

führt ebenfalls zu keinen unzweideutigen Ergebnissen, indem hier und da von Mikrocytose gesprochen wird, sonst aber selbst die Erythrocytenvermehrung u. s. w. angezweifelt werden. —

Durch diese gedrängt abgefasste Übersicht einer Fülle von vergleichend morphologischen und physiologischen Tatsachen sowie der Anfänge einer experimentellen Untersuchung der Entwicklungsbedingungen der äußeren und inneren Oberflächen des Organismus ist wohl über jeden Zweifel dargetan, dass in dieser Hinsicht ein hochgradiges Anpassungsvermögen des Organismus an die jeweiligen Bedürfnisse besteht im Sinne der Autoteleologie (Pauly) der lebenden Wesen, sowie dass durch diese Fähigkeit die Entstehung der im ganzen konstanten Eigenschaften der heutigen Tiere, welche ihr Angepasstsein zu den gegebenen Lebensbedingungen kundgeben, sich dem Verständnis nahe bringen lässt.

Physiologische Untersuchungen über *Paramaecium caudatum*.

Von A. Khainsky¹⁾.

Die physiologischen Prozesse, die in ihrem Wesen physikalisch-chemische Wechselwirkungen der Zellenstoffe sind, werden von entsprechenden morphologischen Veränderungen im Bau der einzelnen Teile des Zellkörpers begleitet. Alle Eigentümlichkeiten einer solchen Metamorphose sind durch diejenigen Veränderungen bedingt, welchen die Struktur des Zellprotoplasmas unterworfen ist. Von diesem physikalisch-chemischen Standpunkt aus ist die Struktur des Protoplasmas als polymorph und inkonstant zu bezeichnen. Der ganze Entwicklungsgang und Charakter der in der Struktur des Protoplasmas sich vollziehenden Veränderungen ist unmittelbar von der Richtung abhängig, in der sich die physiologischen Prozesse der Zelle bewegen. Die Struktur des Zellplasma (y) kann ausgedrückt werden als Funktion seiner physiologischen Tätigkeit (x), d. h.:

$$y = f(x) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1.)$$

In dieser Gleichung (1) bedeutet x die ganze Summe der physikalisch-chemischen, resp. physiologischen Prozesse der Zelle, die durch äußere Existenzbedingungen normiert werden. Die Nahrung in quantitativer und qualitativer Hinsicht (a , d), die Temperatur (t^0), der Gaswechsel (o), das Licht (l), die Bewegung (v), der Druck (p) und andere physikalisch-chemische Faktoren bestimmen den Verlauf der physiologischen Prozesse der Zelle und beeinflussen die Struktur

1) Arbeiten aus dem zootomischen Laboratorium der Universität zu Warschau, unter der Redaktion von Prof. P. Mitrofanow. Bd. XXXV, 101 S. mit 111 Abb. 1906.

ihrer Bestandteile. In der Gleichung (1) lässt sich somit das x durch eine ganze Reihe seiner Bestandteile ausdrücken:

$$y = f(a, d, t^0, o, l, v, p \dots \dots) \dots \dots (2.)$$

Die funktionelle Abhängigkeit der morphologischen Veränderungen von der physiologischen Tätigkeit der Zelle eröffnet die Möglichkeit der Erforschung des Einflusses eines jeden Gliedes der Gleichung (2) auf die Struktur des Zellkörpers, in diesem Fall wird sich die Struktur der Zelle ändern, als die Funktion der einen unabhängigen Variablen.

Vorliegende Untersuchungen sind der Frage über das Hungern der Paramaecien und über die Wirkung des reinen Sauerstoffs auf die Infusorien gewidmet. Zum Schluss werden auch Beobachtungen über den Mechanismus der Teilung bei den Paramaecien mitgeteilt. Die bei den Untersuchungen angewandte Methode kann als physiologisch-histologische bezeichnet werden. Physiologische Beobachtungen der lebendigen Organismen unter Zuhilfenahme vitaler Färbung wurden durch histologische Untersuchungen an fixierten Präparaten ergänzt.

