben) hin, senkt sich nach Vollendung eines Umganges nach unten und biegt in den Eingang des Vestibulums ein (Fig. a unten), ohne jedoch wirklich in dieses einzutreten. Wie Fig. a zeigt, findet sie auf dem etwas vorspringenden Boden des Vestibulareinganges ein plötzliches Ende. Ihre Fortsetzung

bildet eine undulierende Membran, die spiraling in das Vestibulum hineinwächst, und die in den Schnitten a bis e in 5 einzelne Abschnitte zerlegt erscheint. Wandern wir auf derselben von innen nach außen, so führen wir eine rechtsläufige Drehung aus, was schon a priori aus der gleichsinnigen Drehung des außervestibularen Abschnittes gefolgt werden könnte.

Der spiralinge Verlauf der Vestibularmembran ist im Zusammenhang mit der gleichsinnigen Drehung der adoralen Zone der äußeren Peristomfläche noch von einem anderen Gesichtspunkte aus bemerkenswert: Auch bei *Blepharisma*, *Spirostomum*, *Stentor* u. a. setzt sich, wie die Fig. N<sub>1</sub>, O<sub>1</sub>, Q<sub>1</sub> auch andeuten, die hier links gewundene Zone in schraubigem Verlaufe in die Mundgrube hinein fort. Diese Erscheinung kann ohne Zwang nur so gedeutet werden, daß hier eine sekundäre Versenkung ursprünglich oberflächlich gelegener Bezirke des Ectoplasmas eingetreten ist, unter entsprechender Weiterentwicklung der bereits vorhandenen ectoplasmatischen Gebilde.

Der somit geschilderte Raum des Vestibulums entspricht völlig dem Begriff einer Mundgrube. Die Tatsache, daß im Vestibulum der Peritrichen auch die Entleerungsstelle der pulsierenden Vakuole und die Afterstelle liegt, braucht wohl kaum daran zu hindern, die Begriffe Mundgrube und Vestibulum gleichzusetzen.

Es zeigt sich somit, daß, vom oberflächlichen Spaltmund eines *Loxophyllum* beginnend, bis zu den komplizierten Typen der zuletzt genannten Formen, die Mundbildungen einer großen Zahl von im übrigen heterogensten Ciliaten sich in eine geschlossene Reihe bringen lassen. Dies wurde ermöglicht durch die Annahme eines einzigen treibenden Entwicklungsfaktors, der Tendenz, den Mund in die Tiefe zu rücken. Der fortschreitenden Versenkung des Mundes korrespondiert die Ausbildung akzessorischer Organellen, welche die Zufuhr von Nahrung nach der mehr und mehr versteckt liegenden Mundöffnung übernehmen.

Was nun den Vorgang des Versenkens als solchen anbetrifft, so wurden bisher nur die vollendeten Stadien auf verschiedener Organisationshöhe geschildert; dagegen wurde unterlassen, über die Art und Weise, in welcher das Versenken vor sich gegangen ist, etwas auszusagen. Ohne zu erkennen, daß wegen der bei Ciliaten vorliegenden Verhältnisse sichere Kenntnis in diesem Punkte schwerlich zu erlangen sein wird, kann man doch durch die Beobachtung besonders günstiger Objekte wenigstens eine Vorstellung gewinnen, wie der Prozeß abgelaufen sein könnte. Ein solches

Objekt aber ist *Bursaria truncatella* O. F. M. (Fig. Z, A<sub>1</sub>). Auf mit Eisenhämatoxylin-Fuchsin S gefärbten Schnitten erkennt man folgendes: Zunächst fällt die bei allen Protozoen vorhandene Zweiteilung des Protoplasmas hier als ganz besonders deutlich auf. Die deutliche Ausprägung der Schichten erleichtert das Studium der Mundverhältnisse außerordentlich. Am Totalpräparat erkennt man den Mund als lange, von vorn nach hinten ziehende Linie. Auf Schnitten (Fig. Z, A<sub>1</sub>) stellt sich der Mund als einfacher Spalt im Ectoplasma dar (*mu*). Deutlich sehen wir, wie *Pellicula* samt Alveolarschicht in diesen Spalt hinabsteigen (Fig. A<sub>1</sub> a), um dort plötzlich ein Ende zu finden. Insofern entspricht diese Mundbildung vollkommen dem Typus Aa, dem Spaltmund. Das Besondere ist nur, daß die freien Ectoplasmaränder in die Tiefe gezogen erscheinen, wodurch der Mundverschluß bereits durch weiter distalwärts gelegene Ectoplasma-Partien bewirkt wird, während die eingezogenen Teile lippenartig bis zum eigentlichen Mundspalte nebeneinander herlaufen. Diese Anordnung läßt sich auch dort noch gut erkennen, wo der Mund aus irgendwelchen Gründen (der Präparation) klappt (Fig. A<sub>1</sub> b). Die Bedeutung des eingezogenen Mundes für das Tier ist unschwer zu erkennen: Wenn ein Tier mit langem, einfachem Spaltmunde (Schema Aa) versucht, größere Beutestücke zu bewältigen, so besteht die Gefahr, daß die seitlich auseinanderweichenden, unverstärkten Mundränder infolge des durch den Eintritt umfangreicher Nahrungskörper erhöhten Innendruckes weichflüssiges Entoplasma entweichen lassen. Der Organismus begegnet dieser Gefahr dadurch, daß die Mundränder — z. B. bei *Amphileptus* — sich mit der eintretenden Nahrung nach innen hin einstülpfen, bis die größte Spannung überschritten ist, um dann wieder in die Ausgangsstellung zurückzukehren. Dies erscheint hier um so notwendiger, als *Bursaria truncatella* sich an recht ansehnliche Beute wagt. In Fig. A<sub>1</sub> a sehen wir bei *na* den vollkommen in einen Wald ausgestoßener Trichocysten gehüllten Körper einer verschlungenen *Frontonia leucas*.

