

# Über den Einfluß äußerer Agentien auf einzellige Wesen.

Von

Dr. Carl Bruno Schürmayer.

Hierzu Tafel XIV.

---

## Einleitung.

Ein Gedanke der neuern Zeit war es, bei Beobachtung von Lebenserscheinungen der Zelle künstliche Eingriffe zu machen, die den normalen Verlauf der inneren Prozesse abändern.

Wie die kurze Erfahrung lehrt, ist diese Untersuchungsmethode ganz geeignet, auf verschiedene, bisher noch völlig unbekannte Punkte helleres Licht zu werfen.

Einmal giebt sie, in Anbetracht der in der Zelle obwaltenden einfacheren Verhältnisse, ein übersichtlicheres Gesamtbild von der Wirkungsweise der verschiedenen Substanzen, unterstützt also den Pharmakologen in seiner Forschung. Dann aber läßt sich aus den willkürlich zu erzeugenden pathologischen Zuständen manches über die normale Abwiegelung physiologischer Vorgänge entnehmen.

Auf den Gedanken, in solcher Weise vorzugehen, kam wohl zuerst MAX SCHULTZE(1) in seiner grundlegenden Arbeit über das Protoplasma(2). Dann war es auch BINZ(3), der uns unter anderm mit dem Einfluß von Chinin auf Plasmabewegung bekannt machte.

Für diesen Autor überwog hier, wie andernorts(4), das pharmakologische Interesse, was auch teilweise von ROSSBACH(5) gilt.

Betreffs des Verhaltens der uns ferner liegenden niederen pflanzlichen Organismen muß auf die andernorts(6) zu findende Zusammenfassung der Litteratur verwiesen werden.

Sehr interessante Aufschlüsse über Teilungsvorgänge im Leibe von Infusorien (Stentor) erzielte GRUBER(7) durch Anwendung mechanischer Eingriffe.

Zu einer ausgedehnteren Verwertung der Agentienwirkung zum Zwecke der Erkenntnis physiologischer Prozesse schritten erst kürzlich O. und R. HERTWIG (8).

Nachdem hier ganz überraschende Resultate sich ergeben hatten, lag der Gedanke nahe, den Einfluß der dort verwendeten Substanzen oder den ihnen nahe stehender auf einzellige Wesen im allgemeinen zu prüfen. Als das nächstliegende Material wurden hierzu Protozoen, speziell Infusorien gewählt.

Bei der großen Beweglichkeit und ungemainen Zartheit dieser Objekte gestalteten sich die Untersuchungen aber äußerst mühevoll und nahmen daher mehr Zeit in Anspruch, als von vornherein zu erwarten war. Denn in zahlreichen Vorversuchen mußten erst die zweckdienlichen Gattungen ausgesucht, ihr normales Verhalten festgestellt werden. Eine Menge von Fehlerquellen war erst aufzufinden und gar manchem Beachtung zu schenken, worauf so genaue Rücksicht zu nehmen man sonst nicht geneigt ist.

Dann ergaben sich die Symptome der Beeinflussung teilweise nur sehr undeutlich, rasch vorübergehend, auch handelte es sich oftmals um kleine Abweichungen von der Norm, besonders in den Anfangsstadien.

Um das Material auf der Höhe des Lebens zu erhalten, wo allein richtige Resultate zu erwarten sind, fanden verschiedene Kautelen Anwendung.

Zunächst wurde auf Erhaltung einer konstanten Temperatur des die Versuchstiere enthaltenden Wassers hingearbeitet; denn noch mäßige Schwankungen hatten unliebsame Störungen im Gefolge, so die Abkühlung während kalter Winternächte. Andererseits genügte schon eine kurze Einwirkung direkter Sonnenstrahlen, um von früheren ganz abweichende Resultate herbeizuführen. Hieraus ergibt sich, daß bei Beurteilung der Einzelheiten die Angabe der Jahreszeit und Tagestemperatur mit berücksichtigt werden mußte.

Unbedingte Reinheit aller Instrumente und Gläser war nun das nächste Erfordernis. Für jede zur Verwendung kommende Substanz diente eine besondere Schale, bezw. Pipette. Uhrgläser lagen nach dem Gebrauch tagelang in Wasser, kamen sodann in Alkohol, um hierauf nach abermaligem Abspülen mittelst destilliertem Wasser durch trockene Lappen eine neue Reinigung zu erfahren.

Unterlagen Tiere in Uhrgläsern dem Einfluß löslicher Agentien, so geschah dies stets in der Art, daß die Schale in eine

Glasdose mit aufgeschliffenem Deckel gebracht wurde, auf deren Boden sich eine Schicht Wasser befand. Diese feuchte Kammer garantierte für stetes Gleichbleiben des Konzentrationsgrades, schützte aber andererseits auch vor Staub und weiteren fehlerbringenden äußeren Einflüssen.

Bei Untersuchungen unter dem Deckglas, auf dem Objektträger sorgten entsprechende Filtervorrichtungen für stets gleichmäßigen Zu- und Abfluß des Wassers bzw. der mittelst derselben hergestellten Lösungen. Wachsfüßchen schützten das Objekt vor zu großem Druck, gestatteten dagegen je nach Bedürfnis ein zweckentsprechendes Festlegen.

Unter solchen Vorsichtsmaßregeln erstreckten sich die Versuche auf alle nur vorkommenden Infusorien, wenn möglich auch Rhizopoden.

Nach Ausscheidung weniger brauchbaren Materials wurden vorgezogen:

Rhizopoden: Amöben, Actinosphaerium.

Infusorien: Paramecium, Nassula, Spirostomum, Stentor, Stylonychia, Oxytricha, Euplotes, Carchesium, Vorticella, wie sie der Augenblick eben bot. Ihrer Zähigkeit und Größe wegen übertrafen alle anderen Paramecium aurelia, das stets den Ausgangspunkt für Vergleiche bot; teilweise gilt dies auch von Carchesium polypinum.

Geachtet wurde, als den Kriterien der relativen Beeinflussung, auf folgende Punkte:

- A) Verfolgung der sich ergebenden Anzeichen während einzelner Zeitabschnitte, oft bis zum Eintritt des durch Agentienwirkung hervorgerufenen Absterbens der Organismen.
- 1) Pseudopodien, die Raschheit ihrer Bildung und Einziehung, Form und Aussehen, im Zusammenhang hiermit das mehr oder minder rasche Fließen der Körnchen; schließlich das Einziehen jener etc.
  - 2) Vakuolen:
    - a) kontraktile Vakuolen. Rhythmus, Größe, Gestalt, Intensität ihrer Kontraktion, Beziehungen zum Volumen des Körpers. Einfluß auf die Struktur des angrenzenden Plasmas.
    - b) Flüssigkeitsansammlungen. Zahl, Größe, Form, Volumen, Beziehungen zur kontraktilen Vakuole und Körpergestaltung.

- 3) Anhänge des Zelleibes.
    - a) Wimpern der Körperoberfläche. Intensität ihrer Flimmerung, Koordination der Bewegungsrichtung, Beziehung zu normaler wie abnormer Fortbewegung des Tiers.
    - b) Wimperspiralen. Lebhaftigkeit ihres Strudeln, Grad ihrer Entfaltung, Moment teilweiser oder gänzlicher Einziehung.
    - c) Trichocysten. Moment ihres Erscheinens, Aussehen, Anzahl, Verbreitungsbezirke.
  - 4) Kontraktile Stiele. Grad ihrer Streckung oder Kontraktion, Verhalten der Muskeln in und außer Verbindung und Beziehung mit dem Zelleib, Häufigkeit der Kontraktionen etc.
  - 5) Zelleib als Ganzes. Gestalt, Volum, Struktur des Plasmas, Form, Grad der Kontraktion, Verhalten im Moment des Absterbens.
- B) Zufügung fixierender Agentien zur genaueren Prüfung des jeweiligen Zustandes, Grad der Erhaltung und natürlichen Wiedergabe der aufgezählten Gebilde.

Die gewählten Agentien zerfallen in :

- a) thermische :  
Wärme, Kälte ;
- b) chemische :  
Antifebrin, Antipyrin, Cocain, Chloroform, Chloralhydrat, Strychnin.

Hieran schließen sich Färbungsversuche „intra vitam“ mittelst :  
Cyanin und Malachitgrün.

Bei der Prüfung dieser Substanzen an genanntem Material unter Beobachtung der aufgeführten Kautelen wurde weiterhin auf folgende Weise verfahren :

- a) Thermische Einflüsse. Sie unterlagen einer näheren Untersuchung bezüglich der Einwirkung auf die Zelle mittelst eines kleinen geschlossenen Brütofens. Nebenher kam der SCHULTZE-Objektisch zur Verwendung, beide teils abgekühlt, teils erwärmt. Auch wurden Schalen mit Versuchstieren direkt auf Kältemischungen gelegt und durch Umrühren des Wassers der Eisbildung vorgebeugt, somit ohne diesbezügliche Nachteile für die Tiere eine unter den Nullpunkt sinkende Temperatur erzeugt.

Auch der Brütofen, in seinen hohlen Wandungen mit Schnee-

Salzmischung erfüllt, lieferte ganz befriedigende Abkühlungsgrade, um so mehr, als im Winter der Apparat noch vors Fenster gestellt wurde. Nach seiner Verbringung ins Zimmer zeigte das im Binnenraum neben den Objekten angebrachte Thermometer stets 5—10 Minuten lang noch eine Null nicht erreichende Temperatur an.

Bei Übertragung von Infusorien auf den Objektisch mittelst Objektträger mußte eine Erwärmung momentan allerdings eintreten. Sie war aber in Anbetracht der Geschwindigkeit, mit der die Manipulation vor sich ging, unbedeutend und mußte sofort wieder verschwinden, da der SCHULTZE'sche Tisch seiner ganzen Länge nach mit Kältemischung bedeckt war. Außerdem stand der Fuß des jenen tragenden Messingstatives ebenfalls in besagtem Gemisch. Die Abkühlung blieb daher eine hochgradige. Denn obwohl das dort angebrachte Thermometer auf dem weit größeren Teil seiner Oberfläche von der wärmeren Zimmerluft umgeben war und nur eine kleine Strecke dem Metall anlag, stieg das Quecksilber doch nie über  $+ 4^{\circ}$  C. Hiernach läßt sich annehmen, daß auf dem Objektische so ziemlich  $0^{\circ}$  herrschte, auch nach längerer Dauer eines Versuchs.

Ältere Objektiv-Systeme mit kurzem Fokus machten stets die Anbringung eines Wassertropfens zwischen Linse und Deckglas möglich; letzteres konnte sich somit nicht an seiner Oberfläche beschlagen, wodurch ein deutliches Sehen garantiert wurde. Bei Operation mit Wärme hielt eben dieses Verfahren eine Trübung der Linse durch Wasserdampf ab.

Um das mißliche rasche Steigen der Temperatur zu verzögern oder zu beseitigen, wurde feuchtes Filterpapier auf dem heizbaren Objektisch ausgebreitet, auf solchem lag auch der Objektträger auf. Eine Filtervorrichtung führte auch hier Flüssigkeit entsprechender Temperatur ab und zu.

b) Chemische Substanzen. Betreffs ihrer Reinheit sind Zweifel ausgeschlossen, Fehler dieser Arten konnten also nicht unterlaufen. Anfangs schien der Zusatz der Agentien in festem Zustand in das die Tiere enthaltende Wasser geraten; bald aber zeigte sich die Wirkung als eine äußerst ungleiche; im Umkreis der betreffenden Krystallstücke entstanden starke Diffusionsströmungen. Die nächsten Infusorien wirbelten darin umher und sanken gelähmt zu Boden, während andere noch viel später keine Beeinflussung verrieten.

Um nun diese schädlichen Momente zu umgehen, kamen im voraus hergestellte Lösungen in Anwendung, und zwar diente zur Erzeugung derselben reines Wasser, da das destillierte an und

für sich in gewissen Fällen pathologische Erscheinungen im Gefolge hatte.

Einer Ausdehnung der Versuche setzte oftmals die geringe Löslichkeit der Stoffe in Wasser eine Grenze, was hauptsächlich für Antipyrin gilt.

Im einzelnen Falle war das Verfahren ein derartiges, daß in einem graduierten Glase dem die Versuchsobjekte enthaltenden Wasser eine entsprechendes Quantum einer Lösung zugesetzt wurde. Nach erfolgtem Durcheinanderrühren und Umgießen fand die Uhrschele Aufnahme in der feuchten Kammer.

Sollte die Untersuchung stattfinden, so konnte diese schon mit bloßem Auge oder bei schwächerer Vergrößerung vorgenommen werden, wo es sich nur darum handelte, einen Überblick zu gewinnen. Behufs genauerer Prüfung erfolgte Übertragung unter Deckglas in bezeichneter Weise. Kurze Wirkungen starker Prozentsätze ließen sich so bequem untersuchen, aber auch längere Zeit zu beobachten gestattete die Filtervorrichtung. Ein erwähnenswertes Beispiel möge hierfür sprechen: Paramecien behielten während 2 Stunden ihre völlige Lebensfrische; der Vakuolenrhythmus blieb konstant

$\frac{v_1}{v_2} \frac{5^1}{5}$ , nur in ca. 10 Fällen von über 300 Zählungen war er vorübergehend auf  $\frac{v_1}{v_2} \frac{5}{6}$  oder  $\frac{6}{5}$  gestiegen, und zwar dies erst nach Verlauf einer vollen Stunde.

So war denn ein Modus geschaffen, auch von den stärksten Vergrößerungen Gebrauch machen zu können. Für gewöhnlich kamen zur Verwendung die Systeme „Reichert 3. 5. 8.“ mit Ocular 1 oder 2, für einzelne Zwecke „Leitz Im. IX u. XII“.

Nur selten wurden die Versuche über 2 Stunden ausgedehnt; jeweils erfolgte Vergleichung mit einer unter denselben äußeren Verhältnissen in Wasser enthaltenen „Kontrolle“. Den Ausgangspunkt eines Urteils bildete stets das Verhalten der Tiere vor der Behandlung.

Zum Verständnisse verdient die Art der Notierung gewisser Verhältnisse einige Erläuterung; zunächst der Rhythmus der Vakuolenkontraktion.

Das Einfachste wäre, die Zahl der von einer Systole zur folgenden verfloßenen Zeit aufzuzeichnen. Da aber in Ermangelung eines anderen Zeitmaßes der Sekundenzeiger einer Uhr Benutzung

1) Erklärung siehe weiter unten.



## Erster Abschnitt.

### I. Kapitel.

#### Thermische Einflüsse.

Bei einer Betrachtung der Wirkungsweise äußerer Agentien auf einzellige, freilebende Organismen verdienen jene Einflüsse vor allen anderen Berücksichtigung, denen der Organismus normalerweise schon während seines ganzen Lebens unterliegt, nämlich die thermischen. Zwischen weit auseinanderliegenden Grenzen schwankend, sind sie es, die einmal eine Grundbedingung für jedes Leben darstellen, andererseits aber infolge ihrer leichten Veränderlichkeit Erscheinungen erzeugen können, welche, ohne abnorm genannt werden zu dürfen, sich wesentlich vom Gewöhnlichen entfernen.

Erst wenn wir nach unten oder oben zu weit gehen, wachsen auch besagte Anzeichen zu einer Größe an, deren pathologischer Charakter nicht mehr abzuleugnen ist. Hiermit stehen wir sodann auf dem Boden des Experimentes; aus dem Gesagten aber wurde klar, daß die diesbezüglichen Versuche, wie kaum andere einen allmählichen Übergang von natürlichen Lebensbedingungen zu abnormen erlauben, also auch ganz geeignet erscheinen, hier die erste Stelle einzunehmen. Und letzteres hat ferner deshalb weitere Geltung, weil jene nicht rein qualitativ, vielmehr nur bei quantitativer Steigerung die vitalen Vorgänge beeinträchtigen.

Nun unterscheiden wir thermische Einflüsse als Wärme und Kälte; die Abhandlung beider, die ja nur relative Zustände sind, im Rahmen einer Versuchsreihe könnte daher auf den ersten Blick nicht unangebracht erscheinen. Obwohl dies bisher der allgemeine Standpunkt war, veranlaßten uns verschiedene Gründe, von demselben abzuweichen. Zur Vermeidung von Fehlerquellen bei den Untersuchungen, sowie in Interesse größerer Klarheit in der Darstellung wurden daher beide getrennt behandelt.

Um eine feste Ausgangsbasis zu haben, nehmen wir an, daß der größte Teil des freien, durch Nahrungsaufnahme, Bewegung, bisweilen auch die Vermehrung gekennzeichneten Lebens der Protozoen sich in einem Raume zwischen ca.  $+ 8^{\circ}$  bis  $25^{\circ}$  C abspielt. Hiernach nennen wir Wärmeeinfluß eine Erhöhung, Kältewirkung eine Erniedrigung unter die äußerste Marke dieser Gradreihe.

## a) Wärme.

Wollen wir uns über Wärmewirkung unter Beachtung aller Einzelheiten Klarheit verschaffen, so ist dies nur, der großen Mannigfaltigkeit der Ergebnisse wegen, durch Aufführung und Verfolgung einzelner als typisch herausgegriffener Versuche möglich.

Wenden wir uns der oberen Grenze zu; es sind Paramecien ca. 24—26° C ausgesetzt; ihr Vakuolenrhythmus betrug zuvor

$\frac{v_1}{v_2} \frac{5}{5}$  in der Minute. — Nach 1 Stunde stieg die Frequenz auf

$\frac{v_1=6}{v_2=6}$  p. M.

Nach 2 Stunden auf  $\frac{7}{7}$  neben  $\frac{4}{4}$  und  $\frac{6}{6}$ ,

„ 3 „ findet sich  $\frac{6}{6}$  als Maximum,  
neben  $\frac{5}{5}$  und  $\frac{4}{4}$ ,

Nach 4 Stunden zeigen neben einzelnen abgestorbenen Individuen die überlebenden eine gleichbleibende oder nur kaum merkliche Steigerung.

Nach 6 Stunden wie oben, daneben Übergänge zur sichtlichen Erschöpfung; daneben schon auftretende Verquellung.

Gleichen Schritt mit dem Zustande der kontraktilen Vakuole hielt auch die Flimmerbewegung.

Bei Stentoren, normal  $\frac{3 \text{ C.}}{5 \text{ M.}}$ : 18° C, stieg die Kontraktionszahl unter oben genannten Umständen nach:

2 Stunden auf  $\frac{4 \text{ C.}}{5 \text{ M.}}$ : 24—26° als Maximum,

4 „ war aber  $\frac{4 \text{ C.}}{5 \text{ M.}}$  Durchschnitt, daneben aber bereits ein Sinken auf  $\frac{2 \text{ C.}}{5 \text{ M.}}$  ersichtlich.

Nach 6 Stunden trat aber letztgenannte Frequenz schon als Maximum auf; eine bedeutende Zahl der Tiere war bereits verquollen. — Die Stentoren verhielten sich also wie die am stärksten reagierenden unter den Paramecien.

Carchesium mit  $\frac{8-9 \text{ C.}}{1 \text{ M.}}$ : 17° C zeigte folgende Änderungen.

24—26° C nach 3 Stunden dasselbe

„ 4 „  $\frac{9 \text{ C.}}{1 \text{ M.}}$  bis  $\frac{11 \text{ C.}}{1 \text{ M.}}$ : 26°.

Bei Einwirkung einer Temperatur von 30° C während 5 Stunden fanden sich sogar die Werte.

$$\text{a) } \frac{12 \text{ C.}}{1 \text{ M.}} : 30^{\circ} \quad \text{b) } \frac{16 \text{ C.}}{1 \text{ M.}} : 30^{\circ} \quad \text{c) } \frac{17 \text{ C.}}{1 \text{ M.}} : 30^{\circ}$$

neben den dazwischenfallenden. Carchesium darf daher weniger empfänglich genannt werden als die Repräsentanten oben. Es zeigte sich ferner, daß da, wo für letztere die Grenze des Lebens lag, dieses Infusor erst ins Stadium hoher Erregung trat. — Hieraus, wie aus anderm ergibt sich:

1) Der Grad der Beeinflussung einzelliger Organismen durch Wärme ist bei gleichbleibenden Grundsymptomen nach Gattungen, Familien, Ordnungen etc. ein verschiedener.

2) Auch Angehörige derselben Spezies lassen individuelle Schwankungen erkennen.

3) Jede Wärmewirkung — und nur sie allein — macht sich geltend zunächst durch Hebung der Frequenz der Vacuolenkontraktion.

4) In einer die obere Grenze des Normalen nur wenig überschreitenden konstanten Temperatur ist eine vorübergehende Anpassung möglich.