Ehe mit den Experimenten über das Hungern der Paramaecien begonnen wurde, wurde zunächst mittelst vitaler Färbung mit Methylenblau und Neutralrot die Evolution der Nahrungsvakuolen, ihre Struktur und ihr physiologischer Zustand festgestellt. Der ganze Entwicklungsprozess der Nahrungsvakuole zerfällt in zwei Perioden. Die Vakuolen der ersten Periode erleiden vom Augenblick ihrer Bildung an folgende Veränderungen: die an Umfang großen und fast ungefärbten Nahrungsvakuolen nehmen allmählich an Größe ab, ihre vitale Färbung mit Neutralrot gewinnt an Intensität, ihr Inhalt weist eine kompakte Struktur auf. Bei der Färbung mit Neutralrot wird die Farbe nach und nach zu karmoisinrot (himbeerrot), was auf das Vorhandensein einer sauren Reaktion in den Nahrungsvakuolen der ersten Periode hinweist. Beim Weiterstreiten der physiologischen Prozesse gewinnen die Nahrungsvakuolen wiederum an Umfang, ihr Inhalt zerfällt in kleine runde Körnchen resp. Tröpfchen, die karmoisinrot (himbeerrot) gefärbt sind. Die Färbung der gesamten Nahrungsvakuole bleibt zunächst schwach karmoisinrot, verschwindet aber später vollständig. Die Körnchen der Nahrungsvakuole der zweiten Periode sind den endoplasmatischen Körnchen vollkommen analog.

Zwischen der Zahl der Nahrungsvakuolen und der Menge der endoplasmatischen Körnchen war ein bestimmtes umgekehrtes Verhältnis zu konstatieren. Mit dem Rückgang der Zahl der Nahrungsvakuolen vermehrten sich die endoplasmatischen Körnchen. Es können einige Typen von Paramaecien nachgewiesen werden, bei denen das Verhältnis zwischen Körnchen und Nahrungsvakuolen verschieden ist. Bei den Paramaecien, die eine Menge der Nahrungs-

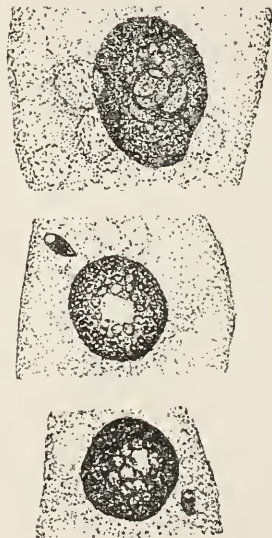
vakuolen der ersten Periode aufweisen, sind fast keine endoplasmatischen Körnchen zu beobachten (1). Mit dem Übergang aber zu Nahrungsvakuolen der zweiten Periode beginnen die endoplasmatischen Körnchen sich zu vermehren (2). Es wurden einzelne Individuen beobachtet, deren Körper von Körnchen ganz angefüllt war und die fast keine Nahrungsvakuole aufwiesen (3).

Dieser Prozess der Entwicklung der Nahrungsvakuolen und ihres Verhältnisses zu den endoplasmatischen Körnchenbildungen verläuft äußerst anschaulich beim Hungern der Paramaecien, wenn die Nahrungsvakuolen der ersten Periode allmählich in solche der zweiten übergehen und sich keine neuen Nahrungsvakuolen bilden. Sodann verschwinden die Nahrungsvakuolen und es bilden sich

Fig. 1—3



Fig. 5—7.



endoplasmatische Körnchen, die mit dem Fortschreiten des Hungerns schließlich ebenfalls verschwinden.

Von anderen physiologischen Merkmalen des Hungerns ist die anfängliche Volumverringerung der Paramaecien hervorzuheben, die durch die Abwesenheit von Nahrungsvakuolen u. a. erklärlich ist. Im weiteren Entwicklungsverlauf des Hungerns aber findet eine Vakuolisierung des Protoplasmas, eine große Zunahme des Körpervolums und ein Aufquellen des Kernes statt. Der allgemeine Verlauf der beim Hungern stattfindenden Prozesse hängt von der Genauigkeit der Experimente und dem dem Hungern vorausgegangenen Zustand der einzelnen Individuen ab.