Wir können also zwischen die oben aufgestellten Typen Aa und C mit oberflächlichem und versenktem Spaltmund nunmehr als Zwischenstufe den Mund mit eingezogenen Ectoplasmarändern einschalten, B. Als Vorstufe zu C läßt sich der eingezogene Mund auffassen, wenn man sich vorstellt, daß die einmal wirksame Tendenz, die Mundränder zu versenken, auch benachbarte Teile ergriff und mit in die Tiefe zog.

Nachdem wir das Verhalten des Ectoplasmas an der Mundstelle betrachtet haben, bliebe noch übrig, das des Entoplasmas zu unter-

suchen. Bei MAIER (l. c.) schließt sich nach innen hin ein eigenartig modifiziertes Entoplasma an, das „Stomatoplasma“, eine Bildung sui generis. Nach meinen Erfahrungen, die sich mit denen SCHUBERG's decken, unterscheidet sich das an die inneren Mundränder anschließende Entoplasma in nichts von dem übrigen (Fig. A<sub>1</sub> a, b). Der Mund ist ein typischer Spaltmund, seiner Besonderheit nach ein eingezogener Spaltmund.

An *Bursaria truncatella* können wir schließlich die Entstehung von Peristomrinne und Mundgrube verfolgen. Es handelt sich um folgenden, in zeitlicher Aufeinanderfolge dargestellten Vorgang: Der Körper beginnt sich ventral auszuhöhlen (Lembadionstadium); der rechte Peristomlappen wuchert und wächst als dicke Platte dachartig über die Aushöhlung hinweg (Fig. Za); er biegt mit seinem vorderen Teile nach der Höhlung zu ein (b). Seine innere Kante erreicht die Körperwand zuerst (c). Sie legt sich dicht an, ohne jedoch mit der Körperwand zu verschmelzen (c). So entsteht ein Innenraum und außen ein sekundärer Peristomtrichter. Nun wächst auch die äußere Kante gegen die Körperwand vor und verwächst mit ihr (d); es entsteht ein in seitlicher Richtung nach außen hin abgeschlossener Raum, durch das unverwachsene, aber dicht anliegende Septum in zwei Teile gegliedert (Fig. Ze, A<sub>1</sub> b). Nun ist sowohl die innere Kante des rechten Peristomlappens, die weiter innen zum Septum wird, mit längeren Wimpern versehen, wie auch die äußere (Fig. A<sub>1</sub> a, *zii*). Die längeren Cilien der inneren Kante, die am noch geöffneten Trichter von Bedeutung für die Nahrungsauftnahme sind, werden im Verlaufe der geschilderten Vorgänge der inneren Körperwand durch das Septum (s) so extrem genähert, daß sich eine wirksame Funktion kaum mehr vorstellen läßt. Der Sitz ist nur mehr genetisch zu verstehen.

Diese eigenartigen Verhältnisse fordern geradezu heraus, sich noch vorzustellen, wie der lange, in Fig. Z von a bis e reichende Mundspalt sich verkürzt und schließlich nur noch in e erhalten bleibt, und es ist das entstanden, was oben als Mundgrube bezeichnet wurde, an die sich nach außen hin eine Peristomfurche anschließt.

Es ist nun bemerkenswert, daß sich unter den Verwandten von *Bursaria* tatsächlich Formen finden, die das, was hier als Spekulation erscheint, verwirklichen. Es sind das die Angehörigen der Gattung *Nyctotherus*. Wenn wir nunmehr den Bauplan von *N. macrophar.* (Fig. T<sub>1</sub>) nochmals überblicken, so erkennen wir mancherlei Parallelen: Außen die Peristomfurche mit Membranellen; anschließend die Mundgrube; an deren ventraler Wand bei *Bursaria* das Septum mit dem

Peristombande (*pb*), bei *Nyctotherus* das Ventralband (*ve ba*); ganz innen schließlich der Mund, bei *Bursaria* noch von vorn bis hinten reichend.

Das eben erwähnte Peristomband verläuft als zweizinkige Gabel mit kurzem Stiel von hinten (Griff) nach vorn (Gabelenden). Die zwei Gabelenden liegen an den beiden Peristomrändern, dicht unter dem Alveolarplasma (Fig. A<sub>1</sub> a, *pb*). Die physiologische Wirkungsweise dieses Gebildes wird man sich mit SCHUBERG und MAIER als die einer elastischen Stütze {des Peristomrandes vorzustellen haben. Die festere Substanz, aus der das Peristomband besteht, bewirkt nach dem Passieren großer Beutestücke das Zurückkehren der Peristomränder in die Ausgangsstellung.

Für die ectoplasmatische Herkunft dieses Gebildes spricht außer der Tatsache, daß der linke Gabelast sich nach innen hin in die Basallamellen der Membranellen fortsetzt, folgendes: Das Peristomband ist umgeben von einer dichteren Membran, die in Fig. A<sub>1</sub> c in dem Corticalplasma verläuft, womit als bewiesen gelten kann, daß auch das eigentliche Peristomband ectoplasmatisch ist.

**Zusammenfassung.** Fassen wir unter Hervorhebung der allgemein wichtigen Gesichtspunkte die bei *Bursaria truncatella* gewonnenen Anschauungen über den wahrscheinlichen Entwicklungs-gang der Mundgruben kurz zusammen:

1. Dem oberflächlichen Spaltmunde Aa folgt der eingezogene Spaltmund B als Anpassung an das Verschlingen großer Beutestücke. (Vgl. Schema Fig. E<sub>1</sub>!)