Letzteres tritt noch deutlicher hervor, wenn wir sozusagen den negativen Beweis liefern durch Anwendung rasch anwachsender Temperatur an Stelle der konstanten.

Während bei einem Anwachsen der Wärme zu einer Höhe von 27° C in 1½ Stunden Paramecien (wenn auch teilweise in der Ortsveränderung beeinträchtigt, wie dem Spiel der Wimpern) der Mehrzahl nach dennoch Leben zeigen, ist das Bild ein anderes, wird derselbe Effekt in 5 Minuten hervorgebracht. Dann erfährt zunächst der Rhythmus der pulsierenden Blase eine

bedeutende Erhöhung, bis  $\frac{v^1}{v_2} \frac{10}{10}$ . Beide Vakuolen aber bleiben plötzlich diastolisch gelähmt stehen und zeigen eine starke Vergrößerung ihres Durchmessers.

Beide, die Extreme darstellenden Versuche geben bemerkenswerte Einzelheiten. Der erste ist ganz geeignet, in seinem Verlauf die allgemeinen Symptome einer Wärmewirkung ableiten zu lassen. Es ergibt sich:

5) Jede nicht zu stürmische Wärmewirkung läßt drei graduell verschiedene Stadien unterscheiden.

Als erstes tritt auf eine Steigerung, wie der Vakuolenfrequenz, so aller anderen Lebensäußerungen. Da die Wimpern rascher

strudeln, und zwar unter Erhaltung ihrer Koordination, bewegen sich die Infusorien lebhaft hin und her unter langsamer Drehung um die Längsachse; es ist dies etwas Normales (13), nur bei der größeren Lebhaftigkeit selbstverständlich auffallender.

Sodann erlahmt die Beweglichkeit nach und nach, das Flimmerkleid indessen läßt eine andauernde Thätigkeit weiterhin erkennen, doch schlagen die einzelnen Cilien wirr durcheinander. Infolgedessen „steht“ jedes Individuum auf einer Stelle und dreht sich bisweilen um seine Längs- oder auch Queraxe, ohne vorwärts zu kommen. Das Körpervolum ist infolge im Innern aufgetretener Flüssigkeitsansammlungen vergrößert. Von letzteren unterscheiden sich die kontraktiven Vakuolen durch ihre Funktion wie Größe.

Schließlich tritt unter Sistierung aller Bewegungserscheinungen völlige Starrheit ein, in der die Zelle, stark gebläht und bisweilen äußerlich verunstaltet, einige Zeit verharret, um dann fast plötzlich durch Verquellung zu Grunde zu gehen.

6) Stürmisch anwachsende thermische Beeinflussungen führen das Erregungsstadium rascher herbei und verstärken dasselbe; unter Ausfall eines langsamen Rückgangs folgt sofort der Zustand völliger Starre.

Somit besteht ein wesentlicher Unterschied zwischen dem Einfluß konstanter und rasch oder langsam aufsteigender Temperaturgrade.

Während gegen  $40^{\circ}$  C die große Mehrzahl der Versuchsobjekte abstarb, wurde das als ungemein zäh bereits erkannte *Carchesium* als Prüfstein für die obere Grenze der Lebensfähigkeit benützt und weiterhin Wärme vorsichtig zugeführt. In 1 Stunde war obige Temperatur von  $40^{\circ}$  C erreicht worden, in einer weiteren  $42^{\circ}$ , dann nach 30 Minuten  $45^{\circ}$  C und bald darauf  $47^{\circ}$  C. Nun trat die Reaktion auf. Nach hochgradiger Steigerung zeigte die kontrakt. Vakuole jetzt  $\frac{0 \text{ C.}}{1 \text{ M.}}$  neben  $\frac{5-6 \text{ C.}}{1 \text{ M.}}$  :  $47^{\circ}$  C. Es erfolgte 15 Minuten später momentanes Absterben, nachdem schon bei  $45^{\circ}$  C die Umrisse der Einzeltiere undeutlich geworden waren. Somit folgt hieraus:

7) Einzellige Organismen, speziell Infusorien können eine Temperatur von  $45^{\circ}$ , allerdings nur auf kurze Zeit ertragen. Plasmagerinnungen treten erst hier auf.

Vergleichen wir diese Resultate mit denen anderer Autoren, so muß zunächst darauf hingewiesen werden, daß eine Übereinstimmung der beiderseitigen Befunde gar nicht erwartet werden

darf. Denn in der ausschließlichen Mehrzahl der Fälle war andernorts im Gegensatz zu hier eben mit einer rasch ansteigenden Temperatur operiert worden, wonach Abweichungen unvermeidlich sein müssen.

So ließ z. B. KÜHNE (2) in ein 35° warmes Wasser eine Amöbe fallen und brachte „durch geeignete Manipulation in einer Minute eine gleichmäßige Durchtränkung zustande“. Die dortige Annahme, daß Amöben bei 35° absterben, hat daher nur relativ Geltung.

Bezieht sich das Gesagte auch teilweise auf M. SCHULTZE (3), so hatten wir doch in bezug auf andere Punkte Gelegenheit, die Richtigkeit seiner Angaben zu bestätigen, teilweise aber auch dieselben zu erweitern.

So bezeichnet dieser Autor als oberste Lebensgrenze für Vorticellen ca. 41° C. An späterer Stelle<sup>1)</sup> sagt er: „tierisches wie pflanzliches Leben erhält sich im Wasser von 45° nur noch sehr spärlich, und wir sind berechtigt, vorauszusetzen, daß tierisches und pflanzliches Leben über ca. 45° nicht andauernd bestehen kann.“ Hierauf wird auf EHRENBERG's (14) Funde von Leben in Thermen weit höherer Temperatur hingewiesen, ohne Versuch einer Ausgleichung der scheinbaren Widersprüche.

Betreffs des ersten Punktes muß darauf hingezigt werden, daß die Zahl wohl zu niedrig gegriffen ist. Gegen die Fixierung der Grenze in jener Gegend sprechen unsere Ergebnisse durchaus nicht, sie lassen aber eine Erhöhung zu und geben so den Schlüssel zur Lösung der Frage der heißen Quellen. Denn kann man durch langsames (und relativ doch rasches) Erwärmen die Versuchsobjekte in einer höheren als die bisher als Maximum angesehenen Temperatur noch lebend erhalten, so ist der Schluß gerechtfertigt, daß eine Anpassung in jenem Sinne nichts Außerordentliches genannt werden kann.

Die Worte SCHULTZE's<sup>2)</sup> „Auch die schnelle Erwärmung . . . bis 45° giebt ein lehrreiches Bild. Die Pseudopodien erstarren in der Lage, worin sie sich gerade befinden, und verharren lange in derselben, bis diffundierende Einflüsse des Wassers sie endlich stören“ — hatten eine Behandlung von Actinosphaerium E. in ähnlicher Weise zur Folge. Doch scheint dieses Objekt kein passendes zu sein für solche Untersuchungen. Denn entgegen

1) l. c. S. 35 bzw. S. 49.

2) l. c. pg. 22.

den widersprechenden Äußerungen SCHULTZE's fand hier bald Einziehung aller Pseudopodien statt, und zwar jeweils ohne auch nur eine Ausnahme.

Das nur war zu sehen, daß ein erstes Erregungsstadium nicht fehlte; die Pseudopodien „pendelten“ — um die Basis als Aufhängepunkt — lebhaft hin und her; im Ektosark entstanden eigentümliche Bewegungen, die als wellige Erhebungen und Senkungen auf der Oberfläche wahrzunehmen waren. Je rascher die Temperatur stieg, desto stürmischer traten diese Erscheinungen auf. Auch die Körnchenströmung wurde beschleunigt.

An den kontraktilen Vakuolen ließ sich mit Deutlichkeit nach einiger Zeit nur eine Herabsetzung der Frequenz ihrer Entleerung nachweisen. Dann hörte auch das Pendeln auf, rasche Lähmung der pulsierenden Blasen war ersichtlich, während alle Scheinfüßchen rasch verschwanden. In einem Falle, wo in 20 Minuten das Quecksilber auf 27° C gestiegen war, vergingen 10 volle Minuten, ohne daß eine Systole verschiedener weit diastolisch dilatierter Vacuolen zu sehen gewesen wäre. Erst später erfolgten träge Kontraktionen — ein Beweis dafür, daß über die Natur der Gebilde keine falsche Anschauung geherrscht hatte. Nun hätte eine Systole aber im Maximum in 4—5 Minuten zustande kommen müssen, wie neben anderen Angaben (15) zahlreiche diesbezügliche eigene Versuche beweisen.

Rasch verschwanden dann auch hier die Pseudopodien-Achsenfäden, wobei sie allerdings ein „starres“ Aussehen hatten, was sich aber mit angezogenem Befunde nicht decken kann, denn im Innern dauerte die Körnchenströmung fort. Eine Übereinstimmung aber besteht bezüglich der weiteren Vorgänge, die nicht als Tötung, vielmehr nur als hochgradige Lähmung zu deuten sind. Denn nach 24 Stunden boten die erneuerten Pseudopodien völlig normale Struktur dar, auffallen konnte allerdings ihre beträchtliche Länge, zu der sie sich nun ausgedehnt hatten.

Rasches Ansteigen der Temperatur bis 42° C führte auch hier plötzliche Auflösung der Zellindividuen herbei.

Es muß daher angenommen werden, daß SCHULTZE mit langsam ansteigenden Einflüssen operierte; denn in bezug auf solche nur kann er sagen<sup>1)</sup>: „Tiere, welche dieser Temperatur (42° C) ausgesetzt waren, fand ich nach 12—24 Stunden stets ohne eine Spur beginnender Zersetzung und mehrere Male mit neu ausge-

1) l. c. (1) S. 34.

streckten Pseudopodien, deren Bewegungen sehr träge waren, an denen ich aber Körnchenströmung mit dem Okular-Mikrometer aufs deutlichste konstatieren konnte.“

Im Gegensatz zu dem eben angezogenen Autor stehen die ROSSBACH'schen (5 a) Ansichten über Wärmewirkung. Auch wir können denselben nicht beipflichten, da viele Ungenauigkeiten sofort in die Augen fallen. So ist es z. B. völlig unrichtig<sup>1)</sup>, „daß bei 25° C die Tiere plötzlich, wie auf Kommando, mit einem Schlage hin und her schießen“. Unsere, nach jeder Richtung variierten, mit möglichster Gewissenhaftigkeit angestellten Versuche fordern eine andere Deutung. Denn die zahlreichen Resultate decken sich alle darin, daß es sich eben nicht gleich bleibt: „wie lange dieselbe Temperatur wirkte“.

Auch O. und R. HERTWIG<sup>2)</sup> fanden dieses bei Beeinflussung von Echinodermeneiern durch thermische Agentien. Es entsprach nämlich der Zeitdauer der Einwirkung ein höherer Grad von Polyspermie, was, auf unsere Verhältnisse bezogen, so viel heißt als stärkere Herabsetzung der Lebensenergie des Plasmas. Und dies gilt, wie wir sahen, auch für die Protozoen, allerdings mit einigen Beschränkungen.

### b) Kälte.

Auch für Kältewirkungen gelten im großen und ganzen die obigen Befunde.

1) Eine Entfernung vom naturgemäßen Durchschnittsmaß hat für die Vakuole, weniger für die Wimpern eine Beschleunigung zur Folge, auf die als Reaktion Ermattung und schließlich Stillstand folgt.

Bei Paramecium konnte der Rhythmus auf  $\frac{\sqrt{5}}{\sqrt{2}7}$  oder  $\frac{6}{7}$  sich erhöhen.

2) Auffallend ist hierbei, daß beide kontraktile Vakuolen nicht gleichmäßig alteriert werden.

Schon bei rasch ansteigender thermischer Beeinflussung hatte sich teilweise dies gezeigt, während es hier fast durchgängig und in mehr in die Augen springender Weise geschah.

3) Zum Unterschied von Wärmestarre fand sich im Kältetanus das Hinterende von Infusorien mit zwei kontraktile Vakuolen so stark angeschwollen, daß manche Holotrichen, was Ge-

1) l. c. (5 a) S. 179 bzw. 203 bzw. 204.

2) l. c. (86) S. 94—102.

stalt anbelangt, mit halbkontrahierten Stentoren große Ähnlichkeit hatten. Es trat somit eine Lähmung der hinteren, bei Paramecien dem Munde näher gelegenen Vakuole früher und weit mehr akut auf als eine solche der vordern.

4) Je rascher der Nullpunkt erreicht wurde, um so stärker war die Herabsetzung aller Lebensäußerungen; sie erreichte für „15 Minuten von  $17^{\circ}$  C bis  $0^{\circ}$ “ in bezug auf die kontraktile Vakuole ebenfalls „Null“. Nur alle 5 Minuten kontrahierte sich noch einige Zeit lang die vordere Vakuole bei geringer Größenzunahme; die hintere blieb während 10 Minuten unter enormer Dilatation völlig starr.

Daß neben all diesen Erscheinungen auch eine wesentliche Veränderung des Protoplasmas einherging, dafür sprechen alle Anzeichen.

Während die Versuchstiere, zunächst Infusorien, sich unter Algen verkrochen, krümmte sich ihr Körper ganz eigentümlich. Lappenartige Fortsätze wurden ausgestreckt und wieder eingezogen, während das Infusor trägt auf einer Stelle lag. Der Kern, durch eigenartiges Brechungsvermögen des Lichtes ausgezeichnet, war bisweilen von einer großen Vakuole umgeben.

Das erinnert ganz an die Angaben von BRARS (16) über Amöben (auf welche leider unsere Untersuchungen nicht ausgedehnt werden konnten): „Bei Temperaturen zwischen  $5^{\circ}$  und  $2^{\circ}$  R stellen viele Amöben ihre Bewegung langsam ein, ohne sich wesentlich zu verändern; läßt man aber die Temperatur bis zum Gefrierpunkt des Wassers sinken und läßt man diese Temperatur einige Stunden lang, so erfährt der Amöbenkörper charakteristische Veränderungen . . . Der Körper erschien abgerundet, central lag der Kern, um ihn helles Plasma, an einem Pole fand sich in den meisten Fällen eine nicht kontraktile Vakuole.“

Sehr beachtenswert sind die Erfolge, die durch raschen Wechsel, bzw. die plötzliche Aufeinanderfolge beider extremen Zustände erzielt wurden. Es ergab sich:

5) Wärme rasch auf Kälte folgend und umgekehrt hat denselben Effekt wie weitere Steigerung des ursprünglich angewandten Zustandes thermischer Einflüsse (17).

Geht der abnorme Zustand langsam in den normalen über, so erholen sich die Versuchstiere ihrer Mehrzahl nach, vorausgesetzt, daß der Eintritt der Starre erst kurz zuvor erfolgte oder der Tetanus nicht zu lange andauerte.

Auch wenn letzterer längst vorzuliegen scheint, sieht man nämlich nach 5—10 Minuten bei einzelnen Individuen abermals eine teilweise Entleerung des Vakuoleninhaltes sich einstellen, womit der Beweis geliefert ist, daß wirklich auch ein Zwischenstadium, die „Starre“, sich zwischen Leben und völliges Absterben einschaltet. Als Eintritt des definitiven Todes darf, bei Abwesenheit fixierender Agentien, erst dieser Augenblick bezeichnet werden, wenn der Körper platzt und in Verbindung hiermit oder auch selbständig Quellungen auftreten, ein Umstand, der, vielfach übersehen, andernorts falsche Deutungen veranlaßte.

So sichthar nun überall jene „Starre“ als Folge gewisser Grade thermischer Agentien zu Tage tritt, ist sie doch nicht so tiefgreifend wie die durch chemische Stoffe erzeugte Lähmung, dafür sprechen die Abtötungsversuche.

Wenn nämlich die kleinsten Plasmateile wirklich stark affiziert wurden, so konnte man erwarten, daß diejenigen Organismen, bei denen sich kontraktile Elemente finden, in ihrem Zustande allgemeiner Anästhesie dauernd zu fixieren sind.

Dies traf nun nicht zu, ein Beleg dafür, daß durch hochgradige thermische Einflüsse nicht die Empfindungs-, jedoch die Bewegungsfähigkeit der Moleküle aufgehoben wird. Tritt von außen ein stärkerer Reiz hinzu, so erfolgt sofort eine Reaktion der kleinsten Elemente, d. h. eine Kontraktion, sei es der Stiele oder des Körpers.

In welchen Fällen auf Umwegen, d. h. durch künstliche Verstärkung des eingetretenen Lähmungszustandes, technisch gut verwendbare Resultate erreicht werden konnten, wird später erörtert werden.

So viel aber ergab sich — und darin stimmen alle Versuche überein — daß thermische Einflüsse zur Herstellung geeigneter Präparate von kontraktilen Zellindividuen ungeeignet sind. Dazu kommt noch ein weiterer Umstand: infolge allzu großer Steigerung der Temperatur zerfallen die Muskeln, hauptsächlich die der Stiele. Somit läßt sich ein Schluß auf den Grad der Lähmung alsdann nicht mehr ziehen.

---

Zur näheren Orientierung, sowie Angabe von Einzelheiten, ferner als Belege für das Gesagte folgen anbei einige als typisch herausgegriffene Versuche.

Datum, N <sup>o</sup> .	Name des Versuchs- objekts.	Verf. Zeit vor Beginn der Unters. an.	Erzielte Tem- peratur	Kontraktile Vakuole		Wimper-, Orts- bewegung.	Körper- gestalt, Vola- men, Innes	Allgemeine Be- merkungen.
				Rhythmus	Größe, Gestalt			
14. XII. 1887 1.	Paramecium aurelia	1 St.	ca. 26 <sup>o</sup>	Norm: $v \ 5 \ 5 \ 5 \ 5 \ 5$ $v_2 \ 5 \ 5 \ 5 \ 5 \ 5$ A $6 \ 6 \ B \ 6 \ 6 \ 6 \ C \ 5 \ 5$ A $6 \ 6 \ 6 \ 6 \ 6 \ 6 \ 6 \ 5 \ 5$ F $6 \ 5 \ 6$ F $6 \ 6 \ 5$	Normal.	Koordiniert, lebhaft, nor- mal.	Normal, im Um- kreis d. kontr. Vak. kl. Flüssig- keitsan- sammlungen.	Kleiner Bruchteil trägt auf der Oberfläche des Körpers anhaf- tende Flüssig- keitsblasen.
2.	"	2 St.	"	A $5 \ 6 \ 6 \ 6 \ 6 \ 6 \ 5 \ 6 \ 6 \ 4$ A $6 \ 6 \ 7 \ 7 \ 7 \ 7 \ 6 \ 6 \ 6 \ 4$ B $4 \ 3 \ 4$	Etwas vergrößert.	teilweise Er- mattung.	"	"
3.	"	3 St.	"	A $6 \ 5 \ 6 \ 6 \ 6 \ 5 \ 4 \ 1$ A $6 \ 6 \ 6 \ 6 \ B \ 6 \ 5 \ 4 \ C \ 3$	$v_2$ weit über normal ver- größert.	Weisenteils weitergehen- de Ermattung	Etwas aufge- bläht, sonst wie oben.	Einzelne Exem- plare abgestor- ben.
4.	"	4 St.	"	A $7 \ 7 \ 7 \ 7 \ 6 \ 6 \ 6$ neben Rückgang	Starke Grös- senzunahme, haupts. $v_3$ .	Lahmer	Vol. gewach- sen, Schwel- lung auf ers- ten Blick auf- fallend.	"
5.	"	6 St.	"	Neben Lähmung beider Vakuolen noch $v_2 \ 5 \ 5 \ 5$ } Maximum $v_3 \ 6 \ 5$ }	Unnatürl. ver- größert.	Koord. aufge- hoben, Wimp teilweise er- loschen, Orts- bew. sistiert.	"	Sofern nicht ab- gestorben, krie- chen die Tiere lahm am Boden hin.
6.	"	5 St.	30 <sup>o</sup>	Selten $v_2$ als kontr. Vak. zu unter- scheiden von völliger Lähmung an alle Stadien bis A $5 \ 5 \ 4 \ 4 \ 7 \ 7$ A $5 \ 4 \ 4 \ 4 \ B \ 6 \ 6$	Ganz enorme Vergrößerung, hauptsächl. $v_3$ .	Vorwiegend Wimperbew. erloschen, Ko- ordination nie mehr erhalt, alles trägt, wie leblos am Bo- den.	Starke Blä- hung.	NB. Nach lang- samem Zusatz von frischem Wasser erhalten sich die Tiere teilweise jeweils langsam wieder, nachdem die Temperatur ge- sunken war.

Ansteigende Temperatur.

Wärme.