Nach den morphologischen Eigentümlichkeiten der Veränderungen zerfällt das Hungern in zwei Perioden. Das Hauptmerkmal

dieser Perioden ist der Zustand des Kernes. Im Gegensatz zur länglichen und äußerst unregelmäßigen Form in den gewöhnlichen Verhältnissen, nimmt der Makronukleus beim Beginn des Hungerns eine merkwürdig regelmäßige sphäroideale Form und eine feine vakuolare Struktur an (Fig. 1, 2 u. 3). Der Mikronukleus liegt von ihm entfernt und die Vertiefung, in der er gewöhnlich seine Lage hat, wird verwischt (Fig. 5, 6, 7). Vom Standpunkt der funktionellen Abhängigkeit aus ist die sphäroideale Gestalt des Makronukleus unzweifelhaft das Anzeichen eines bestimmten physiologischen Zustandes, da beim Hungern die physiologischen Veränderungen nur von den ersten zwei Gliedern unserer Gleichung (2) abhängig sind:

$$x = f(a, d), \quad \dots \quad (3.)$$

d. h. von den allgemeinen Assimilations- (a) und Dissimilationsprozessen (d).

Die Assimilationsprozesse werden an einen bestimmten Zeitpunkt des Hungerns ganz aufhören ($a = 0$) und die an ihnen teilnehmenden Organe kommen in einen physiologischen Ruhezustand. Der sphäroideale Kern ist in dieser Beziehung ein Anzeichen dieses physiologischen Ruhezustandes. Die Richtigkeit dieser Auffassung wird auch durch mathematische Erwägungen unterstützt. Wenn wir annehmen, dass am ersten Tage des Hungerns aus der Gesamtzahl x der Paramaecien eine bestimmte Anzahl y von Individuen zu hungern angefangen haben, so ist die Wahrscheinlichkeit, dass ein hungerndes Individuum zum Präparat entnommen wird, gleich y/x . Nehmen wir ferner an, dass a Paramaecien mit rundem Kern und b Paramaecien mit dem gewöhnlichen Kern zum Präparieren gelangt sind, so ist ihr Verhältnis gleich

$$a/b = 1/c \quad \dots \quad (4.)$$

Für das nächste Präparat bleiben sodann nur noch $x - a - b = x_1$ Paramaecien übrig, von denen — sagen wir — y , hungern. Da das Hungern jetzt längere Zeit stattgefunden hat: $y_1 > y$ und da $x > x_1$, so ist die Möglichkeit, dass ein hungerndes Individuum zum zweiten Präparat entnommen wird, jetzt größer: $y_1/x_1 > y/x$.

Auf Grund dieser Ungleichheit bei den Brüchen müssen in das zweite Präparat mehr hungernde Individuen gelangen, als zum ersten. Wenn der runde Kern ein Zeichen des Hungerns ist und vom Aufhören der Assimilationsprozesse zeugt, so muss auf dem zweiten Präparat die Anzahl der rundkernigen Paramaecien größer sein als auf dem ersten. Nehmen wir an, dass es auf dem zweiten Präparat a_1 rundkernigen Paramaecien und b_1 aller übrigen Arten gibt, so ist