2. Die hier schon wirksame Tendenz der Versenkung ergreift benachbarte Bezirke und verlagert sie in die Tiefe; es entstehen Peristomrinnen. Durch sekundäre Verwachsung der Peristomränder mit der Körperwand entstehen abgeschlossene Mundgruben, in welche sich der ursprünglich lange Spaltmund zurückzieht.

Damit sind wir am Ende der einen Entwicklungsreihe angelangt. Bei der Gestaltung des Mundes der Ciliaten hat die Natur noch einen zweiten Weg eingeschlagen, der von dem ersten grundsätzlich verschieden ist und nur den Ausgangspunkt mit jenem gemeinsam hat. Überblickt man die bisher geschilderten Fälle, so wird es nicht schwer, sie unter der Überschrift „Der versenkte Mund“ zusammenzufassen. Ebensonae liegt es nun, für die jetzt zu schildernden Mundbildungen die gemeinsame Bezeichnung „Der versteifte Mund“ aufzustellen.

### C. Der versteifte Mund.

Denken wir uns eine Form mit terminal gelegenem, einfachem Spaltmunde, ähnlich der schon erwähnten *Holophrya simplex* SCHEW. Wenn eine solche, anstatt wie die Formen der ersten Reihe die Nahrung dem Munde zuzustrudeln, dazu übergeht, dieselbe zu packen und zu würgen, so wird sie mit dem ganzen Körper gegen die Nahrung andrängen. Handelt es sich um große Beutestücke, so werden Versteifungen nötig. So entsteht der Mundwulst (Fig. E<sub>1</sub> b). Er ist bei fast allen Tieren dieser Entwicklungsreihe ausgebildet, bald mehr, bald weniger. Für sich allein, als ausreichende Versteifung, kommt er jedoch nur verhältnismäßig selten vor, beispielsweise bei *Holophrya*. Meist ist er kombiniert mit anderen Differenzierungen. Nun gilt ganz generell von den Tieren dieser Reihe, daß die Mundränder klaffen (Gegensatz zur ersten). Das Entoplasma kann infolgedessen den Mundspalt glatt abschließen (Fig. E<sub>1</sub> b, c, d), oder aber sich von den Rändern zurückziehen: Schlundbildung (Fig. X<sub>1</sub> d, e). Der Schlund ist also ein an den Mund sich anschließender, dauernd erhaltener oder nur bei der Nahrungsaufnahme sichtbarer Spalt im Entoplasma. Er kann sekundär von einem besonders homogenen Plasma, dem Schlundplasma, angefüllt sein, wenn die eigentlichen Schlundränder erhärten und von innen her leichtflüssiges Entoplasma nachströmt.

Mundwulst und Schlund werden nun gestützt, einmal durch Trichiten (Fig. E<sub>1</sub> c), andererseits durch das höchstkomplizierte Ge- bilde der ganzen Reihe, durch den Reusenapparat (Fig. E<sub>1</sub> d). Dieser kann seinerseits noch einmal gestützt erscheinen durch eine weitere entoplasmatische Differenzierung, das umschließende Mantelplasma (Fig. W<sub>1</sub> b).

#### 1. Mundwulst.

Als Beispiel für die primitiven Verhältnisse, wie sie in dem Schema b wiedergegeben sind, wurde bereits *Holophrya simplex* erwähnt. Die hier vorliegenden Verhältnisse sind von SCHEWIACKOFF (l. c.) bereits so erschöpfend dargestellt, daß ein näheres Eingehen hier überflüssig wird, zumal die Einzelheiten dem Schema b außerordentlich nahe kommen.

#### 2. Trichitenapparate.

Mit Trichiten ist der Mund von *Frontonia leucas* EHREB ausgestattet. Querschnitte zeigen folgende Einzelheiten:

An der Mundstelle (Fig. V<sub>1</sub> b) ist das gesamte Ectoplasma, besonders aber die Corticalschicht, stark verdickt und springt sowohl nach innen wie nach außen hin vor. So entsteht ein Mundwulst. Dieser wird durch Trichiten verstieft. Bei dem vorliegenden Tiere hat nun TÖNNIGES in einer neueren Arbeit (1914) nachzuweisen versucht, daß die Trichocysten, die im Entoplasma allenthalben angetroffen werden (Fig. V<sub>1</sub> b), aus Chromatinsubstanzen des Macronucleus herzuleiten sind. Sie wandern an die Peripherie, dringen in das Ectoplasma ein, speziell in dessen Corticalschicht, wo sie zunächst bis zu ihrer Weiterverwendung liegen bleiben. Diese besteht bekanntermaßen darin, daß sie bei Einwirkung starker Reize ausgeschnellt werden. In dem Mundwulst sieht man nun eine dichte Anhäufung von kräftigeren Trichocysten, die radiär gegen die Oberfläche gerichtet sind. Derartige Trichocysten der Mundgegend nennt BLOCHMANN (1895) Trichiten, ohne dieselben gegen die Trichocysten scharf abzugrenzen. Denn Trichiten können wie die letzteren bisweilen noch ausgestoßen werden und lähmen dann die Beute. So käme denn diesen Gebilden eine doppelte Funktion zu, einmal die, den Mundwulst zu verstieften, zweitens die von Angriffswaffen. Jene tritt immer mehr in den Vordergrund, während letztere sich schließlich verliert. Bei *Frontonia leucas* hat auch TÖNNIGES von einem Ausstoßen der Trichiten der Mundgegend nichts bemerkt.