Datum, No.	Name	Zeit in:	Temperatur auf:	Kontraktile Vakuole		Wimper-, Ortsbewegung	Körpergestalt, Volumen, Innres	Allgemeine Bemerkungen.
				Rhythmus	Größe, Gestalt			
16.XII. 1887 2.	Paramecium aurelia	10 M.	27° C	Neben Lähmung A 8 7 B 5 7 7 7 C 3 3	Durchmesser stark vergrößert.	Herabgesetzt.	?	Nach Abkühlung schwimmen die Tiere schon 10 Minuten später wieder umher, Vakuole: A 5, B 4, 4 A 5, B 4, 4
3.	"	8 M.	"	Wie oben, aber auch 4 2 4 5 3 4	"	"	"	"
5.	"	3 M.	28°	A 0 3 0 B 8 9 9 0 0 9 9 9 C 10 10	v. vorwiegend diastolisch gelähmt, stark vergrößert.	"	Etwas gebläht.	Wo Lähmung der Vak. in Diastole, pulsieren die zuführenden Kanäle u. veranlassen nach 3 bis 5 Minuten teilweise Entleerung jener.
2. VI. 1888	"	2 St.	27°	Hier nur auf allg. Symptome geachtet!	nichts auffallendes. Normal.	Lebhaftes Umhertreiben.	Normal.	
8.	"	Es ergab sich nach 1 M. 20° 15 M. 25°						

## Ansteigende Temperatur.

## Wärme.

Datum No.	Name	Zeit in :	Temperatur auf:	Kontraktile Vakuole		Wimper-, Orts- bewegung	Körper- gestalt, Volu- men, Innres	Allgemeine Be- merkungen
				Rhythmus	Größe, Gestalt			
2. VI. 1888 S.	Paramecium aurelia	Es ergab sich nach 40 M. bis 1 St.	25 ° 25 °	?	?	Änderung d. Richtung, Drehung um Längsachse, langsameres Vorwärtskom- men bei rascher, aber nicht koord. Wimperbe- wegung.		
		1 St. 30 M.	27 °	?	Stark vergrößert.	Flimmerbewegung selten, meist jede einzelne Wim- per sichtbar. Tiere liegen meist angeschwollen ruhig, selten zuckendes Vorwärtsschnellen.		
		2 St.	27 °	?	?	Die Infusorien kriechen mühsam am Bo- den hin, verstecken sich unter Algen, stoßen an, drücken sich gegenseitig platt. Häufig sind die anhängenden Blasen größer als der Querdurchmesser der übrigen stark geblähten Zelle. Bewe- gung erlöschend, Verquellung überhand- nehmend, daher abgebrochen.		

Konstante Temperatur.

Datum No.	Name	Zeit	Temp.	Kontraktile Vakuole		Wimper-, Ortsbewegung	Körpergestalt, Volumen, Innres	Allgemeine Bemerkungen
				Rhythmus	Größe, Gestalt			
1. II. 1888 1.	Paramecium aurelia	18 St.	ca. 0°	A 4 5 6 6 5 7 7 6 ? 5 6 B ? ? 6 5 7	v <sub>2</sub> stark vergrößert, auch v <sub>1</sub> teilweise über normal	Wimperbwg. langsam oder erloschen; alle Tiere liegen auf einer Stelle; teilweise führen sie innerhalb eines vom ausgestoßenen Trichocystenfadens gebildeten Mantels kriechende Beweg. aus.	Stentorform, Kern von eigentümlichem Lichtbrechungsvermögen, ab und zu liegt er innerhalb einer Vakuole.	Im Plasma scheinbar molekuläre Strukturveränderungen vor sich gegangen zu sein, da der ganze Körper wie matiges schliffenes Glas aussieht.

Kälte.

Absteigende Temperatur.

Datum No.	Name	Zeit	Temp.	Kontraktile Vakuole		Wimper - Ortsbewegung	Körpergestalt, Volumen, Innres	Allgemeine Bemerkungen.
				Rhythmus	Größe, Gestalt			
31. I. 1888 1.	Paramecium aurelia	in 1 1/3 St. ges. auf -3°		A 3 3 3 B 6 6 6 ? ? ? ? ? ? C 2 4 5 D 3 4 3 4 3 E 4 F 6 4 4 4 ? ? 3 G 4 4 4	In einzelnen Fällen v <sub>2</sub> von der dort liegenden grossen Zahl Vakuolen nicht zu unterscheiden. Wenn dies möglich Größe auffallend	Ortsbewegung, wenn vorhanden, nur langsam, teilweise Drehung um Längsachse. Wimperbewegung meist ohne Koordination.	Stentorform nicht ganz deutlich ausgeprägt. Schwellung des Körpers deutlich sichtbar.	Auch hier Aussehen wie matiges schliff. Glas; obwohl die Tiere noch Lebensäußerungen zeigen, Kern schon seit längerer Zeit deutlich sichtbar.

## II. Kapitel.

## Chemische Einflüsse.

Während ohne Wirkung eines thermischen Agens Organismen nicht bestehen können, gelegentlich unserer Versuche also nur eine Steigerung oder Herabsetzung naturgemäß allerorts sich findender Einflüsse herbeigeführt wurde, ist es in bezug auf chemische Stoffe eine andere Sache. Normalerweise unterliegt ihrer Beeinflussung der Protozoenkörper nur insoweit, als kleine Mengen jener sich in jedem Wasser gelöst finden, wie Schwefel, Chlornatrium etc.

Diejenigen Substanzen aber, zu denen wir gerade griffen, kommen in der Natur mit Organismen, wie unsere Versuchsobjekte es sind, nicht in Berührung; wird dies aber auf experimentellem Wege künstlich herbeigeführt, so muß unter diesen ganz fremden Lebensbedingungen notwendigerweise das Leben der Zelle mehr oder minder gefährdet werden. Diese Stoffe erzeugen demnach schon durch die ihnen innewohnenden Eigenschaften, d. h. rein qualitativ, pathologische Zustände, die durch das Quantum der verwendeten Menge näher modifiziert werden.

Soweit über dieses Thema Arbeiten vorliegen, handelte es sich vorwiegend in denselben darum, denjenigen Konzentrationsgrad einer Lösung zu bestimmen, wo der Organismus abstirbt. Man hatte demnach also die praktische Frage der Desinfektion zumeist im Auge.

Dieses Vorgehen aber ist zum Studium der Eigentümlichkeiten des Zellebens nicht geeignet. Es bedarf hierzu einmal der Anwendung aller Mischungsverhältnisse, besonders der mittleren und schwachen, dann aber auch nur solcher Stoffe, die wirklich typische Symptome erzeugen.

Aus der Mitte solcher wurden unsererseits einige gewählt, die Untersuchungen aber erlitten insofern eine Beschränkung, als nur mit gleichbleibenden Konzentrationsgraden operiert wurde, also im Gegensatz zum vorigen Kapitel Variationen dieser Art wegfielen.

Ihrer chemischen Verwandtschaft nach zerfallen diese Substanzen, wie folgt:

## A) Tetanische Alkaloide.

1) Salpetersaures Strychnin  $C_{21}H_{22}N_2O_2$ .2) Antipyrin  $C_6H_5N$   $\begin{cases} \text{CO-CH} \\ \text{N-C} \\ \text{CH}_3 \text{ CH}_3 \end{cases}$ 3) Cocain  $C_{17}H_{21}NO_4$ .

B) Aromatische Verbindungen.

4) Antifebrin  $C_8 H_9 NO = N(C_6 H_5)(C_2 H_3 O)H$ .

C) Alkohole.

5) Chloroform  $CHCl_3$

6) Chloralhydrat  $C_2 H Cl_3 O = CCl_3 - CH - O$ .

A. Alkaloide.

Schon früh zogen die Alkaloide das allgemeine Interesse der Physiologen auf sich; mußte es doch auffallen, wie geringe Gaben derselben so ungemein heftige Wirkungen erzeugen, weit stärkere als ein gleiches Volum anderer Arzneimittel.

Aber trotz alledem war man bis heute nicht imstande, eine befriedigende Erklärung für die im Organismus entstehenden Veränderungen zu geben. Eine solche wird in bezug auf höhere Tiere, um die es sich meistens handelte, sicher erst dann in Angriff genommen werden können, wenn man sich darüber völlige Klarheit verschafft hat, wie die Grundsubstanz, das Plasma, gegen solche Behandlungsweise reagiert. Und hierüber Aufschluß zu geben, scheinen vor allen andern Organismen die einzelligen tierischen Wesen äußerst geeignet.

1. Strychnin.

Ganz im Einklange mit der Wirkungsweise der Alkaloide steht der Einfluß des Strychnins auf einzellige Organismen.

Um einen völligen Überblick zu gewinnen, wollen wir hier in kurzen Zügen erst das Verhalten der nach systematischen Grundsätzen gruppierten Versuchstiere kennzeichnen und sodann die allgemeinen Grundsätze ableiten.

Von Rhizopoden zeigten Amöben (*Hyalodiscus limax* DUJ.) (18) nach einem 15 Minuten andauernden Einfluß einer 0,01 % Lösung keine Bewegungserscheinungen mehr, vielmehr bei völliger Kontraktion alle Anzeichen eintretenden Zerfalles unter ungemein starker Vakuolisierung.

Bei „0,0001 % L. ca. 1 Stunde“ trat dasselbe ein.

*Actinosphaerium* Eich. stimmte im großen und ganzen hiermit überein.

Unter den Infusorien ergaben sich bei Behandlung mit 0,01 % L. folgende Resultate:

*Holotricha* (*Paramecium*) starben nach ca. 30 Minuten ab, indem der sehr stark aufgeblähte Körper platzte;

*Heterotricha* (*Stentoren*) nach ca. 1 Stunde, nachdem sie sich seit der 30. Minute zur Kugel kontrahiert hatten und ebenfalls reichlich mit Vakuolen erfüllt waren;

Hypotricha (Oxytrichen, Stylonychien) verhielten sich ebenso.; Peritricha (Carchesium, Vorticella) zeigten nach 1 Stunde sich nur erst ganz wenig beeinflusst, nach 2 Stunden zwar stärker, aber ohne schon abzusterben. Vorticella indessen war empfänglicher als Carchesium.

Hieraus geht hervor:

1) Bei Übereinstimmung der Hauptsymptome ist der Grad der Wirkung von Strychnin auf Protozoen nach Ordnungen, Familien etc. ein verschiedener, und zwar scheint mit der Höhe im System die Widerstandsfähigkeit zu wachsen. Individuelle Abweichungen fehlen auch hier nicht.

Die Symptome selbst ergaben sich bei Gebrauch starker und mittlerer Lösungen übereinstimmend für alle Infusorien, wie folgt:

Im ersten Stadium zeigen die Versuchstiere eine erhöhte Thätigkeit der Wimpern; sind Borsten vorhanden, so geraten diese in heftige Zuckungen; die Ortsveränderung ist eine unnatürlich rasche. Hierauf macht sich eine Unsicherheit im Steuern bemerkbar, es folgt starke Drehung um die Längsachse, wobei der eine Pol des Körpers aus der Drehungsebene heraustritt, der andere darin verharret, so daß als Bahn ein kegelförmiges Gebilde resultiert.

Nun tritt wegen Mangels einer Koordination der Wimperbewegung Unvermögen, vom Platze zu kommen, auf. Bald liegt die Mehrzahl der Tiere unter Fortdauer der Flimmerung lahm am Boden und sucht unter sichtlicher Anstrengung ruckweise vorwärtszukommen, was aber bald ebenfalls unmöglich wird. Die Beschleunigung der Wimperbewegung dauert größtenteils fort, und zwar bis zum Momente des Absterbens durch Quellung. In andern Fällen tragen halbverquollene unförmliche Plasmakugeln (der deformierte Zelleib) auf einer Seite der Peripherie Wimpern, die lebhaft hin und her peitschen, bis zum Momente, wo das Ganze zerfließt.

Unterdessen zeigten die kontraktile Vakuolen eine rasch zunehmende Verlangsamung ihres Rhythmus, die mit Lähmung in Diastole endet, schon lange vor Auflösung der Zelle. Der Durchmesser der kontraktile Vakuolen ist dabei sehr gewachsen; finden sich in einem Organismus deren zwei (Paramecium), so übertrifft die hintere ( $v_2$ ) die vordere an Größe.

2) Strychninwirkung macht sich nicht in gleicher Weise auf alle Teile der Zelle geltend; während die kontraktile Vakuole sofort in ihrer Funktion beeinträchtigt wird, sind die übrigen Lebensäußerungen von Anbeginn beschleunigt. Sie gehen teils unter die Norm zurück, um einen Übergang zur Lähmung sichtbar werden zu lassen. Dies bezieht sich aber nur auf die muskelbegabten Infusorien und

hier ohne Ausnahme allein auf die koloniebildenden. — Sonst aber bleibt das Erregungsstadium (von der kontraktiven Vakuole abgesehen) bis zum Moment des Todes in mehr oder minder bedeutendem Umfange bestehen, wie das Flimmerkleid deutlich lehrt. Im Gegensatz zu diesen Cilien aber tritt bei denjenigen der Wimperspiralen eine Verlangsamung, ja oft ein völliger Stillstand (Carchesium) ein.

Einer charakteristischen Erscheinung muß Erwähnung geschehen, die zwar auch andernorts auftritt, der Ausstoßung langer fadenförmiger Gebilde aus dem Ektoplasma einzelner Infusorien. Bei Wärme- und Kältewirkung undeutlich, boten sie hier sich völlig klar und deutlich der Beobachtung dar. Meist erschienen sie zu der Zeit, wo die Tiere ihre freie Ortsveränderung einbüßten. Sie sind bei Stentoren spärlicher und kürzer als bei Paramecium (Fig. 1). Sie konnten allein den Inhalt der hier längst bekannten „spindelförmigen Gebilde“ dargestellt haben. Denn vor ihrem Austritt hatte die äußere Zellschicht ein getüpfeltes Aussehen, was hernach nicht mehr zutraf.

Vergleicht man den erzielten Effekt starker Lösungen mit dem schwacher in bezug auf Zeitdauer, so kommt man zu folgendem Resultate.

Der Zustand der Lähmung tritt z. B. für Paramecium bei Gebrauch einer  $0,01 \frac{0}{0}$  Lösung nach 15 Minuten ein. Somit ließe sich für eine  $0,001 \frac{0}{0}$  Mischung ein größerer Zeitraum annehmen, um dasselbe eintreten zu sehen. Dies ist aber nicht so. Sogar für  $0,0005 \frac{0}{0}$  L. genügen 15—20 Minuten, was doch in keinem Verhältnisse steht zur geringern Konzentration.

Auch bei Actinosphaerium brachten relativ schwache Lösungen die Pseudopodien in derselben oder wie oben in kürzerer Zeit zum Schwinden als 10—100 mal stärkere Verhältnisse.

Brauchte z. B. eine  $0,003 \frac{0}{0}$  L. 4 Minuten, so waren für  $0,00001 \frac{0}{0}$  L. 8 Minuten nur erforderlich. Dort fehlten starke Quellungserscheinungen, hier erreichten sie eine bedeutende Höhe.

Ferner war zur Wiederherstellung der Pseudopodien nötig für „ $0,003 \frac{0}{0}$  L. 4 Minuten“ ein Aufenthalt in reinem Wasser von 2 Stunden, damit sich als Durchschnittsmaß eine Länge von 0,5 Teilstrichen ergab, so erforderte hingegen eine „ $0,00001 \frac{0}{0}$  L.: 8 Minuten Wirkungsdauer“ einen Aufenthalt im Wasser während  $2\frac{3}{4}$  Stunden, und doch fand sich als Maximum jener Gebilde nur eine Länge von 0,3 Teilstrichen.

Hieraus läßt sich entnehmen:

3) Mittelstarke Lösungen wirken in der Zeiteinheit intensiver als starke Konzentrationsgrade.

4) Mischungen von  $0,000\ 0001\ \frac{0}{0}$  und darüber bringen keinen merklichen Eindruck weder auf Rhizopoden noch Infusorien hervor, wenigstens in einer Zeit von 12 Stunden, also einen Zeitraum, in dem Fehlerquellen das Resultat nicht zu sehr beeinträchtigen.

5) Mischungen von  $0,01\ \frac{0}{0}$  vermögen von allen diesen Versuchstieren nur ganz kurze Zeit ertragen zu werden, 5 Minuten im Maximum. — Äußere Umstände setzen hier übrigens einem Weitergehen ein Ziel, denn schon aus  $0,05\ \frac{0}{0}$  L. krystallisiert das Strychnin häufig wieder aus, es ist also diese Zahl die Grenzmarke für die Löslichkeit dieser Substanz in süßem Wasser bei unserer Normaltemperatur von ca.  $16^{\circ}$  C.

Wie bereits angedeutet, liegen auch auf diesem Gebiete einige Arbeiten vor. So streift SCHULTZE <sup>1)</sup> vorübergehend die Strychninwirkung auf Amöben; auch BINZ kommt flüchtig darauf zu sprechen.

Eingehender beobachteten Strychnineinflüsse O. u. R. HERTWIG (86). Handelte es sich auch hier um das Verhalten der Eizelle, so lassen sich doch Stützen für die unsererseits dargelegten Ansichten dort finden. So z. B. <sup>2)</sup> in den Worten:

„Höchst auffällig (wirkt) Strychnin . . . Selbst bei hochgradiger Polyspermie sind die (Furchungs-)Hügel äußerst deutlich und nicht unwesentlich größer als bei normaler Befruchtung, während man doch hätte erwarten sollen, daß das Eiplasma weniger zur Bildung geeignet ist, wenn es an vielen Orten gleichzeitig in Anspruch genommen ist.“

Hieraus ergibt sich unzweifelhaft, daß ein erstes Stadium der Steigerung der vitalen Vorgänge im Plasma der Eizelle ebenso existiert, wie teilweise in dem des Infusorienkörpers (19).

Auch ein ähnliches Verhalten der Spermatozoen findet sich bei jenen Autoren sowohl direkt angegeben, als auch läßt es sich von unserem Standpunkt aus leicht erkennen.

„Wenn man Sperma in  $0,01\ \frac{0}{0}$  Strychnin überträgt, so leidet dasselbe anfänglich gar nicht. Nach 3 Stunden verlangsamte sich die Bewegung etwas, doch fällt diese Erscheinung nicht sehr in die Wagschale, da Sperma, welches lange Zeit im Meerwasser gelegen hat, ebenfalls Einbuße an Lebensenergie erfährt“ <sup>3)</sup>.

Obwohl nun gerade diese letzte Bemerkung geeignet erscheint, die Beweiskraft obiger Worte für in Rede stehende Zwecke abzuschwächen, müssen wir doch annehmen, daß das „leiden anfänglich

1) l. c. (1) S. 32.

2) l. c. (8) S. 127/128, ebenso S. 129 wie S. 29.

3) Ebenda S. 45.

nicht“ eben das Resultat der beschleunigenden Wirkung des Strychnins war. Dies um so mehr, wenn es an späterer Stelle heißt: „ . . . in mittelstarken Lösungen schwimmen die Spermatozoen noch nach 2 Stunden herum, lebhaft beweglich“<sup>1)</sup>).

Allerdings fehlen über die relative Beweglichkeit und die sonstigen Anzeichen nähere Angaben; es dürften letztere aber, deren einzig deutliches Anzeichen die Wimperbewegung ist, beim Fehlen dieser Gebilde hier kaum mit Sicherheit zu geben sein, es müßten denn die Geißeln sich ähnlich verhalten. Es läßt sich auch, das muß eingeräumt werden, ein direkter Vergleich nicht gut ziehen. Für das Infusor ist Wasser das Bereich des Lebens, Sperma leidet darin nach längerem Aufenthalt, die Lebensbedingungen sind sehr ungleiche. Es müßte eben hier eine „Kontrolle“ mit reinem, den Samen enthaltendem Wasser allein geeignet sein, alle Bedenken und Einwürfe zu entkräften.

Wie dem nun auch sein mag, das Verhalten des Eiplasmas wenigstens kann nur nach einer Richtung hin, und zwar mit voller Berechtigung zur Stütze unserer Behauptungen gedeutet werden.

Was Infusorien betrifft, so versuchte ROSSBACH (5 a) eine eingehende Schilderung ihrer Schicksale unter Strychninbehandlung, doch hat auch hier das oben gefällte Urteil Geltung.