$$a_1/b_1 = 1/c_1 \quad \dots \quad (5.)$$

und
$$a/b < a_1/b_1, \quad 1/c < 1/c_1 \quad \dots \quad (6.)$$

Auf diese Weise müssen wir, kraft immer wachsender Wahrscheinlichkeit

$$y/x < y_1/x_1 < y_2/x_2 < \dots y_n/x_n \dots (7.)$$

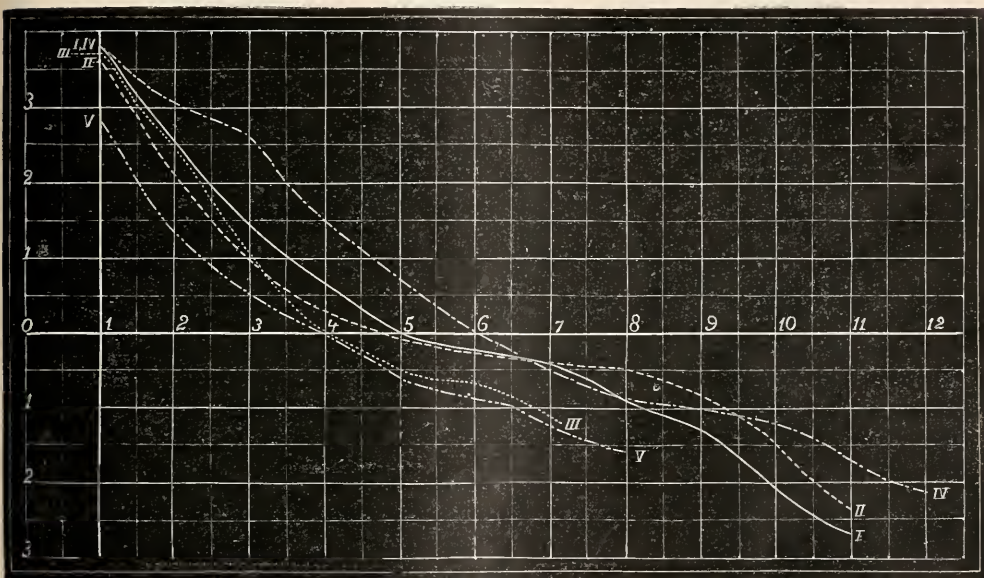
eine Reihe stets ansteigender Brüche, als Quotient des Verhältnisses

$$1/c < 1/c_1 < 1/c_2 \dots 1/c_n \dots (8.)$$

erhalten.

Diese theoretischen Erwägungen sind durch die unmittelbaren Zählungen der Paramaecien in den Präparaten voll bestätigt worden. Vom ersten Tag an ist die Zahl der rundkernigen Paramaecien ständig gestiegen, der Quotient des Verhältnisses (8) ebenfalls bis zu einem bestimmten Zeitpunkt; sodann begann die Zahl der Paramaecien mit sphäroidalen Kernen sich zu verringern, bis diese end-

Fig. 4.



lich ganz verschwanden. Der ganze Prozess hat seinen Ausdruck in Kurven gefunden, in denen die Zahl der mit sphäroidalen Kernen ausgestatteten Paramaecien sich als Funktion der Zeit veränderte. Die Kurven sind für das umgekehrte Verhältnis

$$b/a = c \dots (9.)$$

konstruiert (Fig. 4). Im idealen Fall müssen alle Individuen zu einem bestimmten Zeitpunkt einen sphäroidalen Kern haben und in der Gleichung (9) ist dann $c = 0$, weil $b = 0$ (9). In Wirklichkeit aber werden wir für das Minimum der Funktion stets eine ganze Zahl erhalten, die den Koeffizient K des Hungerns darstellt. Das Minimum der Funktion entspricht jenem Zeitpunkt bei den hungernden Paramaecien, wo die Assimilationsprozesse aufgehört

haben und die Funktion sich nunmehr in Abhängigkeit von den Dissimilationsprozessen verändert

$$y = f(d) \dots \dots \dots (10.)$$

Nach Erreichung ihres Minimums beginnt die Funktion wiederum zu wachsen, aber wird dabei negativ, da die Zahl der mit sphäroidalem Kern Paramaecien sich jetzt verringert, also ein umgekehrter Prozess vor sich geht. Der ganze Prozess drückt sich in Kurven aus, die die Abszisse schneiden und sich jenseits derselben fortsetzen (Fig. 4).

Fig. 8—10.

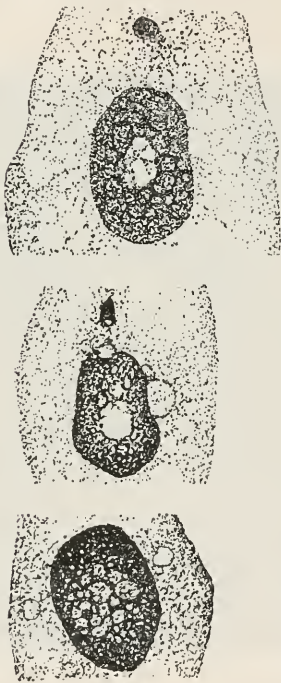


Fig. 11.

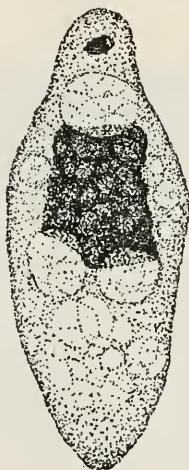
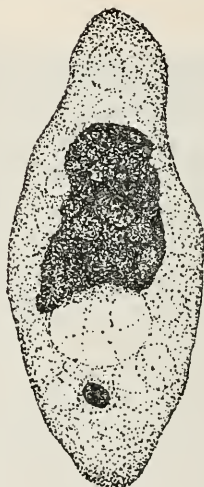


Fig. 12.