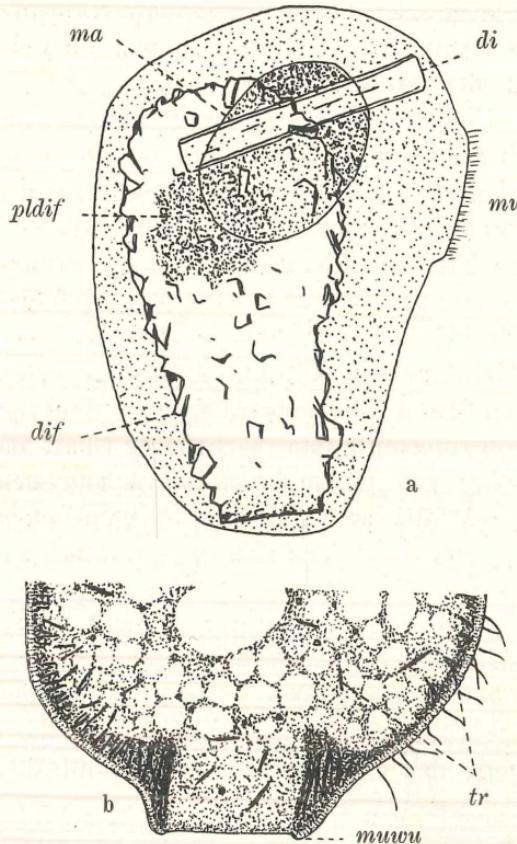


Fig. V<sub>1</sub>. *Frontonia leucas* EHREBG.

a) Totalpräparat; Tier mit verschlungener Diffugia und Diatomee; Pi Ess; Säurekarmin P. MAYER; C, K 6; Vergr. 150.

b) Querschnitt d. d. Mundgegend; 2  $\mu$ ; Pi Ess, Heid Fu S; DD, K 6; Vergr. = 475.

einmal die, den Mundwulst zu verstieften, zweitens die von Angriffswaffen. Jene tritt immer mehr in den Vordergrund, während letztere sich schließlich verliert. Bei *Frontonia leucas* hat auch TÖNNIGES von einem Ausstoßen der Trichiten der Mundgegend nichts bemerkt.

Der im Normalzustand ca.  $\frac{1}{8}$  der Körperlänge betragende Mundspalt (in Fig. V<sub>1</sub> a ist das Tier verkürzt) kann sich bis auf  $\frac{1}{3}$  und mehr ausdehnen. Diese enorme Expansionsfähigkeit erscheint nach Schilderung der cytologischen Verhältnisse am Munde sicher in einem neuen Lichte. Welche Beutestücke ein solcher *Frontonia*-Mund zu verschlingen vermag, zeigt Fig. V<sub>1</sub> a von einer *Frontonia*, der sogar die Bewältigung eines so „widerhaarigen“ Gebildes gelungen ist, wie es ein Diffugiengehäuse darstellt, das mit seinem größten Durchmesser den des Mundes weit übertrifft.

### 3. Reusenapparate.

Als letzte und komplizierteste der in diese Entwicklungsreihe gehörenden Differenzierungen tritt der Reusenapparat auf. Er erscheint als Weiterentwicklung des Trichitenapparates. „*Prorodon teres*“ scheint das direkt zu beweisen. Bei diesem sind die Reusenstäbchen zwar ganz regelmäßig angeordnet, aber sie sind nicht, wie sonst, plattgedrückt, sondern fein haarförmig, wie echte Trichiten“ (BLOCHMANN, l. c., p. 74). Die Reusenstäbe (Fig. Pa) sind nun freilich nicht haarförmig; sie erscheinen vielmehr als  $2\mu$  breite Bänder von allerdings sehr geringer Dicke. An einem jeden Reusenstäbchen erkennt man einen stark gefärbten, äußeren Teil und einen breiteren, weniger gefärbten inneren. Nach vorn hin sind sie, wie Fig. Pa zeigt, bis an den Mundwulst (*muwu*) verlängert und verdrängen hier die Cortical- und Alveolarschicht. Nach innen hin sind sie hakenförmig eingebogen; die Hakenspitzen umstellen die Mundöffnung. Bei manchen fixierten Tieren erscheint der Mund weit geöffnet, die nach innen gebogenen Spitzen voneinander entfernt und das Entoplasma in breiter Front an das Außenmedium angrenzend.

Als Übergangsstufe zwischen Trichiten- und Reusenapparaten geben sich die Stäbchen durch ihre bei den einzelnen Individuen wechselnde Zahl zu erkennen, ferner durch ihre wenig regelmäßige Anordnung und schließlich durch ihr lockeres Gefüge, das zwischen den zwar breiten, aber sehr dünnen Bändern (Stäbchen) noch weite Lücken offen lässt, durch welche Innen- und Außenraum des Apparates in Verbindung stehen. Auch das bei typischen Reusenapparaten anzutreffende Schlund- und Mantelplasma ist hier noch nicht vorhanden.

*Trachelius ovum* EHRBG. (Fig. G b) dagegen besitzt einen echten, wenngleich noch primitiven Reusenapparat. Die Stäbchen sind hier wirklich haarförmig fein, besonders von der Schmalseite (von außen)