Gleich anfangs treten Widersprüche mit unseren Befunden auf; wir verwendeten Lösungen von  $0,01 \frac{0}{0}$  bis  $0,000\,0001 \frac{0}{0}$ . Nun äußert sich ROSSBACH<sup>2)</sup>: „Bei Lösungen von 1:500 und 1:1000 traf ich, bis das Präparat unter das Mikroskop kam, kein einziges Infusor am Leben. Dasselbe war auch der Fall für 1:2000, 1:3000, 1:4000, die ich der Reihe nach untersuchte.“ — Als Versuchsobjekte dienten hypotriche Infusorien, mit denen unsererseits nun sofort begonnen wurde. Eine Notiz lautet: „ $0,01 \frac{0}{0}$  10 Minuten (Oxytricha): unter Kreisbewegungen, Krümmung des Körpers, teilweise beginnender Zerfall. In  $0,003 \frac{0}{0}$  L. hielt dasselbe Tierchen 1 Stunde lang aus, in  $0,005 \frac{0}{0}$  L.  $1\frac{1}{2}$  Stunden“ etc.

Daß ROSSBACH's Worten keine Geltung zukommen kann, dafür sprechen die Angaben von BINZ<sup>3)</sup>, daß Paramecien  $0,01 \frac{0}{0}$  Lösungen über mehr als 2 Minuten ertrugen. Es scheint, daß die hier sich findenden Darstellungen über Chinin und Morphinum irrthümlicherweise auf Strychnin übertragen wurden, obwohl BINZ deutlich erklärt, daß Strychnin „viel weniger stürmisch“ wirke als Chinin.

1) l. c. (8 a) S. 127.

2) l. c. (5 a) S. 222.

3) l. c. (4) S. 308.

Sonach müssen wir gegen ROSSBACH die oben gegebenen Darstellungen entschieden aufrecht erhalten.

Dieselben wurden übrigens durchgängig bestätigt durch Gebrauch von Fixierungsmitteln nach entsprechender Dauer der Strychninwirkung. Während in gewissen Stadien nach erfolgter Abtötung die Präparate sich von den direkt nach Entnahme der Tiere aus dem Wasser, d. h. ohne Vorbehandlung hergestellten keineswegs unterschieden, fielen sie in anderen Fällen, ganz wie es die früheren Resultate erwarten ließen, sehr gut aus. Starke Vergrößerungen gaben dann immer den nötigen Aufschluß über Einzelheiten und bewiesen, daß man sich auch in auf den ersten Blick zweifelhaften Fällen nach Fixierung mit Sublimat ohne Vorbehandlung durch scheinbar gute Erhaltung der Carchesienkolonien etc. nicht darf täuschen lassen. Stets macht sich eine lähmende Wirkung des Strychnins im letzten Stadium geltend, bei Infusorien mit kontraktilem Elemente, bestehend in gut erhaltener Streckung der Stiele und Körper (Fig. 2—4).

Bei Stentoren lieferten alle Variierungen der Schwächungsversuche keine befriedigenden Resultate, wenigstens im Vergleiche mit Carchesien. Immerhin glückte es in einzelnen Fällen, günstigere Erfolge zu erzielen, nur St. vir. und Roes. versagten jeweils.

Auch für die Demonstrationszwecke, wozu lebende kontraktile Infusorien oder Kolonien gebraucht werden sollen, scheint eine 0,01  $\frac{0}{0}$  Solution sehr geraten. Die Tiere werden bald ganz ruhig, strecken sich lang aus, das rasche Spiel der Körperwimpern, wie der Spiralen, welche letztere weit ausgestülpt werden, fällt sehr in die Augen. Dabei hat die Empfindlichkeit gegen mechanische Insulte sehr abgenommen, die Kolonie- oder Körperkontraktionen, an und für sich fast sistiert, werden durch mechanische Insulte gar nicht oder nur schwach herbeigeführt.

Während Stentoren, in genannte Lösung eingebracht, sofort verwendet werden können, ist für Carchesien eine ca.  $\frac{1}{2}$ -stündige Vorbehandlung ratsam.

Zur Herstellung von Dauerpräparaten erwiesen sich als Optimum die in der Erklärung der Abbildungen aufgeführten Verhältnisse, sowie die Einzelheiten in folgender Tabelle S. 36.

Die am lebenden Tiere prächtig sichtbaren Trichocystenfäden der Paramecien zu konservieren, mißlang stets, wohl wegen der Zartheit der Gebilde.

---

Nachstehend einige Versuche im einzelnen.

Datum No.	Name	Verfloss. Zeit	‰	Kontraktile Vakuole		Wimper, Ortsbeweg.	Körpergestalt, Volum, Inneres	Allgemeine Bemerkungen
				Rhythmus	Größe, Gestalt			
3. III. 87	Amöbe (Hyalodiscus)	1 Minute	0,01					Sofort Kontraktion des Körpers, die anhält. Körnchen im Innern in tumultuärischer Bewegung, die bald erlischt. Absterben.
6. IV. 87	"	1 M. 15 M. 20 M. 35 M.	0,0001	ungeeignet " " "				Ungemein rasche Bewegung, vielfält. Formveränderung. Pseudopod breit, lappig; durch unbekante Ursache plötzliche Kontraktion; sofort wieder Zerfließen, reichhaltiger Formwechsel. Trägeres Fließen der Pseudopodien und Körnchen, bald Kontraktion.
		Zusatz frischen reinen Wassers. 45—50 M. 50 M. 60 M.		" " "				Hervortreten eines hellen peripherischen Saumes am kugeligen Körper, bald Hervortreten von Pseudopodien.
		Wieder in Lösung 0,0001 gebracht. 1 St. 10 M. 1 St. 20 M.						Fortsätze breiter, langsame Körnchenströmung. Ermattung, Erlahmung der Bewegungen, hierauf Kontraktion, reichliche Vakuolisierung.
5. VII. 87	Stentor coer.	15 M. 30 M. 50 M. 1 St.	0,005	" " "				Lebhaftes Strudeln der Dick, birnförmig, mit kurzen Stielende. Einige Exemplare verquollen. Überlebender Rest: langsames Strudeln, wenige rascher. Große Vakuole im Stielende. Reichliche Vak. schreitet fort, Mehrzahl der Tiere kontrahiert und verquollen.

## Strychnin.

Datum	Name	Verf. Zeit	%	Kontraktile Vakuole		Wimper, Ortsbeweg.	Körpergestalt, Volum, Inneres	Allgemeine Bemerkungen
				Rhythmus	Größe, Gestalt			
Juli 88.	Paramecium aurelia	1 M.	0,01	Normal $v_1$ 5 5 5 $v_2$ 5' 5' 5'	Normal.	Rapide Ortsveränderung, beschleunigte Wimperbewegung.	Normal.	Bald schwimmend, bald ruhend. Körper von Krümmungen erfasst.
		5—10 M.		5 4 4 5' 4' 4'	Dm. gewachsen.	Vorwärts- u. Rückwärts-schnellen, plötzlich Anhalten.	Gebliät.	Mehrzahl lahm am Boden, nur kleiner Rest im Besitz freiwilliger Bewegung, Rotation um Längsachse.
		12 M.		3 oder gelähmt, $v_2$ sehr groß, altem Anschein nach völlig in Diastole gelähmt.		Wimperbewegung rapid ohne Koordination.	Stark gebliät. Vakuolisierung.	Ausstofung starrer Gebilde, "Trichozytenfäden".
		17 M.		$v_2$ vorwiegend diastolisch, d == über 2X normal, gelähmt. $v_1$ stark geschwächt, d == wenig über normal.			Starke Blähung des Hinterendes.	
		18 M. 20—25 M.		Gelähmt.	Wie oben $v_1$ groß.			Die bisher beweglichen Reste nun auch lahm am Boden. Quellungserscheinungen, dann rasches Absterben dertart, das gequollene Plasmakugeln an einer Stelle der Peripherie rapid strudelnde Wimpern tragen, deren Bewegung erst mit ihrer Auflösung erlischt. Der ganze Vorgang dauert 30 Sekunden.

Strychnin.

Datum	Name	Verfloss. Zeit	%	Kontraktile Vakuole		Wimper, Ortsbeweg.	Körpergestalt, Volum, Inneres	Allgemeine Bemerkungen
				Rhythmus	Größe, Gestalt			
12. VI. 87.	Carchesium polyp. Norm: 9 C. ; 18° 1 M.	1—5 M.	0,01	5 1 M., 1 M., 1 M., 6 1 M.	Normal.	Hefige rapide Bewegungen der Wimpern, Streckung der Kolonien häufig.		
		20 M.		A $\frac{1}{20S}$ , $\frac{3}{1M}$ , B $\frac{4}{1M}$ .	Gewachsen.	do.		
		30 M.			Bedeutend gewachsen.	do.	Stärkere Vakuolisierung.	Alle Einzelheiten sichtbar.
		35 M.		do.	do.	do.	Peristomrand weit vorgestülpt. Körper wie Schema im einzelnen sichtbar.	Seltene Stielkontraktion. Ruhe auffallend.
		1 St.		Vorwiegend $\frac{1}{1C}$ . oder Lähmung.	do.	Spirale teilweise stillstehend. Stiele starr ausgestreckt.	Angezeichnete Streckung.	Auf mechanische Insulte keine od. geringe Reaktion, nur Kontrakt. einzelner Individuen.
		2 St.		Völlige Lähmung.	Starke Vergr.	Starke Vakuolisierung, völlige Ruhe. Koloniekontraktion fehlend.	Angequollen. Fehlendlicher Linien. Im allgemeinen lange Streckung.	Teilweise kontraktile Stiele, mit kontraktilen abgestorbenen Tieren. Muskeln unversehrt. Rest der Stiele lang und starr ausgestreckt.

## Strychnin.

Datum	Name	Verfoss. Zeit	%	Kontraktile Vakuole		Wimper, Ortsbeweg.	Körpergestalt, Volum, Inneres	Allgemeine Bemerkungen	
				Rhythmus	Größe, Gestalt				
Juni 1888.	Vorticella. Normal: $\frac{8 \text{ C.}}{1 \text{ M.}}$	5 M.	0,01	$\frac{8-7 \text{ C.}}{1 \text{ M.}}$ , $\frac{7 \text{ C.}}{1 \text{ M.}}$		Alles übrige normal.			
		10 M.		$\frac{5-6}{1 \text{ M.}}$ , $\frac{5 \text{ C.}}{1 \text{ M.}}$	Gewachsen.	Starke Beschleunigung d. Bewegung d. Wimpern.	Etwas vergröß. Lange Ausstreckung.		
		15 M.		$\frac{5-6}{1 \text{ M.}}$ , $\frac{5 \text{ C.}}{1 \text{ M.}}$	Gewachsen.	Koloniezackungen.	Vestibulum aufgebläht.	Durch Aufblähung des Reservoirs neben kontrakt. Vakuole, zweite derselben gröfse.	
		20—30 M.		$\frac{A}{40\text{S.}}$ , $\frac{B}{40\text{S.}}$ , $\frac{1}{40\text{S.}}$		Spirale in zuckender Bewegung, die sich auf d. Plasma überträgt u. dasselbe „rüttelt“.			
		40—50 M.		$\frac{A}{70\text{S.}}$ , $\frac{1}{70\text{S.}}$ , $\frac{B}{120\text{S.}}$		Erlahmt.			Ab und zu ganz schwache Stielkontraktion.
Juni 1888.	"	1 St.		Allgem. Lähmung	Starke Vergrößerung.	Ganze erlahmt. (abgebrochen.)	Beginn der Abrundung und Kontraktion.	Stiele teilweise kontrahiert.	
		5 M.	0,001	$\frac{5-6 \text{ C.}}{1 \text{ M.}}$	Normal.	Rapides Strudeln der Spirale.	Lange Ausstreckung d. Kolonie.	Körper teilweise kontrahiert hydropisch.	
		10—20 M.		$\frac{5 \text{ C.}}{1 \text{ M.}}$ , $\frac{5 \text{ C.}}{1 \text{ M.}}$ , $\frac{5-6 \text{ C.}}{1 \text{ M.}}$ , $\frac{3 \text{ C.}}{1 \text{ M.}}$		Gesteigert, bald rapid verlangsamt.	Lange Streckung.	Häufige Stielkontraktion, sonst nichts Abnormes.	
		30—50 M.		$\frac{3}{1 \text{ M.}}$ , $\frac{4}{1 \text{ M.}}$ , $\frac{0}{1 \text{ M.}}$	Gewachsen.				"
		1 St. 1 St.—1½ St.		$\frac{0 \text{ C.}}{1 \text{ M.}}$ , $\frac{0}{1 \text{ M.}}$ , $\frac{0}{1 \text{ M.}}$ , $\frac{0}{1 \text{ M.}}$		Langsam, Spirale als Saum erscheinend.	Zwei Vakuolen von gleicher Größe, eine kontraktile Vakuole, die andere aufgebläht.	Bald Abrundung der Körper und Stielkontraktion.	"

Datum	Name	Dauer der Vorbehandlung	Fixierungsmittel	Körpergestalt	Wimperspirale	Peristomgegend	Stiele	Allgemeine Bemerkungen
29. V. 88.	Stentor Roes.	0,01% 15 M.	Konzentrierte Subl.-Lösung.	Keine annehmbaren Resultate, obwohl zuvor nach dem Aussehen der Tiere solche zu erwarten waren.				
1. V. 88.	Stentor polym.	"	"	Etwas besser, doch immer noch kein annehmbares Ergebnis.				
5. I. 88.	Carchesium polyp.	0,01% 1 St.	2% Osmiumsäure.	Gleichseitig. Dreieck, an einer Spitze Stiel inseriert. Im Innern Vakuolisierung.	Als kontinuierliche Membran nicht erkennen, auf d. optisch. Querschnitt rechts u. links ein Wimperschopt.	Nur selten deutlich erhalten, meist nur Andeutung eines Peristomwulstes, oft derselbe ganz fehlend.	In mehr oder minderen Spiraalen aufgerollt, nie völlig kontrahiert, so daß Windung auf Windung liege.	Bisweilen Ansatz des Stiels, d. h. der Ursprung des Stielmuskels aus dem des Körpers sichtbar. Teilweise geben Flüssigkeitsansammlungen d. Vestibulum etc. wieder.
29. V. 88.	"	Fig. 2. 3.	Konzentrierte Subl.-Lösung.	Rundlich.	Völlig eingezogen.	Verschwunden.	Vorwiegend kontrahiert.	
"	"	0,01% 1/3 St.	"	Im großen und ganzen wie oben (5. I. 88.)				
"	"	1 St.	"	Resultat ungünstig, obwohl vor der Fixierung völlige Lähmung obzuwalten schien und Körper wie Muskel prächtige Streckung und Entfaltung darboten.				
"	"	2 St.	"	do.				
"	"	0,08% 1 St.	"	do.				
"	"	0,007 — 0,005 je 1 St.	"	Noch vor der Abtötung hochgradige Empfänglichkeit für alle Reize, daher Resultat schlecht.				
"	"	je 2 St.	"	Teilweise wie 0,01% 1 Stunde.				
"	"	0,003% 5 St.	"	Optimum vgl. Deutsche Wieder-gabe, exoräther Teil vom endoräther Teil abgehoben.				
"	"	Fig. 4.	"	Lange Streckung.				
"	"	"	"	Ganz wenig kontrahiert, Ansatz der Muskeln, Verlauf etc. deutlich sichtbar.				Ganz wenig kontrahiert, Ansatz der Muskeln, Verlauf etc. deutlich sichtbar.
"	"	"	"					Flüssigkeitsansammlungen geben teilweise den Mundapparat wie im Schema wieder; Vestibulum, Reservoir, Oesophagus teilweise ganz deutlich.

## 2. Antipyrin.

Dieses zweite, unseres Wissens noch nie geprüfte Alkaloid weicht in wesentlichen Punkten, was seine Wirkung betrifft, von Strychnin ab.

Schon ein oberflächlicher Blick auf die angefügten Tabellen genügt, um zu sehen, daß durchweg stärkere Lösungen im Gebrauch waren als oben. Trotzdem fehlten die früher gefundenen Symptome gänzlich, oder es mangelte ihre Stärke. Durch alle Versuche also zieht sich eine konstante Erscheinung:

1) Antipyrin wirkt weniger ungestüm als Strychnin, auch um das Zehnfache stärkere Prozentsätze mußten weit längere Zeit wirken als dieselben des Strychnins, um typische Anzeichen sichtbar werden zu lassen, und dann fielen dieselben nie so prägnant aus. Eine Folge hiervon ist die, daß sich über die Widerstandsfähigkeit der einzelnen Infusoriengruppen Genaueres nicht eruieren ließ. Nur individuelle Schwankungen waren auch hier konstant. Den Untersuchungen im Speziellen that sodann ein weiterer Umstand in unliebsamer Weise Einhalt: es löst sich Antipyrin in Wasser völlig nur im Verhältnis 0,1 : 100. Mit dieser stärkstmöglichen Konzentration ließ sich im Laufe von ca. 1 Stunde Folgendes finden:

Während direkt nach Beginn der Behandlung sich nichts Außergewöhnliches zeigte, traten nach 10—15 Minuten Beschleunigungszustände ein. Die Bewegungen des Wimperkleides wurden lebhafter, die Tiere schwammen mit mehr Lebhaftigkeit umher. Erst später (ca. 30. Minute) wurde das Strudeln der Cilien sehr rasch, wo Borsten sich fanden, schlugen dieselben unausgesetzt in höchst unnatürlicher Weise im Wasser hin und her.

Zwischen der 40. und 60. Minute änderte sich die Art und Weise der Fortbewegung; die Infusorien hielten die einmal eingeschlagene Richtung nur kurze Zeit ein, jagten dann zurück, bald wieder vorwärts, rechts und links hin. Drehungen indessen fehlten noch. Bald wurde das Rückwärtsschwimmen allgemein, überhaupt war ein Moment höchster Erregung zu konstatieren. Schnell aber trat Rückgang ein, die Individuen kreisten im Ringe umher, immer noch mit dem Hinterende voran. Der Durchmesser der Bahn verkleinerte sich mehr und mehr, während die Geschwindigkeit

der Bewegung wuchs. Schließlich war nur mehr Drehung um einen Punkt, also eine Dorsoventral-Achse, zu sehen. Nun traten aus dem Munde ganze Plasmaballen aus. Die kontraktile Vakuole verharrte unterdessen mit sonst nie beobachteter Konstanz auf ihrem normalen Rhythmus; ja im Moment höchster Steigerung wuchs ihre Frequenz ein wenig, kehrte aber bald wieder zur Norm zurück, um dieselbe nicht mehr zu verlassen.

Tritt nun bezeichnete Rotation ein, dann verschwindet plötzlich die kontraktile Vakuole (Hypotricha), statt ihrer tritt Streifung parallel zur Längsrichtung des Zelleibs auf; sie rührt von Flüssigkeitsansammlungen her. Der Körper verliert nun rasch seine Gestalt, bläht sich auf und wird in der Form verunstaltet. Die austretenden Buckel haben einige Ähnlichkeit mit den Pseudopodien der Lobosen. Erst schiebt sich ein ganz heller Ausläufer vor, in den körniges Plasma langsam gedrängt wird. Verquellung, in den entsprechenden Fällen an der Spitze der Borsten beginnend, führt das Ableben der Tiere unter Platzen des Körpers herbei. Auch hier setzen die Wimpern in verschiedenen Fällen ihre rapide Thätigkeit fort, bis sie selbst verquellen.

Die genannte Erregung hatte einen weit höheren Grad erreicht, als dies nach Strychninbehandlung der Fall war.

Hieraus folgt:

2) Antipyrin erzeugt im Infusorienkörper langsam, aber schließlich doch sehr energische Steigerung der Lebensäußerungen. Auch die kontraktile Vakuole wird davon ergriffen, ja späterhin niemals diastolisch gelähmt. Ihr Verschwinden erfolgt, wo es auftritt, nach vorhergegangener Systole.

3) Nur die stärksten Mischungen haben alle Symptome im Gefolge; in schwächeren (von 0,01  $\frac{0}{0}$  an) leben manche Infusorien 24 Stunden und länger.

4) Auffallend ist alsdann die reichliche Vakuolisierung des ganzen Körpers (Paramecium) bis zu dem Grade, daß größere odere kleinere Bläschen die ganze Zelle prall anfüllen.

Das bei Stentoren und Vorticellen, insbesondere bei Carchesien auftretende Stillstehen der Wimperspirale ist nicht als Paralyse der Plasmateile anzusehen, denn mit einem Male beginnt auch nach längerer Zeit wieder die „rapide“ Strudelbewegung; scheint sie aber späterhin ganz erloschen, so beweisen Fixierungsversuche, daß das Plasma nur wenig oder gar nicht beeinflußt war. Die

Körperform bleibt im Gegensatz zu den Erfolgen nach Strychninbehandlung stets nur dürrftig erhalten, auffallend ist ferner die Verkürzung des Längsdurchmessers vom Stielende nach der Peristomgegend. Letztere kann bisweilen, wie die Spirale, etwas sichtbar sein, der ganze Körper aber scheint in angegebener Richtung, nicht kontrahiert, wohl eigentümlich zusammengedrückt.