Das Minimum der Funktion ist auch das Moment, welches das Hungern in zwei Perioden scheidet. In der Physiologie des Einzelindividuums schließt der sphäroidale Zustand des Kernes die erste Hungerperiode ab. In dieser Periode wird das Protoplasma hell und klar, es werden keine Nahrungsvakuolen und keine endoplasmatischen Körnchen wahrgenommen. Die Art und Weise des Auftretens und Verschwindens dieser Körnchen zeigt, dass sie die ersten Produkte der Assimilation sind. In der Struktur des Ektoplasmas und seiner Bestandteile werden während der ersten Periode keine Veränderungen beobachtet.

Der Mikronukleus wird bei der Bildung des sphäroidalen Kernes passiv aus seiner Vertiefung herausgestoßen und erleidet keine sichtbaren Strukturveränderungen (Fig. 1, 2, 3).

Die Veränderungen in der zweiten Hungerperiode sind von denen der ersten wesentlich verschieden. Wenn in der ersten

Periode des Hungern keinerlei pathologische Veränderungen in der Struktur des Zellkörpers zur Folge gehabt hatte, so wird die weitere Wirkung des Hungerns von solchen morphologischen Erscheinungen begleitet, die von Grund aus das gegenseitige Verhältnis der einzelnen Teile des Körpers der *Paramaecien* stören. Die größten Umwandlungen erfahren der Kern und das Endoplasma. Äußerlich wird der Charakter dieser Veränderungen durch eine sehr komplizierte Umgruppierung der Elemente gekennzeichnet. Die ganze Summe der physikalisch-chemischen Veränderungen des Endoplasmas findet in einer stets fortschreitenden Vakuolisierung ihren Ausdruck. Dieser Prozess ist mit einer zweifellosen Verringerung der Quantität des Endoplasmas verbunden und hängt vom Zerfall seiner Bestandteile ab. Der allgemeine Typus der Veränderungen des Makro-

Fig. 13.

Fig. 14.

Fig. 15.



nukleus wird durch die Entwicklung der Vakuolisierung und durch eine Aufquellung charakterisiert. Im Fortgang dieses Prozesses geht das Chromatin zurück und verliert seine gewöhnliche körnige Struktur, es erleidet einen komplizierten chemischen Prozess des Zerfalls und des Übergangs in Stoffe des Kernsaftes. Durch das allmähliche Ansammeln dieses letzteren wird auch die fortschreitende Vakuolisierung und das Aufquellen des Makronukleus erklärlich (Fig. 8, 9 u. 19). In ihrem äußeren Erscheinen ist dieses Aufquellen nach Größe und Grad sehr mannigfaltig und wird durch die vorhandenen mechanischen Voraussetzungen innerhalb der Zelle bestimmt (Fig. 8, 9, 10, 11, 12). In einem bestimmten Augenblick platzt der Makronukleus vollständig und verliert seine Individualität (Fig. 13, 14, 15, 20). Vom Kern bleiben nur kleine Teilchen oder feine Häutchen mit etwas Chromatin übrig, die im Laufe der Zeit ganz verschwinden:

die Parameecien haben dann keine sichtbaren Anzeichen der Kernelemente mehr (Fig. 16, 17 u. 18).

Bei weit fortgeschrittenem Hungern ist auch in dem Ektoplasma die Bildung kleiner Vakuolen und ein Mangel an Trichozysten bemerkbar, die nach dem allmählichen Auswerfen nicht wieder erneuert worden (Fig. 19 u. 20). Der Mikronukleus aber erleidet während der ganzen Dauer des Hungerns keinerlei sichtbare Ver-

Fig. 16.

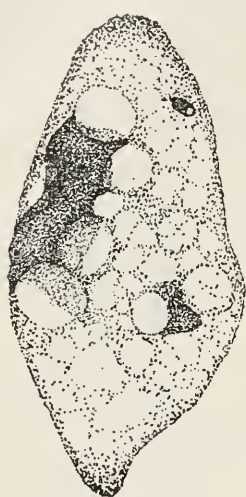


Fig. 17.