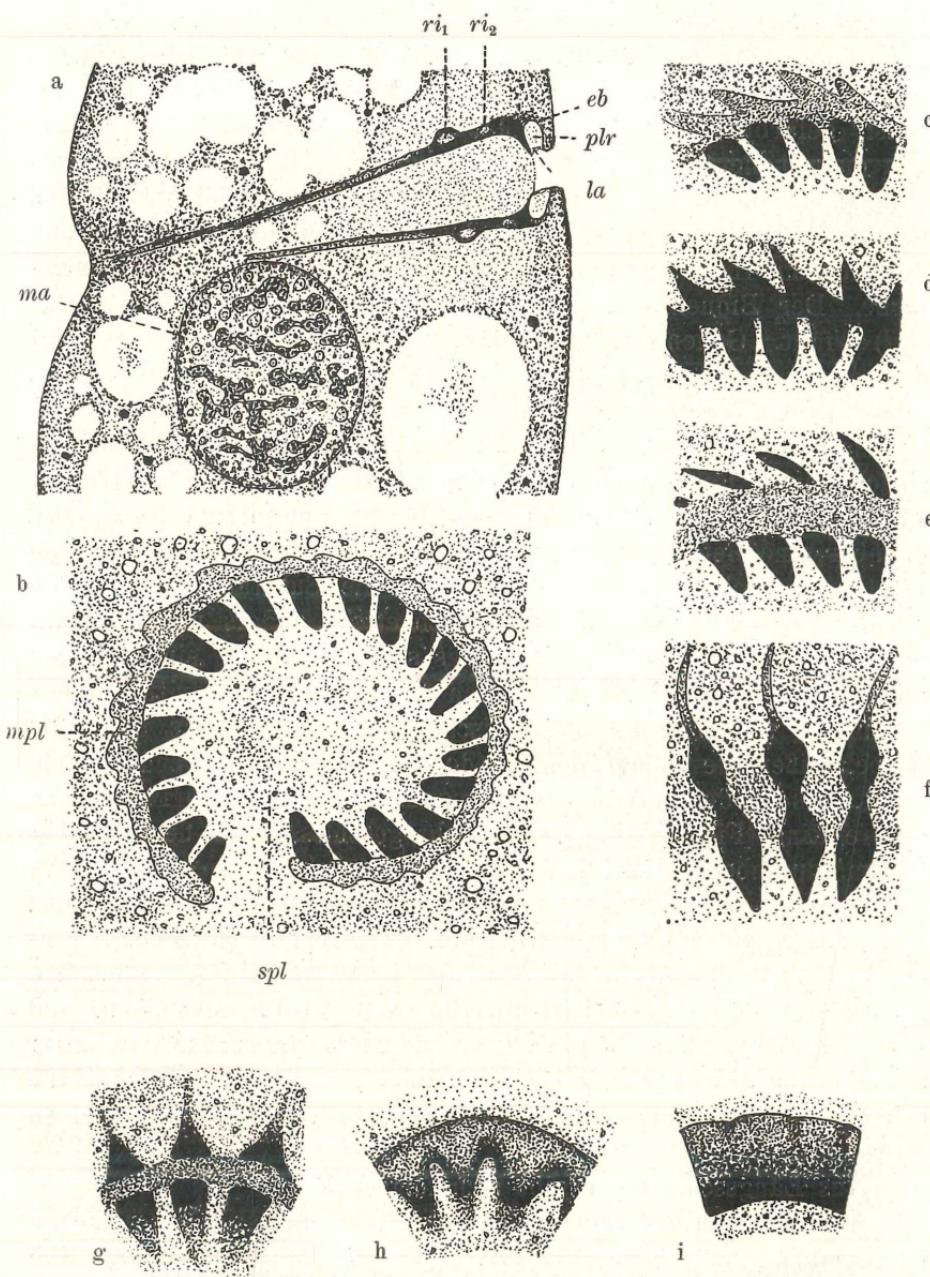
her gesehen. In Fig. G ist deshalb ein Schnitt aus den mittleren Teilen des Reusenapparates wiedergegeben, wo man die Stäbchen von ihrer Breitseite her erblickt. Sie sind fest mit dem Schlundplasma verbunden, das im Bereiche eines jeden Stäbchens verdichtet und infolge größerer Färbbarkeit im Präparate fein gestreift erscheint (*spl*). Bei *mpl* erkennt man ein homogenes Mantelplasma, bei *muwu* die ectoplasmatische Verdickung des Mundwulstes. Das Schlundplasma grenzt in breiter Front mittels feiner Berührungs-lamelle nach dem umgebenden Medium hin ab.

*Nassula aurea* EHRENBG. An diesem hervorragend ausgestatteten Ciliaten sollen die Verhältnisse an einem Reusenapparat etwas genauer betrachtet werden.

Der Reusenapparat beginnt (Fig. W<sub>1</sub>a) im oberen Drittel des Körpers und durchzieht diesen schräg nach hinten bis wieder zum Ectoplasma. Bei der Nahrungsaufnahme entwickelt *Nassula aurea*, ebenso wie „eine ganze Anzahl der Ciliaten mit Reusenapparaten die Fähigkeit, diese in Form eines Mundzapfens vorzustülpen, um unter Erweiterung der Mundöffnung die Nahrung gegen das Entoplasma hineinzupressen“ (DOFLEIN, Protozoenkunde, 3. Aufl., p. 185). Es soll versucht werden, zu zeigen, daß sich alle Bildungen an dem Apparate aus dieser seiner Arbeitsleistung heraus verstehen lassen.

Betrachten wir zunächst das Verhalten des Ectoplasmas: Es besteht aus einer dünnen Pellicula, einer schwachen Alveolarschicht, an deren Grunde die Basalkörper liegen, und aus einem weniger deutlichen Corticalplasma (Fig. W<sub>1</sub>a). Der Schlundapparat ist in eine Vertiefung eingesenkt, die BÜTSCHLI als Vorhöhle bezeichnete, und die unserer Mundgrube entspricht. Damit ist bereits ange-deutet, daß die äußere, von einem wenig ausgeprägten Mundwulste umgebene Öffnung nicht als Mund angesprochen wird, sondern als Eingang in die Mundgrube. Von dem Mundwulst aus zieht eine dünne Ectoplasmalamelle (*la*) nach innen, kleidet die Mundgrube aus und verbindet sich mit den distalen Teilen des Reusenapparates, so daß dieser nirgends an die Außenwelt angrenzt. Der Mund ist also auch hier eine Öffnung im Ectoplasma, die die Nahrung passieren muß, um in das Entoplasma zu gelangen.