Gegen alles Erwarten zeigten die Stiele bezw. deren Muskeln einen so hohen Grad der Streckung trotz Anwendung mehr reizender Fixierungsmittel, daß hier ein lähmender Einfluß nicht geleugnet werden kann.

Für Stentoren blieben die Abtötungsversuche allgemein gleich Null; auch *Spirostomum ambiguum* kontrahierte sich völlig, fast zum Ellipsoid, Körpermuskeln scheinen demnach durch Antipyrin in anderer Weise beeinflußt zu werden als die kontraktile Elemente der Stiele.

---

Umstehend einige Versuche.

Antipyrin.

Datum	Name	Zeit	%	Kontraktile Vakuole		Wimperbeweg.	Körpergestalt etc.	Allgem. Bemerkungen.	
				Rhythmus	Größe				
30. XII. 1887	Oxytricha. Rh. normal: 5, 5, 5, 5.	1—5 M.	0,1 $\frac{0}{0}$ bei 19° C.	NichtsAbnormes	Normal	Beschleunigt	Borsten ruhig		
		10—15 M.		(4—5), 5, 4, 5, 5		Sehr rasch			
		20—30 M.		"		Rapides Strudeln			
		30—40 M.		5, 5		Ungemein rapid			
		50—60 M.		"		Kreisbewegung StarkeAustreibung			
2. I. 1888	"	1St.—1St.10M.	0,05%	Vak. verschwunden, nach Voll- bringung einer Systole an ihrer Stelle Längsstreifung durch Flüssigkeit	Normal		UnförmlicheMasse die rotiert bis zum Verquellen	Ausspeien von Plasma, bald Bildung von Bu- ckeln.	
		1 St. 20 M.		5, 5 5, 5		"			
		1—30 M.—1 St.		NichtsAbnormes		Vorübergehend rapid			Auch die Wimperspirale in äußerst lebhafter Be- wegung.
		1St.—1St.20M.		5, 5, 6		"			
		1 St. 30 M. 2 St. 6 St. 24 St.		5, 5, (4—5), 5, 4 " " "		Ganz normal " "			
	Kontr. Vak. oft schwer, oft gar nicht aufzufinden. Wo sichtbar, normal								

## 3. Cocain.

Auch über die Wirkung dieser Substanz auf Infusorien wie Protozoen überhaupt ließen sich in der ganzen Litteratur Angaben nicht finden.

O. und R. HERTWIG (8a) zogen zwar dieses Agens in den Kreis ihres Experimentierens. Infolge wenig vielfältiger Reaktion der Eizelle aber sind die Resultate mit den unserigen wohl in bezug auf das Endergebnis, nicht aber die einzelnen Stadien, wie dies für Strychnin zutraf, übereinstimmend.

Betrachten wir zunächst das Verhalten der einzelnen Protozoengruppen.

Von Rhizopoden ertrugen Amöben (*Hyalodiscus*) (18) eine Lösung von  $0,01 \frac{0}{0}$  unter Erhaltung ihrer Bewegungsfähigkeit nur 5—10 Minuten. Sie kontrahierten sich sodann zur Kugel, starke Vakuolisierung wurde sichtbar. Für  $0,001 \frac{0}{0}$  ergab sich ähnliches Verhalten, die Bewegung erlosch nach 30—40 Minuten.

Infusorien sind weniger empfänglich. Paramecien starben in  $0,05 \frac{0}{0}$  L. nach 2 Stunden, lebten dagegen in  $0,01 \frac{0}{0}$  L. nach dieser Zeit noch weiter, der großen Mehrzahl nach wenigstens.

Stentoren zeigten für „ $0,5 \frac{0}{0}$  L. : 15 Minuten“ eingetretene Kontraktion und Beginn des Aufquellens. Sie lebten dagegen in  $0,05 \frac{0}{0}$  L. noch nach einer Stunde. Zerfall trat ein in  $0,01 \frac{0}{0}$  L. nach ca.  $1\frac{1}{2}$ -ständiger Behandlung. Für  $0,005 \frac{0}{0}$  L. fehlten dagegen Anzeichen merklicher Beeinflussung noch nach 8—10 Stunden; sie traten erst nach 12 Stunden ein. Letzteres war der Fall für  $0,0001 \frac{0}{0}$  L. nach 15—20 Stunden. Stentor Roes. indessen reagierte etwas früher.

Weit empfindlicher sind die Hypotrichen (*Oxytricha*, *Euplotes*).

In  $0,1 \frac{0}{0}$  L. trat Zerfall ein nach 10 Minuten (*Stylonychia*).

„  $0,05 \frac{0}{0}$  L. „ „ „ „ ca. 40 Minuten.

In  $0,005 \frac{0}{0}$  L. fand nach 2 Stunden noch Bewegung statt, allgemeine Verquellung ließ sich konstatieren nach ca. 15 Stunden.

Fassen wir dieses zusammen:

1) Cocain wirkt auf Rhizopoden stärker ein als auf Infusorien, doch läßt sich irgend ein Zusammenhang zwischen Stellung im System und Widerstandsfähigkeit letzterer nicht finden. Carchesien allein werden, wie durch andere Agentien, so auch dieses am wenigsten stark beeinflußt.

2) Im Gegensatz zur Strychninwirkung ist jedes erzielte Resultat ein Produkt, gebildet aus Energie (d. h. relativer Stärke der Lösung) und Zeitdauer. Bei Erhöhung eines der beiden Faktoren bleibt das Resultat konstant, wenn der andere in entsprechendem Maße verringert wird.

Dieses Gesetz hat Geltung noch für 0,005 % Mischungen.

3) Unter Fortfall des stürmischen Eingriffes, wie ihn Strychnin zeigte, charakterisiert sich jede Cocainbehandlung folgender Art:

Zuerst tritt ein kurzes Stadium ganz schwacher Erregung ein; ausgeschlossen bleibt die kontraktile Vakuole.

Es folgt sodann ein rasch um sich greifender Zustand andauernder tiefgreifender Lähmung, bei starker Vakuolisierung und Blähung des Zelleibes, der immer mehr und mehr zunimmt. Nach Einstellung aller und jeder Bewegungsäußerung, sowohl der Zelle als Gesamtheit, wie der einzelnen Teile, treten Quellungen auf, es löst sich der Zellkern auf (Stentor), das Ganze zerfällt. Der kontraktile Apparat, gleich von Anbeginn in seiner Funktion beeinträchtigt, wird sehr bald ungemein vergrößert und steht hierauf diastolisch still.

Was das Erregungsstadium betrifft, so nimmt dasselbe nie solche Dimension an, wie wir es in den früheren Kapiteln sahen. Es wurde dasselbe daher in den Tabellen als „rasche Bewegung“, „schnelles Strudeln“ bezeichnet im Gegensatz zum „rapiden“. Dieses fand sich nur ganz vereinzelt für kurze Augenblicke.

Der Zustand der Lähmung ließ sich aus dem Verhalten der Wimperspiralen stets deutlich erkennen. Momentaner Stillstand derselben ist zwar auch sonst für Stentoren nichts Fremdes, indessen mit dem hier Gesehenen nicht zu verwechseln, wo minutenlang bei völliger Ruhe jede einzelne Wimper sichtbar blieb. Oft „flottierten“ nur die Spitzen, der basale Teil hingegen erschien als kontinuierlicher Saum (Carehium, Stentor).

Für eine hochgradige Plasmalähmung sprach sodann in gewissen Fällen die Beschaffenheit der Flüssigkeitsansammlungen (Fig. 5). Nicht selten riß bei Anwesenheit zweier pulsirender Blasen der die beiden trennende Raum entzwei, eine lange Spalte zog sich hindurch, prall mit feuchten Medien angefüllt. Aus dem deutlichen Hervortreten einer, den ganzen Binnenraum begrenzenden Plasmalinie ging hervor, daß es an Versuchen, eine Kontraktion herbeizuführen, nicht fehlte. Die Entleerung gelang auch meist nach 5—10 Minuten, worauf zunächst nur zwei kontraktile Vakuolen erschienen, bald aber ein neuer Durchbruch erfolgte.

Selbstverständlich ertrug das Infusor solch tiefgehende Abänderungen der Atmung nicht lange. Auch Aussackungen wurden gebildet, in die sich die im Körper überschüssige Flüssigkeit drängte (Fig. 6).

Wie nach Strychninwirkung wurden auch hier Trichocysten-fäden sichtbar.

Erwähnung verdienen die krampfartigen Kontraktionen des Körpers, wie Stentoren solche aufwiesen. Niemals führten sie eine Entleerung der weit dilatierten Blase nebst Zuführungskanal herbei, es trat dieselbe vielmehr später jeweils, wenn auch sehr langsam, so doch selbständig ein. Man wird kaum fehlgehen, diese Erscheinung auf direkte Muskelreizung, sei es infolge der unnatürlichen Blähung und Zerrung der äußeren Schicht oder unmittelbaren Einwirkung des Cocains zurückzuführen.

Nachdem für Cocaineinflüsse auf sehr frühen Stadien schon ein Zustand weitgehender Lähmung feststand, konnte von einer Fixierung auch ein ganz günstiges Ergebnis erwartet werden. Dies bestätigte sich denn auch im vollsten Maße und hiermit unsere ganze Auffassung.

Sogar Stentoren gaben bei entsprechender Behandlung ganz annehmbare Präparate, wie sie auf andere Weise überhaupt nicht herzustellen sind. Flüssigkeiten alterierten zwar bisweilen die mikroskopische Struktur des Plasmas etwas. Während, wie allerorts, Vorticella unverwendbar erschien, eignete sich Carchesium ausgezeichnet zur Fertigung entsprechender Dauerpräparate (Fig. 7).

Der Körper erschien gegen Strychninanwendung noch viel mehr langgestreckt, nur die Peristomgegend und Wimperspirale zeigten nicht immer dieselbe gute Entfaltung. Die Stiele waren im allgemeinen mehr kontrahiert, es fanden sich aber auch ganz steile Spiralen, die von einer völligen Streckung sich nur wenig unterschieden. Das Innere des Zellkörpers füllten einige Vakuolen aus, von denen sich die „kontraktile“ durch ihre Größe abhob. Vestibulum und die an dasselbe grenzenden Apparate fanden sich nur selten von Flüssigkeit erfüllt und daher nicht sichtbar. Strychnin hatte in bezug hierauf bessere Dienste geleistet.

Leichte Quellungen hatten ab und zu kaum sichtbare Köpfung der Wimpern herbeigeführt.

Beifolgend in den Tabellen einige Einzelheiten.

Datum	Name	%	Zeit	Kontraktile Vakuole		Wimper-, Ortsbewegung	Körpergestalt, Volumen	Allgemeine Bemerkungen.
				Rhythmus	Größe, Gestalt			
Juli 1887	Stentor viridis.	0,03%	10. M.	Hier ungeeignet!	Erst nach Ein-	Beide sehr lebhaft.	Lange Streckung mit langem, dünnem Stielende.	Stielende lang erhalten.
	Norm 4 C. 1 M.		35. M.	tritt der Rube:	Gewachsen.	Vorwiegende Verlangsamung oder Ruhe.	Starke Blähung.	
			50. M.	2 C. 2 C. 5 M. 5 M.		Ruhig auf einer Stelle. Wimperspir. in träger Beweg.	Ung. starke Blähung, so dafs die Mündöffnung als „Loch“ in einer grossen hohlen Tonne erscheint; an deren Wandung zieht sich reifartig der Kern hin.	Lange Form in kurzgestellte Übergängen, mit dickem, plumpem Vorderende.
			1 St.	1-2 C. 2 C. 5 M. 5 M.	?	Wimperspir. gelähmt, funktioniert nur noch.	Große Flüssigkeitsansammlungen.	Körper dick u. plump, mehr rundlich ohne Stielende. Peristom-gegend weit nach vorn gewölbt; infolge der starken Blähung der spirallige Trichter des Mundes in einer Ebene gelegen.
Mai 1887	Oxytricha.	0,1%	2 M.	v <sub>1</sub> ? v <sub>2</sub> 2 neben v <sub>3</sub> 2	3 2 0 0 4 0 3 ? 0	1 St. 10 M. abgebrochen.	Ruhiges Umherschweben, nichts Abnormes.	
	Norm 3-4 C. 1 M.		5 M.	v <sub>1</sub> 1 v <sub>2</sub> 1 v <sub>3</sub> 0		Ruhe, Wimperbew. verlangsamt.	Große stark gewachsen.	
	NB. in Teilung begr. Individuen, teilw. mit 3 Vak.		7 M.	Seit 2 M. Keine Systole mehr.	„	Ruhe.		Plötzlich unter Verquellung rascher Zerfall.



Fixierungs-Versuche.

Cocain.

Datum	Name	o/o	Zeit	Kontraktile Vakuole		Wimperbewegung der ador. Spirale	Körpergestalt, Volumen	Allgemeine Bemerkungen.
				Rhythmus	Größe, Gestalt			
25. I. 1887	Carchesium polyp. Norm: $\frac{8-9 \text{ C.}}{1 \text{ M.}}$	0,1 o/o	4 M.	$\frac{6 \text{ C.}}{1 \text{ M.}}, \frac{8 \text{ C.}}{1 \text{ M.}}, \frac{6 \text{ C.}}{1 \text{ M.}}$	Nicht abnorm.			Wimperspirale eingezogen, heftige Koloniekontraktion. Koloniekontraktion bisweilen.
			10 M.	$\frac{4-10 \text{ K}}{1 \text{ M.}}$	Gewachsen.	Teilweise beschl., aber nie rapid, daneben trüges Strudeln.	Lang Streckung, leichte Bihbung.	
			20 M.	?	"	"	Rundung, etwas gebläht.	
			30 M.	$\frac{6 \text{ C.}}{30 \text{ S.}}$	Sehr grofs.	Äußerer Teil eingezogen, innerer strudelt rasch.		
25. I. 1887	Carchesium polyp.	0,1 o/o	50 M.	Lähmung teilweise.	"	Beide Teile ausgestülpt, nur flottierend.	Lang gestreckt.	Stiele direkt unter Ansatzstelle aufgerollt, im übrigen steile Windungen zeigend. Koloniekontraktion selten. Bisweilen das aufgeblähte Vestibulum sichtbar.
			1 St.   1 St. 10 M.	Lähmung teilweise,	Grofs, oft durch Aufbl. d. Reservoirs, daneben 2. Vak., die sich nicht kontrahiert.	Sehr gut im einzelnen sichtbar.	Lang ausgestreckt, bisweilen etwas mehr rundlich.	

### Übersicht der Alkaloidwirkung.

Aus den voranstehenden Einzelbetrachtungen ergibt sich:

1) Unter den untersuchten Alkaloiden wirkt Strychnin am heftigsten. In seiner Beeinflussung lassen sich zwei Stadien unterscheiden, ein erstes der Beschleunigung, ein zweites der Lähmung.

2) Weniger stürmisch ist die Wirkung des Cocains. Die Periode der Lähmung ist ausgedehnter auf Kosten des Erregungsstadiums.

3) Im schroffen Gegensatz hierzu steht das Antipyrin. Hier wird das Stadium der Steigerung aller Lebensäußerungen bis zum Maximum erhöht. Es wird somit das zweite sich sonst einstellende weit hinausgedrängt oder abgeschwächt. Vom Stielmuskel abgesehen, kann es sogar gänzlich fehlen.

Bei Strychnin- und Cocainbehandlung erleidet die kontraktile Vakuole eine sofortige Beeinträchtigung in ihrer Funktion, worauf mehr oder minder rasch Lähmung in Diastole sich einstellte.

Durch Antipyrin hingegen wird dieser Apparat anfänglich gar nicht angegriffen, in seiner Funktion höchstens ein wenig gesteigert. Paralyse fehlt völlig; in einzelnen Fällen verschwindet die pulsierende Vakuole systolisch ganz aus der Zelle.

Es wird demnach die Wirkung dieser Stoffe auf den Organismus anders erklärt werden müssen, als dies geschah. Ausgehend von der Thatsache, daß bei Sauerstoffmangel die kontraktile Vakuole in ihrem Rhythmus verlangsamt und schließlich diastolisch unter starker Vergrößerung des Volumens gelähmt wird, war man geneigt (5), auf diese Vorgänge zurückgreifend, die Hypothese aufzustellen, als mache sich die Wirkung der Alkaloide geltend in einer Herabsetzung der Oxydationsvorgänge im Innern der Zellen, deren Steigerung schließlich das Ableben der Organismen nach sich ziehe.

Wäre diese Annahme nun richtig, so müßte auch das Antipyrin gleich seinen Verwandten Vakuolenlähmung herbeiführen, was aber, wie wir sahen, nicht zutrifft. Da nun unsererseits das plötzliche Verschwinden der pulsierenden Blase sonst niemals beobachtet wurde, es fernerhin für peritriche Infusorien als konstant nicht nachgewiesen werden konnte, wäre es verfrüht, hierauf jetzt schon neue Vermutungen stützen zu wollen. Es mag daher vorerst dieser Hinweis genügen.

Anderweitig (5) ist zwar von ähnlichen Erscheinungen die Rede; sie konnten aber nicht nachgeprüft werden, da die dort

verwendeten Stoffe uns zu fern lagen. Auch war nur von einem „Kleinerwerden“, nie Verschwinden fraglichen Gebildes die Rede; diese Angaben nun ohne weiteres hier zu verwerten, verbot im Hinblick auf andere Erfahrungen die Vorsicht, eine genaue Kritik und Vergleich hätte aber für uns zu weit geführt.

## B. Aromatische Verbindungen.

### 4. Antifebrin.

Auch über dieses Agens fehlten bisher Angaben betreffs seines Einflusses auf einzellige Organismen.

Die gemachten Versuche nun sprachen alle einstimmig für eine sanftere, wenn auch deshalb nicht weniger energische Wirkung dieser Substanz. Typische Symptome traten deshalb nicht so auffallend auf wie bei anderen Versuchen, fehlten indessen keineswegs. Es ergab sich:

1) Auf Antifebrinbehandlung reagieren die einzelnen Infusoriengruppen gänzlich abweichend; auch die Widerstandsfähigkeit ist eine verschiedene und läßt sich mit der höheren oder niederen Organisation in keinen Zusammenhang bringen, sowenig als mit der Fixation im Gegensatz zur freien Bewegung.

Individuelle Schwankungen traten auch hier auf; als möglichst starke Lösung war im Gebrauch 0,1% Mischung.

2) Die Symptome sind zunächst eine mäßige Herabsetzung der Kontraktionsfrequenz der Vakuolen im ersten Stadium.

Das Weitere ändert sich nach dem Grade der Resistenzfähigkeit. Ist dieselbe groß, wie bei Paramecium, Glaucoma etc., vielleicht der Mehrzahl der Holotricha, so folgt auf beschriebenen Zustand allmähliche Erholung, es kehrt der normale Rhythmus wieder. Bei geringerer Resistenz (Hypotricha) tritt Ableben unter fast völliger Aufhebung der Funktion in Rede stehenden Apparates ein. Wirklich diastolische Lähmung zeigt sich erst im Momente der Verquellung, ohne daß aber der Durchmesser des Gebildes sich stark vergrößert.

Eine Beschleunigung der Wimperbewegung für Momente findet sich ebenso bedeutend wie die durch gewisse Alkaloide veranlaßte jedoch nur an den Cilien der Wimperscheibe der Peritrichen. Hier stellen sich auch sonst Abweichungen ein. Sofort nach Be-

ginn der Behandlung zucken die Kolonien (Carchesium) mehrmals heftig zusammen. Hat sich hierauf Stiel und Körper wieder ausgestreckt, so bleiben die Wimperspiralen noch länger völlig eingezogen. Sie entfalten sich sodann, um rasch zu strudeln, stehen aber sehr frühe still, um nunmehr nur noch ein momentanes Aufleben zu zeigen. — Die normalerweise häufigen langsamen Kontraktionen der Kolonien „in toto“ wurden währenddem immer seltener und erstrecken sich nun nur auf einzelne Zweige oder gar Individuen. — Auch Stentoren machten diese Stadien, soweit sie auf sie Bezug haben, durch. Es ist also

3) das Endresultat der Antifebrinwirkung eine mehr oder minder weitgehende Plasmalähmung.

Für schwächere Lösungen und lange Zeitdauer traten Blähungen und reichliche Vakuolisierung auf.

Ob die bei Carchesium gesehene rapide Einziehung der Wimperspiralen als Tetanus der betreffenden Muskelgruppen aufzufassen ist, darüber konnte ein Aufschluß mit Sicherheit nicht gefunden werden. Überhaupt bleibt es sehr fraglich, ob eine solche Lokalisierung von Reizen bei diesen niederen Tieren angenommen werden darf. Körper wie Stiele behielten ja ihre, wenn auch herabgesetzte, Beweglichkeit.

Daß übrigens die durch Antifebrin herbeigeführten Lähmungszustände nicht weitgehende sind, dafür sprechen die Abtötungsversuche. — Die Wahl der Fixierungsmittel blieb für den Erfolg ganz gleichgültig.

Hervorzuheben ist, daß einzig Spirostomum ambiguum, nach einem Einfluß 0,001  $\frac{0}{0}$  Lösung während 18 Stunden, ausnehmend gut erhalten blieb (Fix. d. Sublimatlösung). Der Längsdurchmesser war nur wenig verkürzt, sonst alle Einzelheiten, selbst die kontraktile Vakuole mit Zuführungsgang deutlich sichtbar. Es verdient dieses Ergebnis deshalb Erwähnung, als es im Rahmen von Parallelversuchen mit allen Agentien das einzig befriedigende blieb.

Inwieweit indessen auch Antifebrin zu technischen Zwecken gut verwertbar ist, soll später gezeigt werden.

---

Als Belege mögen folgende Versuche dienen.

Antifebrin.

Datum	Name	%	Zeit	Kontrakt. Vak.		Wimperfimmerung, Ortsbewegung	Körper, Volum etc. Inneres	Allg. Bemerkungen.
				Rhythmus	Gestalt			
Juni 1888	Glaucoma (4-5), 5, 5 normal	0,05 ‰	Nach 15 M.	4, 4, 4	Normal.	Alles ganz völlig normal.		
			30 M.	4, 4, 4, 3	"			
			40 M.	do.	"	Wimperstrudeln rasch. Ortsbewegung normal.	Etwas Blähung.	Am Hinterende einige Trichocystenfüden; sie überragen die Wimpern, fallen durch Starrheit auf.
"	Carchesium polyppinum 8 C, 20° C. 1 M.	0,1 ‰	1 St.	A 2-3 C, B 2, 2 1 M.	Neben d. kontr. Vakuole eine zweite ruhende	Ortsbeweg. lebhaft. Blähung. Wenige Fälle von Stehen od. unbehoh- fem Schwimmen.		Hinterende höher stehend als das vor- dere, auch etwas mehr Blähung in jener Region.
			2 St.	A 3, B 4, C 5	Durchmesser um $\frac{1}{2}$ d gewachsen.	"Stehen" am Boden. Unbeholfenes Schwimmen.		
			3 St		Wieder völlig normale Verhältnisse. Abgebrochen.			
"			5 M.	5-6 1 M.	Normal.	Wimperspirale überall eingezogen, häufige Kolontiektion.		
"			10 M.			Wimperspirale überall ausgestülpt, Körper lang gestreckt, selten „rapides“, Strudeln der Spirale.		

## Antifebrin.

Datum	Name	%	Zeit	Kontrakt. Vak.		Wimperbewegung, Ortsbewegung	Körper, Volum etc. Inneres	Allg. Bemerkungen.
				Rhythmus	Gestalt			
Juni 1888	<i>Carchesium</i> <i>polypirum</i> 8 C., 20° C. 1 M.	0,1 %	Nach 20—30 M.	3 C. 3 C. 1 M. 1 M.		Allerorts „rapides“ Strudeln, wodurch die Tiere auf den Stielen hin und her pendeln. Rap. Str. auf einzelne Tiere beschränkt, „Pendeln“ auf Stiele übergangen.	Gestalt länglich	Einige Exemplare bei rascher Stielkontrak- tion abgerissen. Stiele meist lang ausge- streckt.
			30—40 M.					
			1 St.	„	Wenig größer.			
			1 St.—1 St. 20 M.	2—3 C. neb. 2 C. 1 M. 1 M.	Schnelles An- wachsen nach der Systole.	Wimpeln der Spirale werden langsam ein- gezogen		
			1 St. 30 M.	2—1 C. neben 1 M. 1 C. „ C. 2 M.		Träges Strudeln.	Lange Glockenform. Wenn freiwill. Kon- traktion vorhanden, nie völlige Rundung des Körpers.	
			2 St.	1—2 C. Max. 1 M.	Wenig ver- größert.	„	Körperform etwas ver- kürzt, Vakuolisie- rung. Koloniekon- traktion selten.	
			2 St. 20 M.	„	„	Unter langsamem Einziehen der Spirale Kontraktion des Körpers, Aufrollen der Stiele.		

## C. Alkohole.

## 5. Chloralhydrat.

Dieses Agens wurde insofern etwas stiefmütterlich behandelt, als es zuletzt und zu einer Zeit geprüft ward, in der geeignetes Material an Protozoen sich nur spärlich vorfand. An Stelle des bequem zu beobachtenden *Carchesium* trat die zarte und kleinere *Vorticella*, auch diese nur in geringer Zahl vorhanden. Indessen gab *Paramecium* auch hier die ersten Anhaltspunkte, *Carchesium* war gelegentlich der Orientierungsversuche im ganzen schon fixiert worden, ein Ausfall in dieser Hinsicht ist also nicht zu beklagen.

Die Zahl der Experimente indessen ist eine weit geringere als die mit anderen Stoffen, so viel aber ließ sich sofort erkennen, daß die Wirkung des Chloralhydrat auf die einzelnen Protozoengruppen eine völlig ungleiche ist.

*Amöben* ertrugen 0,1  $\frac{0}{0}$  Lösungen über  $\frac{1}{2}$  Stunde, trotzdem sie zuvor seit 1 $\frac{1}{2}$  Stunden mit schwächeren Mischungen der Reihe nach behandelt waren. Es schien sogar, als ob die stärkere Konzentration erregend wirkte.

*Paramecium* lebte in derselben Mischung 1 $\frac{1}{2}$  Stunden, wobei sich allerdings pathologische Anzeichen einstellten. Dasselbe gilt für 0,05  $\frac{0}{0}$  L.

*Carchesium* hielt in 0,1  $\frac{0}{0}$  L. über 2 Stunden aus, auch *Stentor* lebte noch, wenn auch völlig kontrahiert.

Hypotriche Infusorien sind weit empfänglicher; *Oxytricha* bot für „0,1  $\frac{0}{0}$  L. 1 Stunde“ alle Anzeichen starker Beeinflussung dar. Somit ist wirklich

1) die Wirkung von Chloral auf die verschiedenen Abteilungen der Protozoen nicht gleichmäßig. Allem Anschein nach sinkt mit der Stellung im System die Empfänglichkeit.

2) Chloral ruft im Gegensatz zu anderen Stoffen typische Symptome erst nach längerer Wirkung hervor.

Diese Ansicht teilen auch O. u. R. HERTWIG (86) in bezug auf die Eizelle der Echinodermen: „0,1  $\frac{0}{0}$  Lösung zeigte nach 10 Minuten Wirkungsdauer keinen merklichen Einfluß . . . Denn als Eier 4 Uhr 15 Minuten bis 4 Uhr 25 Minuten in . . . (dieselbe) gebracht worden waren, wurden sie normalerweise befruchtet und teilten sich . . . Dasselbe trat ein, als die Einwirkung noch um 10 Minuten verlängert wurde.

Auch eine 0,2  $\frac{0}{0}$  Lösung wirkte nicht bei kurz bemessener

Zeitdauer . . . Wenn die Lösung länger als 10 Minuten wirkte, zeigten sich Störungen.“

Bei Infusorien reagierten bei Gebrauch starker Lösungen einzig zuverlässig die kontraktile Vakuolen (Paramecium). Ihr Rhythmus sank ganz allmählich bis auf die halbe Norm, worauf sehr bald Stillstand in Diastole eintrat. Schwache Prozentsätze hatten nur Herabsetzung zur Folge, zur Lähmung kam es in absehbarer Zeit nicht.

Die Wimpern erlitten in ihrer Funktion unterdessen eine kurzdauernde, wenig intensive Beschleunigung. Diese ließ sich auch an der Spirale von Vorticella konstatieren, ging aber hier allem Anschein nach bald in Paralyse über, die jedoch der durch Cocain erzeugten nachsteht. Aus diesem Grunde fielen die Ergebnisse der Fixierung zwar besser als nach Antifebrineinfluß, aber dennoch nur mäßig aus (Fig. 8).

Eigentümlich war gegen sonst das Absterben von Vorticella in Chlorallösung, ohne daß Abtötung durch Fixationsmittel stattfand. Während normalerweise beim Eintritt des Todes die Stiele sich kontrahieren, und zwar auf dieselbe Weise, wie es im Leben unzählige Male geschah, war solches hier nicht der Fall. Vielmehr bewegte sich der Zelleib gleich einem im Kreise geschwungenen Steine in weiter Bahn. War er am Ausgangspunkte angekommen, so zeigte sich am distalen Ende des Stieles eine Windung. Kurz „n“ Umläufen entsprach immer dieselbe Anzahl spiralförmiger Umgänge, deren jeder fest auf dem unteren lag. Dies dauerte so lange, bis gleichsam auf Umwegen das erzielt war, was auf der Höhe des Lebens das Tier mit einem Ruck, d. h. einer energischen Stielkontraktion hätte erreichen können.

Trat ein Hemmnis in den Weg, so ruhte auch die Bewegung so lange, bis die Bahn frei ward. Nie aber war der Muskel imstande, kleinere tot umherschwimmende Infusorien beiseite zu drängen oder gar eine Strecke weit mitzuschieben.

Hier also handelte es sich ohne Zweifel um einen weiter fortgeschrittenen Lähmungszustand. Es ist also

3) das Endergebnis der Chloralwirkung die Herbeiführung einer schwachen Lähmung des Plasmas wie der Muskeln des Körpers. In vereinzelt Fällen scheinen die Stielmuskeln indessen hochgradig affiziert zu werden. — Ferner:

4) Schwächere Lösungen führen nach entsprechender Wirkungsdauer eine starke Vakuolisierung des Körpers, verbunden mit Quellungserscheinungen, herbei.

5) Nur selten werden Trichocystenfäden ausgeschmelt. Ihr Auftreten ist nur auf einzelne Partien des Hinterendes beschränkt (Paramecium). Die Köpfung im oberen Drittel war auch hier sichtbar.

Nachstehend einige Versuche!

Chloralhydrat.

Datum.	Name.	%	Zeit.	Kontraktile Vakuole		Wimper-Bewegung	Körper, Gestalt, Volumen.	Allgemeine Bemerkungen.
				Rhythmus.	Größe, Gestalt			
Juli 1888.	Paramecium aurelia	0,1 %	30 M.	$v_1$ 5 5 5 5 6 5	Normal.	Lebhaftes Umhertreiben, Wimpern in lebhafter Bewegung.	Normal.	Am Vorderende einige Trichocystenfäden ausgeschnellt, an deren oberem Drittel Anschwellung; sie überragen als starre Gebilde die Wimper, geraten aber durch deren Strudeln in schwankende Bewegung.
	$v_2$ 6 6 6 6			$v_1$ A 5' 5 B 6' 6				
	Norm: $v_1$ 6 6 6 6 $v_2$ 6' 6' 6' 6		50 M.	Durchschnitt: 5	Etwas gewachsen. Kontr. energisch.	"	Leichte Blähung.	
			60 M.	Teilweise $v_1$ 3 3 $v_2$ 3 3	Blasen im Umkreise. Vak. gewachsen.	Auf einer Stelle stehend, Rotation um Längsachse.		
			1 St. bis 1 St. 15 M.	$v_1$ 2 $v_2$ 2	Durchmesser d. Vak. gleich dem $\frac{1}{3}$ Körperdurchm. in der Quere gerechnet.	Erst Ruhe, dann plötzlich rasches Vor- u. Rückwärtsschwimmen. Kurze Zeit darauf wieder ruhig am Boden liegend.	Austreibung von Bukeln an verschiedenen Stellen, die an Zahl rasch zunehmen.	Zuführende Kanäle sehr groß geworden, haben sich teilweise in Vakuolen aufgelöst, die aber nie pulsieren. Ihr kontr. Vak. zu gelegenes blasig aufgetriebenes Ende bildet einen Kranz großer Vakuolen.
			1 St. 30 M.					Symptome noch verstärkt, teilweise Absterben; alle Tiere ruhig am Boden.

Datum.	Name.	%	Zeit.	Kontraktile Vakuole.		Wimper-Bewegung.	Körper, Gestalt, Volumen.	Allgemeine Bemerkungen.	
				Rhythmus.	Größe, Gestalt				
August 1888.	Paramecium aurelia.	0,05	5—30 M.	v <sub>1</sub> 6 6 6 6 6 6 v <sub>2</sub> 6' 6' 6' 6' 6' 6' etc.	Im Umkreise der kontrakt Vakuole ein Kranz bleibend. Blasen.	Alles gänzlich normal.			
			1 St.	v <sub>1</sub> 6 6 7 7 v <sub>2</sub> 5' 5' 6' 6'					
	(Auderer Versuch an demselben Tag.)		2 St.	6 6 B 5 6' 6' B 5					
			5 St.	5 5 B 5 5' 5' B 6					
			17 St.	v <sub>1</sub> 4 ? 4 ? v <sub>2</sub> ? ? 3 ? ? 4	v <sub>1</sub> wenig größer. v <sub>2</sub> bedeutend gewachsen.	Bewegung langsam und schwerfällig. Wimper in „zitternder“ Bewegung.	Wenig gebläht. Flüssigkeitsansammlung.	Bei stärkerer Vergrößerung (2/VIIIa Reichert) lassen sich feine Flüssigkeitsstreifen in der Längsrichtung des Körpers sehen. Solche, etwas größer, ziehen auch von einer kontraktiven Vakuole zur anderen. Teilweise Trichocystenfäden ausstoßen, das übrige wie oben.	
			19 St.	A 5 B 5 C 4 4 5 4 5 5 5	Wieder mehr normale Dimensionen.	Im Uhrglass langs., träge Bewegung; unt. Mikrosk. Stillstehen, um Drehung um Längsachse.	Vakuolisierung.		
			22 St.	4 neben 4 5 4		Plötzlich wirbelnde Vorwärtsbewegung, dann wieder Anhalten.		Im allgemeinen eine Erholung zu konstatieren, die immer mehr zunimmt.	

## 6. Chloroform.

Mit diesem Stoffe läßt sich seiner Flüchtigkeit wegen nur schwer operieren; Ungenauigkeiten sind sodann nicht zu vermeiden. Dazu kommt, daß der direkte Zusatz von Chloroform in Wasser rasch eine fettige Entartung des Plasmas nach sich zieht, ein Umstand, der auch HERTWIG<sup>1)</sup> für Eiplasma auffiel und als „eigentümliche glasige Beschaffenheit“ bezeichnet wurde.

Obwohl die Anwendung von Dämpfen ihr Mißliches hat, ein präzises Urteil über die relative Stärke auch nie zu fällen ist, Fehler demnach notwendigerweise mit unterlaufen müssen, ließen sich an Infusorien doch einige typische Merkmale konstatieren. Zu diesen gehört zunächst die ungeweine Länge, das starre Aussehen der sofort auf der ganzen Oberfläche des Zelleibs zu Tage getretenen Trichocystenfäden. Am dichtesten standen dieselben um den hinteren Pol des Körpers (Paramecium). Hierbei muß bemerkt werden, daß die auf manchen Abbildungen (20) in jener Region als „Trichocysten, deren Fäden bereits nach außen herausgeschneilt sind“, benannten, durch ihre Länge vor den anderen Wimpern ausgezeichneten Fäden mit jenen nichts gemein haben. Sie wurden nach Erlahmung der Wimperbewegung stets und zwar als bewegliche Cilien erkannt, zwischen denen, doppelt so lang, unsere Trichocystenfäden starr herausragten.

Soviel sich an den entnommenen Abbildungen erkennen ließ — die Tiere zerfielen jeweils rasch, und fixierende Agentien verunstalteten sie gänzlich — lag leichte Lähmung vor, was nach Analogien auf Herabsetzung der Kontraktionsfrequenz der pulsierenden Blasen schließen ließe. Auch hatten dieselben einen Durchmesser gleich einem Viertel oder Drittel der Körperbreite, was unserer Annahme noch mehr Berechtigung giebt. Kleinere oder größere Erhebungen über die Oberfläche der Zellgrenze sprachen für Quellungszustände, die eben wegen der raschen Plasmaveränderungen sich näher nicht untersuchen ließen.

## Übersicht der Alkoholwirkung.

Soweit ein Vergleich und Zusammenfassung möglich, ergibt sich für die den Alkoholen angehörigen Substanzen Folgendes:

1) Durch Chloralhydrat wie Chloroform wird die kontraktile

1) l. c. (8 b) S. 38.

Vakuole in ihrem Rhythmus verlangsamt und schließlich bei Gebrauch stärkerer Gaben sistiert.

Hand in Hand hiermit geht eine mäßige Blähung des Zellleibes.

2) Das Endergebnis ist Plasmalähmung, für Chloralhydrat hauptsächlich auch an den Stielmuskeln hervortretend.

3) Ob Erregungszustände vorhergehen, bleibt fraglich, Beschleunigung der Wimperfunktion ließ sich an Infusorien nur als momentane Erscheinung konstatieren, deren Natur eben darum fraglich bleibt.

4) Der Reiz des Chloroforms auf das Protoplasma ist stärker als der des Chloralhydrats. Dort reagierte der Körper auf seiner ganzen Oberfläche durch Ausstoßung von Trichocystenfäden, hier blieben diese Gebilde mehr lokalisiert. Ersteres Agens wirkt sodann degenerierend auf das Plasma ein.

---

#### Kombinationen einzelner Agentien.

Diese Art der Untersuchung fand nur in beschränktem Maße Verwertung, nur dann, wenn sich hierdurch wirklich ein Überblick oder Beweis für die Richtigkeit dargelegter Ansichten in ganz augenfälliger Weise finden ließ.

War sich Strychnin- und Wärmewirkung darin ähnlich, daß sie in gewisser Hinsicht im ersten Stadium Erregungszustände hervorrief, so mußten letztere bei gemeinschaftlicher Beeinflussung des Organismus durch beide Agentien verstärkt auftreten.

An *Carchesium* ließ sich dies nun in der That in eklatanter Weise zeigen, nur steckte die Organisation dieser Tiere einer sehr weiten Ausdehnung des Experimentes ein Ziel. Sei es infolge höherer Temperaturwirkung oder infolge der zu häufig und heftig sich folgenden Koloniekontraktionen, kurz der Stielmuskel war meist bald zerrissen, der Körper mit vielen Vakuolen erfüllt.

Der damalige Mangel an besagten Versuchsobjekten gebot weiterhin Einhalt, was auch für eine Kombination mit Antipyrin galt. Soviel aber ward aufs deutlichste eruiert, daß die Angaben über diesen Stoff richtig sind. Nachdem nämlich entsprechende Strychninbehandlung an *Carchesium* deutlich eine langsame, ja intermittierende Bewegung der Wimpern der Spirale erzeugt hatte, wurde möglichst viel Flüssigkeit abgesaugt und unter das Deckglas ein beträchtliches Quantum Antipyrinlösung 0,01  $\frac{0}{0}$  gegeben.

Es erfolgte nun ganz außerordentlich „rapide“ Thätigkeit, dem sich nach einiger Zeit völlige Ruhe anschloß.

Vereinigte Wärme- und Antifebrinbehandlung ergab ganz gute Resultate am selben Material, wie sogar an Stentor, dessen Erhaltung nach Vornahme der Fixierung als Optimum unserer sämtlichen Variationen bezeichnet werden muß; dasselbe gilt auch für Carchesium. In beiden Fällen steigerte eine rasch ansteigende Temperatur, auf konstante folgend, den Gesamteffekt (Fig. 9 u. 10). Die Wimperspirale allein wurde in voller Deutlichkeit nicht wiedergegeben.

Nachträglich wurde zu Antipyrin nochmals gegriffen, um sein Verhältnis zur Chloralhydratbehandlung festzustellen, und umgekehrt. Hier diente Vorticella als Objekt, es liegt aber nur eine Probe, nicht eine Reihe von typischen Versuchen vor.

Etwa einstündige Antipyrinwirkung 0,01 % L. hatte die übliche „rapide“ Wimperbewegung erzeugt; nach Zusatz von Chloral 0,1 % L. herrschte nach 15 Minuten völlige Ruhe, alle Einzelheiten der Spirale traten hervor. Hierauf kam wieder Antipyrin hinzu. Es trat Stiel- und Körperkontraktion ein, die Peristomgegend verschwand, mit ihr die Spirale. Letztere wurde nach einiger Zeit wieder ausgestülpt, zeigte jedoch keine Spur von Thätigkeit. Erst nach ca. 10 Minuten stellte diese sich ein, aber nur am endoralen Teile, nach weiteren 10 Minuten in einzelnen Fällen am exoralen und hierauf allgemein an beiden Zonen, etwa um die 30. Minute.