Der Weg nun, den diese im Innern zurückzulegen hat, ist vor-bestimmt durch die lange Gleitbahn des Reusenapparates. Einen Schnitt durch das aborale Ende desselben zeigt Fig. W<sub>1</sub>b. Wir sehen da die dreieckigen Querschnitte durch die 22 mit Eisenhämatoxylin tief schwarz gefärbten Reusenstäbchen. Sie sind nicht genau radiär gestellt, sondern etwas schief, entsprechend ihrer um die

Fig. W1. *Nassula aurea* EHRBG.

a) Längsschnitt d. d. Reusenapparat;  $1\frac{1}{2} \mu$ ; PiEss, HeidFuS; DD, K 6;  
Vergr. = 475.

b—i) Querschnitte d. d. Reusenapparat;  $1\frac{1}{2} \mu$ ; aboral-oralwärts fortschreitend;  
2 mm, K 18; Vergr. = 3000; sonst ebenso.

Längsachse entgegen dem Sinne des Uhrzeigers schwach spiraligen Anordnung (Fig. bei BÜTSCHLI, l. c., p. 1366). An einer Stelle lassen sie eine Lücke. Ihre Substanz erscheint homogen; auf weniger intensiv gefärbten Querschnitten lässt sich indes ein dichterer Mantel von einer helleren Innenzone unterscheiden. Diese Reusenstäbchen sind an einem Ring befestigt (Mantelplasma, *mpl*), der geschlossen um die 22 Stäbchen herum zieht bis zu der erwähnten Lücke, und der sich mit Hämatoxylin nicht färbt, dagegen aber mit der Plasmafarbe. Der Binnenraum ist von einem feinkörnigen Schlundplasma (*spl*) erfüllt. Gehen wir nun höher, dem Munde entgegen, so zeigt der Apparat im Querschnitt ein etwas verändertes Aussehen (c). Die Stäbchen haben sich wenig und unwesentlich verdickt. Der plasmatische Ring ist nach außen hin aufgefranst, und zwar entspricht einem Reusenstab ein kielartiger Fortsatz, der infolge der spiraligen Drehung schräg ins umgebende Entoplasma hineinragt, offenbar eine Befestigungsvorrichtung. Wesentlich das gleiche Bild zeigt sich noch weiter mundwärts (d); die Substanz des Mantelplasmas jedoch verhält sich färberisch etwas anders und erscheint nun tief schwarz, ein Verhalten, das sich allmählich einleitet und auf größere Dichte hinweist. Noch weiter oralwärts tritt ein mit Fuchsin S rot gefärbtes plasmatisches Band auf (e), das innen die Stäbe, außen die in das umgebende Plasma hineinreichenden Kiele trägt. Es ist der bereits von BÜTSCHLI und SCHEWIAKOFF gesehene untere Ring (Fig. W<sub>1</sub> a, *ri*<sub>1</sub>). Er zieht geschlossen um den Apparat herum, durchbohrt dabei jedes einzelne Stäbchen. In dieser Höhe ist der auf den Figg. A u. B eingezeichnete Längsspalt verschwunden. In g tritt noch ein kleinerer Ring auf, wiederum die Stäbchen durchbohrend (*ri*<sub>2</sub>). Nunmehr werden die Kiele niedriger, indem sie gleichzeitig ihre ursprüngliche Färbbarkeit wieder annehmen, und verlieren sich schließlich ganz (h). Die Stäbchen verwachsen unter anfänglicher Faltenbildung (h) miteinander. Als oberster Abschluß erhebt sich ihre chromophile Substanz in Gestalt eines kleinen Kragens (i, a).

Aus Längsschnitten ergibt sich folgendes:

Auf der aboralen Seite reicht der Reusenapparat bis nahe an das Ectoplasma. Eine dichtere, vakuolenfreie Ansammlung von Entoplasma fixiert hier (Fig. a) den Apparat in seiner Lage. Sehr häufig ist das Ectoplasma an dieser Stelle von außen her eingebuchtet. Nahe der Mundstelle teilt sich die Substanz der Stäbchen: Ein innerer, verdichteter Flügel zieht nach vorn und innen; er verwächst mit den benachbarten, gleichartigen Flügeln zu einem kragen-

artigen Ring (h, i), der die Mundöffnung umschließt. Ein äußerer, weniger stark verdichteter Flügel aber zieht bogenförmig nach vorn und gewinnt Anschluß an das Ectoplasma (eb). Zwischen beide ist eine ringförmige Zone sehr hellen und homogenen Plasmas (plr) eingeschlossen. Beim Isolieren des Apparates durch Zerdrücken des lebenden Objektes lösen sich die äußeren Flügel samt der ringförmigen Zone von dem längere Zeit intakt bleibenden Stäbchenapparat.

Bei dem Vorstoßen des Apparates wirken die äußeren Flügel als elastische Bänder; sie bestimmen die Entfernung, bis zu welcher der Apparat ausgestoßen werden kann, sie bewirken auch das Zurückziehen. Am ausgestoßenen Apparat sind sie nach hinten gewendet. Die pelliculare Lamelle (la) überspannt in diesem Zustande die vorstehenden Partien des Reusenapparates. Der zwischen dieser Lamelle und den äußeren Flügelbändern eingeschlossene ringförmige Raum (plr) erfährt eine beträchtliche Abplattung und Volumverminderung. Ermöglichen die oralen Differenzierungen ein Vorstoßen des Apparates, so sorgen die Ringe  $ri_1$  u.  $ri_2$  und das Mantelplasma während des Durchgleitens der Nahrung für den nötigen Halt und verhindern ein seitliches Ausweichen der Stäbe. Eine sonderbare, doch einfache Lösung der Frage, wie aus einem derart geschlossenen, den ganzen Körper durchziehenden Rohre der Austritt der Nahrung ins Entoplasma erfolgen soll, ist der lange, offenbar dehbare Spalt.

Der Reusenapparat umschließt den Schlund, in dem das feinkörnige Schlundplasma hin- und hergleitet; für gewöhnlich dringt es mittels einer dünnen Berührungs lamelle schwach pfropfenartig nach außen vor (a). Bei der Nahrungsaufnahme wird es vor der Nahrung hergeschoben. Ein klaffender Schlund ist nicht vorhanden. Der Reusenapparat ist, wenigstens in seiner vorderen Hälfte, in ein ebenfalls feinkörniges Entoplasma eingelagert, das allmählich in das gewöhnliche Entoplasma übergeht (Fig. a).

Einen ähnlichen Reusenapparat besitzt *Chilodon cucullulus* EHRBG. (Fig. X<sub>1</sub> a, b, c), der zugleich beweisen kann, daß derselbe entoplasmatischen Ursprungs ist. Verfolgen wir den Reusenapparat von hinten nach vorn, so sehen wir zunächst (Fig. c) ein enges Lumen, von undifferenziertem Entoplasma erfüllt; nach außen hin folgt ein dicker Cylinder homogenen Plasmas, das Schlundplasma (spl), das seinerseits 16 Reusenstäbchen trägt. Diese setzen sich durch ein sehr homogenes Mantelplasma hindurch in 16 Strängen bis zum umgebenden Entoplasma hin fort. Weiter oralwärts (b) bietet sich das gleiche Bild; das Lumen ist jedoch etwas erweitert, die chromo-

philen Stäbchen erscheinen höher. Kurz vor der Mundstelle (a) aber geht die Substanz der Stäbchen ohne die geringste Grenze in das umgebende Entoplasma über; sie erscheinen als lokale Differenzierung desselben. Im Lumen des Schlundes sehen wir das geschrumpfte Entoplasma (*ent*), das wahrscheinlich erst im Momente des Fixierens vorgedrungen ist, während im Normalzustand wohl ein offener Schlund existiert.

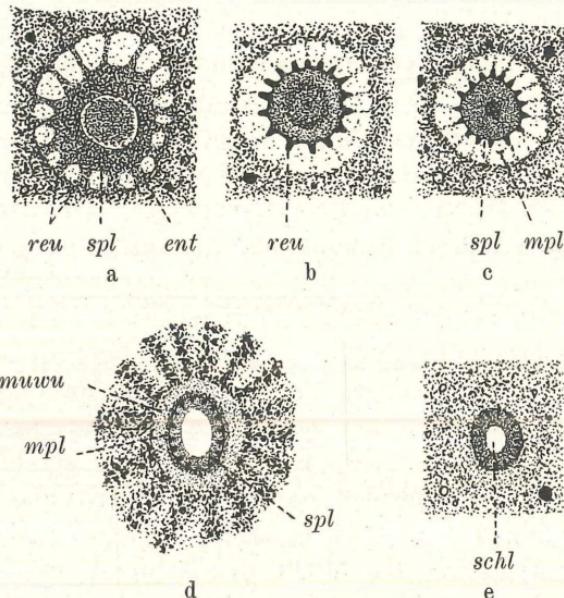


Fig. X1. *Chilodon cucullulus* EHREB.

Querschnitte d. d. Reusenapparat; 1  $\mu$ ; PiFoEss, HeidFuS.

- a) An der Mundstelle. b) Mitte. c) Ende. 2 mm, K 12; Vergr. = 2000.  
d, e) *Coleps hirtus* O. F. M.

Querschnitte d. d. Reusenapparat; 2  $\mu$ ; PiEss, HeidFuS.

- d) An der Mundstelle. e) 6  $\mu$  tiefer. 2 mm, K 12; Vergr. = 2000.

Einen solchen aber besitzt sicher *Coleps hirtus* O. F. M. (Fig. X1 d u. e.). Ein ganz oberflächlicher Kappenschnitt (d) zeigt die Basis des Mundwulstes, der selbst in einem noch höheren Schnitte liegt (*muwu*). Die den 16 ectoplasmatischen Plattenreihen korrespondierenden Reusenstäbchen sind in ein homogenes, den Schlund mantelförmig umgreifendes Schlundplasma (*spl*) eingebettet, welches innen mit dichter Berührungslamelle gegen das Wasser hin abschließt. Der gesamte Reusenapparat wird von einem dünnen, etwas dunkler gefärbten Mantelplasma (*mpl*) umschlossen. In tieferen Schnitten (b) sehen wir das Lumen enger werden und die Reusenstäbchen in dem Mantelplasma aufgehen.

Damit stehen wir am Ende der zweiten Entwicklungsreihe, die auf ganz anderem Wege als die erste zu gleichfalls sehr komplizierten Gebilden geführt hat. In allen Fällen aber trat uns der Mund entgegen als ectoplasmatische Bildung und war gekennzeichnet als die Stelle des Körpers, an der die Nahrung das Ectoplasma passiert und in das Entoplasma eintritt. Der Schlund ist entoplasmatisch und schließt sich nach innen hin an den Mund an. Er bezeichnet diejenigen Bildungen im Entoplasma, durch die die Nahrung gleiten muß, bevor sie von dem strömenden Entoplasma ergriffen wird. Der Schlund ist verhältnismäßig selten. Was bisher als Schlund bezeichnet wurde, fällt größtenteils unter den Begriff Mundgrube und Peristom.