Abermals trat sofort wieder Chloralhydrat an Stelle des andern Agens, wobei weder Stiel- noch Körperzusammenziehung sich sehen ließ, die Spirale aber in ihrer bisherigen Entfaltung verblieb. Nur vereinzelt ließen sich Koloniekontraktionen beobachten, wobei aber nur das obere Drittel jedes Muskels in Aktion trat, der größere Rest starr blieb. 10 Minuten vergingen, jetzt erst standen die Spiralen für Augenblicke still und zeigten langsames Strudeln. Diese Anzeichen wuchsen 5 Minuten lang, bis fast völliger Stillstand obwaltete. Nach 15 Minuten Chloraaleinfluß folgte wieder ein solcher von Antipyrin.

Sofort kontrahierte sich Körper und oberes Stieldrittel und verhartete länger so, bis zuerst die Wimpern und bald der ganze Apparat erschien, nun allerdings ohne Thätigkeit erkennen zu lassen. Fixierung mit Sublimat ergab: „Körper entgegen dem Zustand vor der Abtötung schlecht erhalten, eine Längsstreckung immerhin sichtbar. Von der Wimperspirale nur die Cilien spitzen her-

vorragend. Die Stiele erreichten einen bisher nie gesehenen Grad der Streckung; einige sind völlig starr und gerade, andere im proximalen Viertel kontrahiert, weiter im Drittel, während die übrige Stielpartie völlig gerade sich ausdehnt. Wo in seltenen Fällen auf der ganzen Länge Kontraktion auftrat, liegt gegen sonst hier niemals Windung fest auf Windung.“

Um jede Täuschung fernzuhalten, folgte sofort ein ähnlicher Versuch mit Cocain-Antipyrineinfluss.

Auf Cocain  $0,1 \frac{0}{0}$  folgte nach  $1\frac{1}{2}$  Stunden Antipyrin  $0,01 \frac{0}{0}$ . Trotz vorhergegangenen Stillstandes der Wimperspirale trat auch hier bald Beweglichkeit derselben ein, unter vorhergegangener Stiel- und Körperkontraktion. Auf die starke Strömung konnte dieser Effekt nicht zurückgeführt werden, denn bei stärkerem Zusatz von Cocain fehlte er gänzlich.

Völlige Klarheit hierüber zu erreichen, muß der nächsten Zukunft überlassen werden, eines aber ergab sich hier mit Sicherheit, daß es für diese niederen Organismen in bezug auf Alkaloide Antagonisten giebt.

Gestützt auf Experimente an höheren Tieren nahm man bisher an (21):

1) Es giebt keinen doppelseitigen physiologischen Antagonismus zwischen der Wirkung zweier Gifte im Sinne von Plus und Minus, weder auf die Funktion einzelner scharf begrenzter Organe und Organteile, noch auf die Rettung des Lebens.

2) Wirken zwei Gifte auf denselben eng begrenzten Organteil, bei einer gewissen Dosierung, im entgegengesetzten Sinne, das eine lähmend, das andere erregend, so hebt nur das lebende Gift die Wirkung des erregenden auf.

3) Das einen Organteil erregende Gift hebt unter keinen Umständen die vorhergegangene Wirkung eines lähmenden Giftes auf.

Weitere Versuche müssen diese Widersprüche erst lösen. Das sei nur bemerkt, daß unsrerseits mit der größten Genauigkeit alle Stadien und deren Symptome verfolgt wurden.

Als Belege nachstehend einige Einzelheiten an der Hand von Versuchen.

Kombination von Agentien.

Datum	Name	Vorbehandlung	deren Resultat	Fixiert mit	Nach	Resultat der Fixierung.
1. 25. I. 1888.	Steutor coer.	Wärme+Antifebrin. 1 St. 30° C dann Antifebrin 0,1 % L. Hierauf rasche Erw. auf 35° C.	Lange Streckung, alle Einzelheiten der Zelle gut sichtbar.	Konz. Subl.-Lösung.	15 M. Einwirkung v. 35° C.	Fast gänzlich so erhalten wie vor der Fixierung.
2. 4. I. 1888.	Carthesium polyp. Fig. 9 aa	a) 1 St. 30° C, dann Antifebrin 0,1 % 15 M.	Normales Aussehen. Selten Koloniekontraktion, Körperform länglich, Wimperspirale wenig eingezogen, in träger Bewegung.	2 % Osmiumsäure-Lösung	Sofort	Körper langgestreckt, mehr als bei allen andern Versuchen mit Agentien. Wimperspirale u. Peristom meist sichtbar, Wimpern teilweise eingezogen.
	Fig. 9 bb.	b) 1 1/3 St. 30° C, dann Antifebrin 0,1 % 15 M.	"	"	"	Stiele wenig oder gar nicht kontrahiert.
3. 4. I. 1888.		c) 1 St. 30° C, dann rasch auf 35° erwärmt, hierauf 0,05 % Antifebrin 15 M.	Stiele lang gestreckt, nur selten Koloniekontraktion, dann auch Stiele nur wenig aufgerollt. Kontr. Vak. sehr groß, Rhythmus verlangsamt, viele Tiere abgelöst, was bei der Größe der Kolonie wenig auffällt. Einzelne Exemplare unter Körper- u. Stielkontraktion schon abgestorben.	Konz. Subl.-Lösung	Sofort nach Ablauf genannter 15 Min.	Stielansatz gut sichtbar. Auffallend die starke Längsstreckung des Körpers, bei weniger allgemeiner Ausbreitung der Wimpern der Spitzen.
			Stiele lang gestreckt, nur selten Koloniekontraktion, dann auch Stiele nur wenig aufgerollt. Kontr. Vak. sehr groß, Rhythmus verlangsamt, viele Tiere abgelöst, was bei der Größe der Kolonie wenig auffällt. Einzelne Exemplare unter Körper- u. Stielkontraktion schon abgestorben.			Resultat wie oben, von den früher schon abgestorbenen Zweigen abgesehen 15 sehen.

## Färbungsversuche „intra vitam“.

Die Anwendung von Farbstoffen zum Tingieren von Zellen und Geweben hat gerade in neuerer Zeit eine ungemeine Ausbildung erhalten (22), da auf diesem Wege Einzelheiten erkannt werden können, die sich sonst jeder Wahrnehmung entziehen.

Nach den anfänglichen Ergebnissen war man geneigt, anzunehmen, daß eine Färbung des Plasmas im lebenden Zustand unmöglich sei, weil die Zelle Farbstoffe von außen alsdann weder in sich aufnehme oder im Zellsaft enthaltene nicht aufspeichere.

Um so unerwartet kamen daher die Angaben PFEFFER'S (23), daß die Pflanzenzelle allerdings Farbstoffe während ihrer vollen Lebensthätigkeit eintreten lasse.

Jedoch hatten schon 1881 K. BRANDT und M. L. HENNEGUY über die Möglichkeit der Tingierung lebender Zellen geschrieben. Hier anknüpfend stellte CERTES weitere Versuche mit ähnlichen Stoffen an (24).

Von den hier verwendeten wurden unsrerseits „Malachitgrün“, von denen PFEFFER'S „Cyanin“ in bezug auf ihren Einfluß auf Infusorien sowohl, als andre mikroskopische Wasserbewohner nachgeprüft. Der Erfolg für „Cyanin“ war nun gleich Null, während der zweite Stoff allerdings Färbung veranlaßte, jedoch die Angaben CERTES' sich als unrichtig erwiesen. Nur in Rücksicht hierauf findet dieses Thema hier Beachtung.

Es sei bemerkt, daß CERTES' Vorschriften genau innegehalten und die Stoffe im gleichen Wasser gelöst wurden, in dem die Tiere leben. Auch für gewissenhafte Filtrierung wurde Sorge getragen. Über die Stärke der Lösung allerdings können Zahlenwerte nicht gegeben werden, was überhaupt kaum möglich sein dürfte. Es wurde unsrerseits mit einer gesättigten, tief dunkelgrünen Mischung begonnen und der folgenden stets die halbe Stärke der vorhergehenden gegeben.

## a) Cyanin.

Mit Ausnahme einer einzigen Variierung endeten, wie angedeutet, alle Experimente mit negativem Resultat, soweit Infusorien in Betracht kommen. Dabei zeigte sich in vielen Fällen bei einer Zeitdauer von 1—14 Tagen und entsprechendem sich steigenden Zusatz einer Anzahl von Tropfen desselben Mischungsverhältnisses in Zuchtgläsern ein höherer oder minderer Grad von Färbung der darin enthaltenen Algen.

Paramecium, Spirostomum, Stentor, Oxytricha, Rädertiere und Nauplius-Formen erwiesen sich, wenn lebend, stets auch nicht im geringsten Grade koloriert.

Gestützt auf die sich hiernach bildende Ansicht, daß solches bei normalem Stoffwechsel überhaupt für genaunte Tiere unmöglich sei, wurde folgender Versuch angestellt:

In drei Uhrschalen wurde je einer Portion lebensfrischer Spirostomen dasselbe Quantum gleich starker Lösung von Cyanin zugesetzt, von der aus früheren Versuchen bekannt war, daß dieselbe erst nach 5 Stunden tödtlich wirken würde, sonst aber keinen Einfluß habe.

Ein Glas blieb im geheizten Zimmer bei 18° C stehen, das zweite wurde einer Temperatur von 30° C im Brütoven, das dritte der von 0° C ausgesetzt. Es ergab sich nach 3½ Stunden:

a) Kälte (0° C).	b) Wärme (30° C).	c) Zimmertemp. (ca. 16° C).
Alle Exemplare im Absterben begriffen. Quellungserscheinungen, trotzdem noch keine Spur von Färbung der Infusorien. Algen etc. tingiert.	Einige Infusorien lang ausgestreckt, mit gr. kontr. Vakuole. Leichter bläulich-grüner Schimmer, teilweise auch natürliche Farbe.	Noch lebend, doch von großen Vakuolen erfüllt, keine Färbung. Nach Zusatz von Sublimat völlige Kontraktion.

Inhalt der kontraktilen Vakuole stets deutlich gefärbt.

Inhalt der kontraktilen Vakuole ungefärbt.

Andere Experimente verliefen wie folgt:

Große Dose mit aufgeschliffenem Deckel, Inhalt etwa  $\frac{1}{8}$  Liter Wasser, darin Algen und Infusorien. Zusatz von:

12 Tropfen einer Cyaninlösung 16. II. 88.

22. II. 88 Algen etwas gefärbt. Infusorien nicht.

12 Tropfen hinzu 22. II. 88.

25. II. 88 einige Paramecien, allem Anschein nach ganz wenig gefärbt, Algen dunkler als zuvor.

6 Tropfen hinzu 25. II. 88.

27. II. 88 kein Einfluß bemerkbar, normale Farbe, vielleicht einige Nauplius leicht tingiert. Algen noch dunkler blau-grün.

24 Tropfen hinzu 27. II. 88.

3. III. alles wie früher, Algen fast schwarz-grünblau.

50 Tropfen hinzu 3. III. 88.

9. III. 88 keine Veränderung.

Am 14. Tage abgebrochen.

Demnach ergab sich, daß eine Färbung von Infusorien durch Cyanin unmöglich ist, solange diese Tiere auf der Höhe des

Lebens sich befinden, oder nicht durch andere Einflüsse der normale Verlauf ihres Stoffwechsels gestört ist. Tritt letzteres ein, dann färbt sich zunächst der Inhalt des kontraktilen Apparates (Wärme, Kältezufuhr).

Färbung des Plasmas erzeugte nur die Kombination mit Wärme, ganz im Einklange damit, daß dieses Agens die Intensität des Stoffwechsels steigert.

#### b) Malachitgrün.

Operiert wurde auch hier mit Lösungen, die sich verhielten wie  $\frac{1}{1} : \frac{1}{2} : \frac{1}{3}$ , wo der Nenner das Quantum des Wasser in bezug auf die Ausgangsmischung angiebt.

Da nach entsprechenden Zeiträumen stets für alle drei Verhältnisse dieselben Symptome auftraten, wurde der Einfachheit halber meist die stärkere Konzentration verwendet. Es genügte dies zur Beweisführung gegen CERTES, und läßt sich das einzelne auch hier am besten an der Hand eines typischen Versuchs kennen lernen.

Versuch: Es befinden sich Carchesium-Kolonien unter Deckglas ohne Anwendung einer andern Vorsichtsmaßregel als Wachsfüßchen. Die Tiere sind völlig frei von jedem Druck, haben genügend Wasser; am Rande des Deckglases ( $16 \times 18$  mm) sitzt ein hoher Tropfen. Nach raschem Absaugen tritt an seine Stelle Malachitgrün, Lösung  $\frac{1}{1}$ . Es erfolgt sofort Einströmung und Färbung unter rascher Bewegung der Wimpern der adoralen Spiralen. Dabei zucken die Kolonien momentan zusammen, breiten sich aber sofort ganz normal wieder aus.

10. Minute: Die Färbung des Stieles, am distalen Ende beginnend, und gegen den Zelleib rückend, wird intensiver. In wenigen Fällen „rapide“ Wimperbewegung, Stiel- bzw. Koloniekontraktion fortdauernd.

15. Minute: Zuckungen auf die oberen Äste reduziert.

1 Stunde: Bild dasselbe, Wimperspirale scheinbar gelähmt, denn fast jede Bewegung derselben sistiert.

4 Stunden: Nach Abtötung mit Sublimat kontrahieren sich alle Nebenzweige, der Hauptzweig, ganz dunkel gefärbt, aber nicht; Körperform meist rundlich, ab und zu Spirale am oralen Pol zu sehen.

Nach Auswaschen mit Wasser zeigt es sich, daß der Hauptstiel starke Alterierung des Muskels aufweist; letzterer ist in einzelne Stücke zerfallen oder gänzlich zerstört.

Dem Grade der Streckung, auch der Nebenzweige, entsprach

bei andern Versuchen die weiter fortgeschrittene Zerstörung der kontraktilen Elemente ebenfalls.

Somit kommt Malachitgrün überhaupt keine typische Wirkungsweise zu, völlig unrichtig aber ist es, ihm die Eigenschaft eines „Muskelgiftes“ zuzuschreiben, wie es CERTES that. Auch mit folgenden Worten sagt jener Autor zu viel: „Bei Vorticella „erschläft“ der Stiel, indem er sich färbt, während die Wimperscheibe noch schlägt.“ Wenn der Stielmuskel zerstört ist, d. h. lebendes Plasma nicht mehr enthält, ist eine Färbung des Hohlraumes des Stieles nichts Auffallendes, auf der andern Seite das Fehlen einer Kontraktion ganz natürlich.

Wäre in Rede stehende Substanz ein Muskelgift, hätte es bei völliger Erhaltung der kontraktilen Gebilde deren gänzliche Paralyse herbeiführen müssen. Letztere fehlt aber gänzlich in allen den Stadien, wo das Muskelplasma noch lebt; denn ganz schwach gefärbte Nebenzweige behielten stets ihre Kontraktilität. Auch die durch Muskelkontraktion bedingte Rundung des Zelleibes hätte wegfallen oder doch weniger scharf sich ausprägen müssen.

So viel aber geht aus diesem Vergleich zwischen unsern Befunden und den Angaben CERTES' hervor, daß man bei allen Infusorien, hauptsächlich aber den mit kontraktilen Elementen begabten, niemals auf deren Verhalten nach dem Tode schon vom Zustand des erlöschenden Lebens schließen darf, denn mit dem Absterben ist stets eine Kontraktion der Muskelelemente verbunden.

Kommen nun Malachitgrün die ihm andrerseits zugeschriebenen Eigenschaften nach unserer Erfahrung nicht zu, so bewies sich dieses doch als ein Stoff, der völlig geeignet ist, auch die lebende tierische Zelle zu färben.

---

## II. Abschnitt.

### **Der Organismus der einzelligen Wesen und die Wirkung äußerer Agentien.**

Fassen wir hier nochmals die kennen gelernten Symptome zusammen, die äußere Agentien im Zelleib der Rhizopoden und Infusorien hervorriefen, und wenden wir uns zunächst zur kontraktilen Vakuole, dem meist in die Augen fallenden Gebilde!

Eine erhebliche Steigerung erfuhr deren Rhythmus nur durch thermische Agentien; mit Ausnahme des Antipyrins verlangsamten

ihn chemische Einflüsse durchgängig mehr oder minder stark. Stets war für Gebrauch stärkerer Lösungen das Endresultat Lähmung in Diastole unter vorhergegangener Vergrößerung des Volums, zunächst der Vakuole und dann auch des Körpers.

Anders bei Antipyrinbehandlung; hier verschwand jener Apparat in einzelnen Fällen gänzlich aus der Zelle, und zwar nach vorhergegangener Systole, ohne daß seine Funktion, abgesehen von geringer Steigerung, irgendwie beeinträchtigt worden wäre.

In direkter Beziehung zur kontraktile Blase standen die Flüssigkeitsansammlungen, die mitunter den Körper seines natürlichen Aussehens beraubten. Ihre Entstehung ließ sich an Paramacium direkt beobachten, wo die Differenzierung des Innern so weit fortgeschritten ist, daß es zur Bildung von Kanälen kam, die dem Exkretionsorgan den Exkretionsstoff ständig zuführen. Blieb nun die kontraktile Vakuole in Diastole länger stehen, so konnten jene Apparate ihren Inhalt nicht sofort entleeren, da aber bereits neue Flüssigkeit der Aufnahme harrete, trat ein Teil derselben aus, d. h. die Kanäle lösten sich in eine Reihe von erst kleinen, bald aber rasch anwachsenden runden Vakuolen auf, die niemals eine Kontraktion vollbrachten. Bot die Zelle nicht mehr Raum genug, so wurde deren Ektoplasma zu blasenartigen Erweiterungen ausgebuchtet.

Eine andere, nicht zu übersehende Erscheinung ist das Wimperpiel, sei es auf der ganzen Oberfläche des Körpers oder an einzelnen mehr differenzierten Stellen.

Während nur einzelne Agentien ein Stadium langdauernder bedeutender Erregung in ganz unverkennbarer Weise hervorriefen, stimmten alle darin überein, daß sie mehr oder minder weitgehende Sistierung der Wimperbewegung veranlaßten. Nur Antipyrin ließ die Erregung der Cilien bis zum Momente des Todes der Zelle andauern.

Bei Betrachtung der Wimperthätigkeit ist, soweit das Flimmerkleid des Körpers in bezug kommt, ein Hauptaugenmerk auf den Grad der Koordination der Einzelbewegungen zu legen, weil hievon die Art der Ortsveränderung, das Schwimmen, abhängt. Fehlt die Koordination, wird auch das Vorwärtskommen unmöglich.

Auffällig auch war der Austritt starrer Stäbchen bei einzelnen Infusorien, „Trichocystenfäden“ genannt.

Die Muskeln des Körpers, wie die der Stiele verfielen teilweise in heftige Kontraktion, unterbrochen von momentaner Streckung (Antipyrin). Oft aber ließen sie anfänglich keine direkte Beein-

flussung hervortreten, um dann später einen gewissen Grad von Lähmung zu zeigen (Cocain).

Der einfacher organisierte Leib der Rhizopoden reagierte entweder nur durch mehr oder minder rasch aufeinander folgenden Wechsel seiner Form oder völlige Kontraktion, gefolgt von Vakuolisierung. In anderen Fällen traten Abänderungen in der Länge der Pseudopodien der Körnchenströmung etc. auf.

Suchen wir nun diese Anzeichen zur Erklärung einiger physiologischer Prozesse im Innern der Zelle zu verwerten.

### 1. Die kontraktile Vakuole.

Die Funktion dieses Gebildes deutet man heute als eine solche der Atmung und Exkretion; die durch Agentienwirkung veranlaßten pathologischen Zustände bestätigen die Richtigkeit dieser Annahme.

Die zweite Frage ist die, auf welche Weise eine Kontraktion zustande kommt.

Mit Übergehung rein physikalischer Deutungen (25) wollen wir nur bemerken, daß auf solchem Wege ein Eindringen in das Wesen der komplizierten, in der Zelle sich abspielenden Vorgänge nicht möglich ist. Übrigens ließen sich verschiedene Punkte an der Hand unserer Ergebnisse widerlegen.