### Literaturverzeichnis.

- ANDRÉ, Em. (1912): Les chilodontes parasites des Cyprinoides. *Rev. suisse zool.* Vol. 26.
- BEAUREPAIRE ARAGÃO (1912): Noticia sobre o Nyctoth. cordif. St. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz* T. 4.
- BEZZENBERGER, E. (1903): Neue Infusorien aus asiatischen Anuren. *Zool. Anz.* Bd. 26.
- BLOCHMANN, F. (1895): Die mikroskopische Tierwelt des Süßwassers. II. Aufl. Hamburg 1895.
- (1897): Trichitenapparate und Reusenapparate. *Zool. Anz.* Bd. 20.
- BRESLAU, E. (1921): Die Gelatinierbarkeit des Protoplasmas usw. *Arch. f. Protistenk.* Bd. 43.
- BÜTSCHLI, O. (1889): Protozoen. III. in: BRONN'S Klassen und Ordnungen.
- (1892): Mikroskopische Schäume. Leipzig 1892.
- (1898): in: JOUKOWSKY, D.: Beiträge zur Frage nach den Bedingungen der Vermehrung und des Eintritts der Conjugation usw. *Verh. nat.-med. Ver. Heidelberg N. F.* VI.
- CHAGAS, C. (1911): Sobre variações cíclicas do cariozoma em d. esp. d. cil. paraz. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz* T. 3.
- DOFLEIN, F. (1911): Protozoenkunde. III. Aufl. Jena 1911.
- (1918): Beiträge zur Kenntnis von Bau und Teilung der Protozoenkerne. *Zool. Anz.* Bd. 49.
- ENTZ, G. (1913): Über die Organisationsverhältnisse von Nyctotherus piscicola. *Arch. f. Protistenk.* Bd. 29.
- FISCHER, A. (1899): Fixierung, Färbung und Bau des Protoplasmas. Jena 1899.
- GOLDSMITH, W. M. (1922): The process of ingestion in the cil. Frontonia leuc. *Journ. exp. Zool.* Vol. 36.
- HAMBURGER, C. (1903): Beiträge zur Kenntnis von Trachelius ovum. *Arch. f. Protistenk.* Bd. 2.
- HARTMANN, M. (1909): Polyenergide Kerne. *Biol. Zentralbl.* Bd. 29.
- (1911): Protistenkerne. Jena 1911.

- HARTMANN u. S. v. PROWAZEK (1907): Blepharoplast, Caryosom und Centrosom. Arch. f. Protistenk. Bd. 10.
- JOHNSON, H. P. (1893): A contribution to morphologie and biologie of the Stentors. Journ. of Morph. Vol. 8.
- JOLLOS, V. (1922): Taschenbuch der mikroskopischen Technik der Protistenuntersuchungen. Leipzig 1922.
- JOSEPH, H. (1907): Beobachtungen über die Kernverhältnisse von *Loxodes rostrum*. Arch. f. Protistenk. Bd. 8.
- KASANZEFF, W. (1910): Zur Kenntnis von *Loxodes rostrum*. Arch. f. Protistenk. Bd. 20.
- KAHNSKY, A. (1910): Zur Morphologie und Physiologie einiger Infusorien auf Grund einer neuen historischen Methode. Arch. f. Protistenk. Bd. 21.
- KIERNIK, E. (1909): Chilodon hexastich., ein auf Süßwasserfischen parasitierendes Infusor. Anz. Akad. Wiss. Krakau 1909.
- MAIER, H. N. (1903): Über den feineren Bau der Wimperapparate der Infusorien. Arch. f. Protistenk. Bd. 2.
- MAYER, P. (1920): Zoomikrotechnik, Berlin 1920.
- MÖBIUS, K. (1889): Bruchstücke einer Infusorienfauna der Kieler Bucht. Arch. f. Naturgesch. Bd. 54.
- NÄGLER, K. (1911): Caryosom und Centriol bei Teilungsvorgängen von *Chilodon uncinnatus*. Arch. f. Protistenk. Bd. 24.
- NERESHEIMER, E. (1903): Über die Höhe histologischer Differenzierungen bei heterotrichen Ciliaten. Arch. f. Protistenk. Bd. 2.
- PROWAZEK, S. v. (1909): Bemerkungen zu einer Theorie der Cytomorphe. Zool. Anz. Bd. 34.
- (1910): Einführung in die Physiologie der Einzelligen. Leipzig 1910.
- (1915): Zur Morphologie und Biologie von *Colpidium colpoda*. Arch. f. Protistenk. Bd. 36.
- ROTH, W. (1910): Die parasitischen Chilodontiden. Wochenschr. f. Aquar. u. Terrarienkde. Jahrg. 7.
- SCHEWIAKOFF, W. (1889): Beiträge zur Kenntnis der holotrichen Ciliaten. Bibliotheca zoologica Bd. 1 Heft 5.
- SCHRÖDER, O. (1907): Beitrag zur Kenntnis von *Stentor coeruleus* und *Stentor roes.* Arch. f. Protistenk. Bd. 8.
- SCHUBERG, A. (1886): Über den Bau der *Bursaria truncatella*. Morph. Jahrb. Bd. 12.
- (1890): Zur Kenntnis des *Stentor coeruleus*. Zool. Jahrb., Abt. f. Anat., Bd. 4.
- (1905): Über Cilien und Trichocysten einiger Infusorien. Arch. f. Protistenk. Bd. 6.
- TÖNNIGES, C. (1911—14): Die Trichocysten von *Frontonia leucas* und ihr chromidialer Ursprung. Arch. f. Protistenk. Bd. 32.
- TRAUBE-MENGARINI, M. u. SCALA (1909): Über die chemische Durchlässigkeit lebender Algen- und Protozoenzellen usw. Biochem. Zeitschr. Bd. 17.
- WRZESNIEWSKY (1870): Beobachtungen an Infusorien aus der Umgebung von Warschau. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 20.