BÜTSCHLI (26) ist gewillt, anzunehmen, daß eine „Systole nicht für einen aktiven Kontraktionsvorgang anzusehen, sondern auf den Druck, die Spannung zurückzuführen ist, welche ohne Zweifel im Körper des Infusors existiert — es muß die Vakuole sich nach außen entleeren, ohne daß hierzu eine besondere Kontraktionsercheinung und ein besonderer Reiz, der sie auslöst, nötig wäre.“

Durch die enorme Blähung nach Wärme-, Strychnin- hauptsächlich aber Cocaineinfluß war die Spannung im Innern der Zelle gewiß eine sehr gesteigerte. Der Rhythmus hätte also zum mindesten sich gleich bleiben müssen, wenn nicht ein Wachsen, entsprechend der zunehmenden Spannung, hätte verlangt werden wollen. Von all dem aber traf gerade das Gegenteil ein, somit kann die Entleerung der kontraktilen Vakuole im Protozoenleib auf diese Weise ihre Erklärung nicht finden.

Sie muß aber nach unserer Ansicht direkt auf die aktiven Kontraktionsvorgänge des Plasmas zurückgeführt werden. Dabei traten Differenzierungen insoweit ein, als beim Infusor nicht mehr alle Ektoplasmateile diese Funktion verrichten, die Lage des kontraktilen Behälters also eine feste ist im Gegensatz zu den Rhizo-

poden, wo jede Plasmapartie dieselbe übernehmen kann. Und die Lage jenes Gebildes ist beim Infusor eine feste, das zeigte sich im Verlaufe aller Beobachtungen, und muß dies, entgegen anderer Behauptungen (27), hervorgehoben werden.

Für eine aktive Kontraktion des Plasmas aber sprechen alle die Befunde in ihrer Gesamtheit, welcher an einer späteren Stelle Erwähnung geschehen wird.

## 2. Wimpern und Wimperbewegung.

Was den Habitus der Wimpern betrifft, so ließ sich derselbe nach Cocainwirkung an Stentor deutlich ersehen. Jede einzelne Cilie sitzt hier auf einem kleinen kalottenförmigen Plasmabuckel auf, ähnlich wie derselbe für Flimmerzellen höherer Organismen in den „Fußstücken“ beschrieben ist (28). Auch findet sich das stärkere Lichtbrechungsvermögen, sowie die größere Resistenz gegen chemische Agentien; denn nach Zerstörung der Wimper durch Quellung blieb stets ein kleiner basaler Höcker übrig.

Die Funktion der Wimpern besteht im Herbeistrudeln kleiner Nahrungskörper, sowie in der Erneuerung des zum Leben nötigen Sauerstoffes, das ist richtig, ihr kommt aber ferner die Aufgabe zu, den Körper fortzubewegen. Letzteres ist aber nur erreichbar, wenn alle Cilien in gleichem Sinne sich bewegen, d. h. wenn eine Koordination der Einzelleistungen besteht. Das lehrten jene Stadien, wo trotz heftigen Peitschens der einzelnen Flimmern ein Fortkommen unmöglich war.

Auch die Annahme ROSSBACH'S (5a), daß ein gemeinsames Bewegungscentrum sämtlicher Flimmern bestehe, wird durch die Beeinflussung der Infusorien durch die verschiedenen Agentien widerlegt. Es muß hingegen jede Arbeitsleistung der einzelnen Cilie als Ausfluß des sie tragenden Plasmateiles angenommen werden.

Für beides spricht das Absterben der Tiere, z. B. nach Antipyrinbehandlung. Denn wie wäre nach Verquellung des weitaus größten Teiles der Zelle unter anderen Umständen noch eine Fortdauer der Flimmerung an einem eng begrenzten Punkte der Oberfläche möglich?

Auch für die Borsten gilt das Gesagte, denn sie sind, wie STEIN (29) klar beweist, nur verschmolzene Wimpern.

## 3. Das Protoplasma.

Nach neueren Arbeiten müssen wir annehmen, daß eine Hauptbedingung des Lebens jedes Organismus an die molekuläre Thätig-

keit der Plasmateile geknüpft ist (30), es müssen daher auch von diesem Standpunkte aus die Symptome erklärt werden, die verschiedene Agentienwirkungen im Zellprotoplasma auftreten ließen.

Denn daß die kleinsten Teile auf äußere Reize reagieren, wurde in jüngster Zeit für viele ähnliche Einflüsse, wie die unsrerseits eingeführten, wahrscheinlich gemacht (31). Handelt es sich hier auch vorwiegend um das Eiplasma, so ist eine Übertragung erwiesener Thatsachen auf die lebenden tierischen Zellindividuen, die Protozoen, wohl gestattet angesichts der Äußerung eines bekannten Autors (32), daß eine Übereinstimmung jener mit andern Zellen nicht „bloß in den Grundlinien, sondern bis ins innerste Gezimmer hinein“ besteht.

Sehen wir also Vakuolen im Rhythmus beschleunigt oder verlangsamt, Wimperbewegung gesteigert oder gelähmt, so müssen wir annehmen, daß die Plasmateile nach einer oder der andern Richtung hin beeinflusst wurden. Geht ihnen das Vermögen ab, die ihnen zufallenden Verrichtungen zu besorgen, dann sistiert auch der Stoffumsatz, ohne Zweifel die Quelle alles Lebens, und sofort erlischt jede aktive Bewegungsäußerung des Plasmas.

Ein Widerspruch stellt sich hierbei aber ein: unter solchen Voraussetzungen müßte das Ektoplasma auch gleichartig beeinflusst werden. Nun tritt aber Beschleunigung der Wimperbewegung auf, zugleich neben der Verlangsamung des Vakuolenrhythms.

Obwohl nicht in der Lage, mehr als Vermutungen äußern zu können, vermögen wir uns doch nicht zur Annahme der ROSSBACHSchen „Sauerstoff-Theorie“ zu entschließen. Denn dieselbe bewegt sich in Zirkelschlüssen und rückt somit den letzten Grund um eine Stufe weiter. Denn so müssen wir fragen: worauf läßt sich der Sauerstoffmangel zurückführen? und können nur antworten: auf das Verhalten der Plasmateile.

Dann erklärt diese Hypothese nur sehr mangelhaft die Lähmung und Dilatation der kontraktilen Blase nach rein äußerlichen Analogien.

#### 4. Körper- und Stielmuskeln.

Das Verhalten dieser Gebilde hatte insofern Übereinstimmendes, als keine Konzentration eines Agens instande war, im Moment des Absterbens des Organismus die Kontraktion zu verhindern.

Während diese primitiven Muskelemente nur eine Modi-

fikation der Sarkode sind, kommen ihnen in bezug auf ihre Zusammensetzung die Charaktere echter Muskeln zu.

Ist nämlich die Todestarre auf Gerinnung des Myosins zurückzuführen — wie man annimmt — und tritt dieselbe auch hier auf, so muß umgekehrt jener Körper im Muskel der Infusorien enthalten sein. Daß die Starre besonders im Stiel eine hochgradige ist, geht aus Folgendem hervor: Einige Zeit nach dem Ableben tritt abermalige Streckung der bisher völlig kontrahierten Stiele auf, wobei sich der Muskel als in kleine Stücke zerfallen zeigt, deren Summe kaum einem Drittel der früheren Länge gleichkommt. Es trat also keine Lösung des bisherigen Zustandes ein, derselbe besteht vielmehr bis zum Zerfall sämtlicher Gebilde fort.

Ein Weiteres aber folgt hieraus, nämlich das, daß die röhrenartige Umhüllung der centralen kontraktilen Partie den Muskeln entgegenwirkt. Denn es ließe sich sonst nicht einsehen, warum nun, nach Zerstörung der stark verkürzten Spirale eine Längsstreckung erfolgen solle. Eher könnte man vermuten, daß die erstarrte Stielsarkode infolge der Gerinnung ihrer kleinsten Teile in der einmal eingenommenen Lage verharren müsse. Auch muß hiernach ein Unterschied in der Zusammensetzung der Stielelemente einerseits, wie der der aktiv wirkenden Muskelemente andererseits bestehen.

Der Reiz, durch den die Kontraktion der Stiele hervorgerufen wird, geht vom Zelleib aus; es verbreitet sich derselbe zunächst auf die kontraktilen Elemente des Körpers, sodann den Stiel. Niemals führte letzterer, wenn die Tiere abgelöst waren, eine aktive Bewegung aus, es wäre denn das Aufrollen nach dem Absterben seines centralen Muskels.

Beachtung verdient ferner die Ablösung der Tiere in besonderen Fällen, womit das freiwillige Abschwimmen nicht zu verwechseln ist, unter Bildung eines aboralen Wimperkranzes (Wärme). Es riß vielmehr der Stiel an seiner Insertionsstelle unter dem Zelleib auf einer Seite weg. Die beiderseitigen kontraktilen Elemente indessen blieben im Zusammenhang, der erst später unter Zuckungen der ganzen Kolonie sich löste.

In diesen Fällen wird man nicht fehlgehen, anzunehmen, daß der viel stärker affizierte Stielmuskel nicht mehr fähig war, den empfangenen Reiz weiterzuleiten oder auf ihn zu antworten. Durch fortgesetzte Zerrung entstand allmählich ganz passiv die Abtrennung an der Stelle, wo der Muskel am dünnsten ist.

War hieraus ein verschiedenes Verhalten der beiden Muskel-

partieen gegen gewisse Einflüsse hervorgegangen, so muß ein solches weiterhin für die einzelnen kontraktile Partien des Körpers wiederum angenommen werden. An Stentor wenig hervortretend, erreichte dieser Zustand bei *Carchesium* seinen Höhepunkt. Nicht bei allen Agentien war mit der Längsstreckung des Körpers auch die Erhaltung und Wiedergabe der Wimperspirale verbunden, für jeden einzelnen Stoff aber ergaben sich konstante Verhältnisse. Es müssen sonach völlig gesonderte Bahnen sein, denen die entsprechenden Funktionen obliegen, die daher auch, jede selbständig, dem Einfluß einer Willensäußerung unterliegen können.

### 5. Trichocystenfäden.

Der Deutung dieser starren Gebilde als Tastapparate können wir nicht beistimmen, sind im Gegenteil gewillt, sie mit ALLMANN und LACHMANN für den Nesselfäden der Coelenteraten und einiger Turbellarien ähnliche Angriffswaffen zu halten. Daß Agentienwirkung ihr Erscheinen nach sich zog, erlaubt allerdings keine ausschließlich einseitige Deutung. Ein Beweis aber liegt in einer zufälligen Beobachtung.

Ein Paramecium, mit Strychnin behandelt, zeigte die ausgetretenen Trichocystenfäden. Es nahte sich ein kleineres Infusor, blieb an einem jener Gebilde hängen, nach auffallend kurzer Zeit war es getötet, was nicht alleinige Folge nur des Festhaltens an sich sein konnte.

Da ferner Empfindungsfähigkeit jedem Plasmateil zugeschrieben werden muß (33), wenigstens denen der Rindenschicht, so ist nicht einzusehen, was die beschriebene Verdickung im obern Drittel des Fadens bedeuten sollte.

### 6. Tastfunktion.

Neben dem Protoplasma im allgemeinen möchten wir Tastfunktion den Cilien hauptsächlich zuschreiben. Denn beobachtet man im Wasser schwimmende Tiere, so weichen sie auf Entfernung schon aus, wenn sie den Strudel eines andern gewahr werden. Mit erhöhter Wimperthätigkeit müßte dann Steigerung der Empfindung verbunden sein, wofür direkte Beweise fehlen. Thatsache aber ist das Zusammenfallen der Lähmungszustände der Wimpern mit Herabsetzung des Tastvermögens. Die Tiere berühren sich, drücken sich glatt, kriechen übereinander hin und her, ohne Unbehagen zu empfinden. Trichocystenfäden hätten, wären sie Tastorgane, fernerhin stets dann ausgestreckt werden müssen, wenn

das Tier, die Abnahme seiner Empfindungsfähigkeit fühlend, mit den ihm zu Gebote stehenden Mitteln sich gegen Schaden hätte schützen müssen, was aber nie zu sehen war. Vielmehr erschienen solche an ganz vereinzelt liegenden Tieren, wohl nur infolge direkter Reizung des Ectosark durch das entsprechende Agens.

### 7. Exkretionsstoff.

Daraus, daß dieser Stoff sich bei Infusorien nie färben ließ, kann allerdings auf die Natur seiner chemischen Zusammensetzung nicht direkt geschlossen werden. Da aber eine Tinktion dann möglich wurde, als andere Einflüsse die Lebensenergie der Zelle herabgesetzt hatten, sich viele wässrige Ansammlungen im Protoplasma wie in der stark dilatierten Vakuole befanden, deren Inhalt also nicht mehr aus reinem, normalem Exkretionsstoff bestand, so läßt sich doch schließen, daß es eben die chemische Zusammensetzung dieses Stoffes ist, die unter gewöhnlichen Verhältnissen eine Färbung unmöglich macht. Dies spräche für einen komplizierteren Aufbau, über dessen Natur sich aber nach dem Stand unseres heutigen Wissens Genaueres nicht sagen läßt.

---

Vorstehende Arbeit wurde während der Zeit des Sommers 1887 bis 1888 im zoologischen Institut der Universität zu München ausgeführt.

Der Verfasser ergreift die Gelegenheit der Veröffentlichung, um seinem hochverehrten Herrn Lehrer, Prof. Dr. R. HERTWIG, für den anregenden Unterricht sowohl, als auch die freundliche Unterstützung und Anleitung auch schon in früherer Zeit seinen verbindlichsten, tiefgefühlten Dank auszusprechen.

München, im Januar 1889.

---

## Litteratur.

- 1) SCHULTZE, M., Das Protoplasma der Rhizopoden und Pflanzen. Leipzig 1863.
- 2) Vgl. auch: KÜHNE, Das Protoplasma, Leipzig 1864, pg. 42.
- 3) SCHULTZE's Archiv f. mikr. Anat., III, pg. 283 ff.
- 4) Centralbl. f. d. mediz. Wissenschaften, 1867, Nr. 20.
- 5 a) Die rhythm. Bewegungserscheinungen der einf. Org. Verh. der würzburger mediz.-phys. Gesellschaft, II. B., pg. 179 ff.
- b) Über die Einwirkung d. Alkaloide auf die org. Substrate. Verhandlungen der würzburger mediz.-phys. Gesellschaft, III. B., pg. 346 ff.
- 6) ZOPF, Pilztiere und Schleimpilze. II. Physiologie, pg. 77 ff. Breslau 1885.
- 7) Beiträge zur Phys. und Biolog. d. Inf. Berichte d. Freiburger Nat. Ges. B. I, 1886.
- 8) Unters. zur Morph. u. Phys. d. Zelle. Jena, G. Fischer.
  - a) Über Bastardbefruchtung (Heft 4, 1885).
  - b) Über d. Befr. u. Teilungsvorgang d. tier. Eies unter Einfluß äußerer Agentien (Heft 5, 1887).
- 9) Vgl. BRASS, Die Meth. bei Unters. tier. Zellen. Zeitschr. f. mikr. Technik, I, 1884, H. 1, pg. 44.
- 10) CATTANEO, Färbung u. Aufb. d. Inf. Bollett. scient. 1883, No. 3 e 4. A. BRAUER, Burs. trunc. Jen. Zeitschr. f. Naturw., B. XIX, H. 2, 3, 1885, pg. 489 ff.
- 11) C. F. JICKELI, Über Kernverh. d. Inf. Zoolog. Anz., B. VII, 1884, No. 175, pg. 468.
- 12) KAISER, Verfahren u. Herst. etc. Bot. Centbl., I, 1880, pg. 25.
- 13) l. c. STEIN, Der Org. d. Inf., I, pg. 150.
- 14) MONATSb. d. Ak. z. Berlin, 1859, pg. 493.
- 15) BRANDT, Über Act. Eichh. Inaug.-Diss. Halle 1877 (l. c. pg. 14).
- 16) BRASS, Biolog. Studien, Teil I, pg. 67.
- 17) l. c. DE VARIGNY, Les bactéries de la glace, 3. Sept. 1887.
- 18) l. c. AUERBACH, Zeitschr. f. w. Zoolog., B. VII.
- 19) Weiterhin l. c. R. HERTWIG, Weitere Versuche über Bastardb. u. Polyp. Sitzungsber. d. Ges. f. Morph. u. Phys., München, Bd. IV, pg. 10.
- 20) z. B. LEUNIS, Synopsis, Bd. II., III. Aufl., besorgt v. LUDWIG, pg. 1109.
- 21) ROSSBACH und NOTHNAGEL, Handb. d. Arzneimittellehre, 6. Aufl., Berlin 1887, l. c. pg. 648.
- 22) Neben anderen die übersichtliche Arbeit von GIERKE, Zeitschr. f. mikr. Technik, B. I, 1884, pg. 62 ff. UNNA, Arch. f. mikr. Anat., B. 30, 1 H., 1887.
- 23) Untersuchungen aus d. bot. Inst. zu Tübingen, II. B., H. 2, 1886.
- 24) CORTES, De l'emploi des matières colorantes etc. Comptes rend., Avril 1884, 7. pg. 8.

- 25) I. c. QUINCKE, Über period. Ausd. an Flüssigkeitsoberfläch. etc. Sitzungsber. d. Berliner Akad. d. W. 1888, pg. 791. (Nach einem Ref. d. Nat. Rundschau 1888, III, pg. 508, von Dr. KORSCHULT, Berlin.)
- 26) Zeitschr. f. w. Zoolog. 1877, B. XXVIII, pg. 64.
- 29) I. c. WYSCNIEWSKI, Beitr. z. Anat. d. Inf. M. SCHULTZE's Arch. 1869, B. V, pg. 55.
- 28) TOLDT, Gewebelehre, Stuttgart 1888, I. c. pg. 26 ff.
- 29) STEIN, Der Org. d. Inf. I. c. I, pg. 71.
- 30) I. c. W. T. THISELTON-DOYER, Botanik als Wissenschaft, Naturw. Rundschau, 1888.
- 31) HERTWIG, Über eine Abänderung d. inn. Befruchtungsvorgänge. Sitzungsber. d. Morph. u. Phys. Ges. z. München 1886, II, pg. 74 ff.  
A. TICHOMIROFF, Über künstl. Parth. bei Insekten. Du Bois-R. Arch. f. Phys. Supl. 1885, pg. 35.  
DENITZ, Kurze Notiz über Furchung von Froscheiern. Biolog. Centralb. 1887, Bd. VII, pg. 93.  
MAUPAS, Compt. rend. Tom. CIV, pg. 1006.  
L. LUCCANI und PIUTI, Arch. d. Biologie, 1888, T. IX, pg. 319.
- 32) LEYDIG, Beitr. z. Kenntnis d. tier. Eies. Zoolog. Jahrb., Abt. f. Anat. etc., 1888, B. III, pg. 287.
- 33) I. c. GRUBER, Zur Biologie u. Phys. d. Protozoen, Berichte d. Naturf. Ges. z. Freiburg i. B., B. I, 1886, pg. 56.

### Erklärung der Tafel XIV.

- Fig. 1. Paramecium } lebend, mit Trychoocystenfäden.  
Stentor } Strychninbehandlung.
- „ 2. Carchesium, Strychnineinfluß,  $0,01 \frac{0}{0}$  L. 1 St. } Fixiert mit  $2 \frac{0}{0}$   
„ 3. „ „ „  $0,01 \frac{0}{0}$  L. 2 St. } Osmiumsäure.  
„ 4. „ „ „  $0,0003 \frac{0}{0}$  L. 5 St. } Fixiert durch  
konzentrierte Sublimatlösung.
- „ 5. Oxytricha, lebend, Cocainwirkung,  $0,05 \frac{0}{0}$  L. 7—10 M.
- „ 6. Paramecium }  
Stentor } „ „ „  $0,01 \frac{0}{0}$  L. 1 Stunde.
- „ 7. Carchesium, Cocainbehandlung,  $0,1 \frac{0}{0}$  L. 1 St. Fixiert durch  
 $2 \frac{0}{0}$  Osmiumsäure.
- „ 8. Carchesium, Chloralhydratbehandlung,  $0,1 \frac{0}{0}$  L. 1 St. Fixiert  
durch  $2 \frac{0}{0}$  Osmiumsäure.
- „ 9a. und b. Carchesium, Wärme-Antifebrinbehandlung. Fixiert  
durch  $2 \frac{0}{0}$  Osmiumsäure.
- „ 10. Schematischer Verlauf der Muskeln, Ansatz des Stieles etc.  
bei Carchesium, nach BRAUER<sup>1)</sup> verkleinert.

1) Burs. trunc. unter Berücksichtigung anderer Het. u. d. Vorticellinen. Inauguraldissertation, Bonn 1885.



# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Jenaische Zeitschrift für Naturwissenschaft](#)

Jahr/Year: 1890

Band/Volume: [NF\\_17](#)

Autor(en)/Author(s): Schürmayer Carl Bruno

Artikel/Article: [Über den Einfluß äußerer Agentien auf einzellige Wesen. 402-470](#)