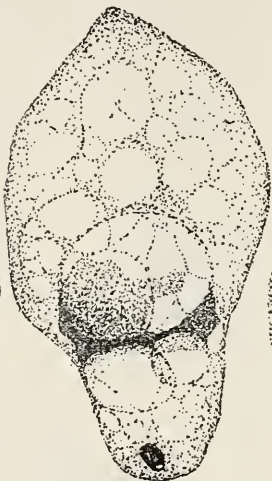


Fig. 18.

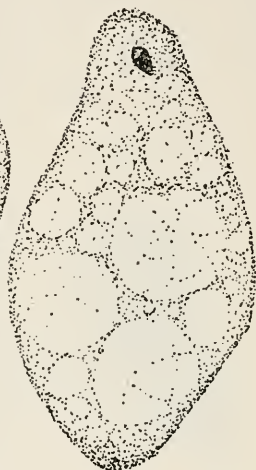


Fig. 19.

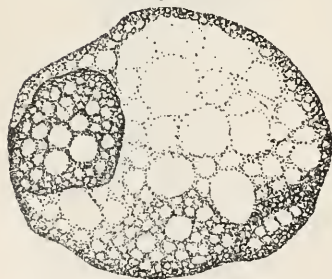
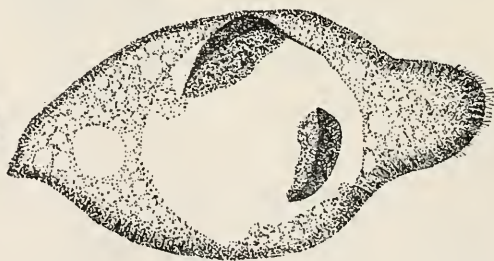


Fig. 20.



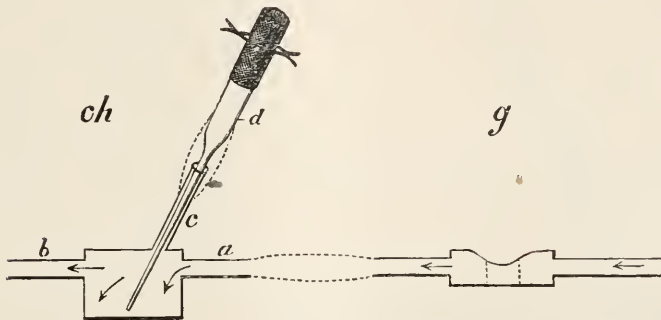
änderungen und ist stets vorhanden, selbst bei solchen Individuen, die keine Spur des Makronukleus mehr aufweisen.

Die Grundlage aller Strukturveränderungen des Zellkörpers der Parameecien während der zweiten Hungerperiode bildet der chemische Zerfall der Stoffe, der die Quelle der kinetischen Energie bildet. Die Messungen der kinetischen Energie der hungernden Parameecien, die mit Hilfe von isotonischen Lösungen vorgenommen wurden, zeigen, dass mit fortschreitendem Hungern und mit der Zerstörung der Zellenstoffe auch die lebendige Kraft der Paramaccien abnimmt. Die Frage, was für Stoffe — die des Endoplasmas oder

die des Kernes — die Hauptquelle der kinetischen Energie während des Hungerns bilden, wird mit Rücksicht auf die Leichtigkeit der Oxydation dieser Stoffe gelöst.

Um das Verhältnis der verschiedenen Stoffe des Zellkörpers zu den Oxydationsprozessen klarzulegen, wurden über die Wirkung des reinen Sauerstoffs Experimente gemacht. Zu diesem Zweck wurde ein Apparat hergestellt, der die Möglichkeit gewährte, gleichzeitig physiologische und histologische Beobachtungen zu machen. Für die ersteren wurde die Recklinghausen-Geissler'sche Kamera benutzt (g); sie war mit einer anderen nach meinen Anweisungen konstruierten Kamera (ch) verbunden; diese bestand aus einem zylindrischen Gefäß von 2—3 cm im Diameter und 2 cm in Höhe (Fig. 21). Von den Seitenflächen, unter der oberen Fläche, zweigen sich zwei horizontale Röhren ab — für Gaszufuhr und Gasabfuhr. Von der oberen Fläche geht an der Seite eine dritte

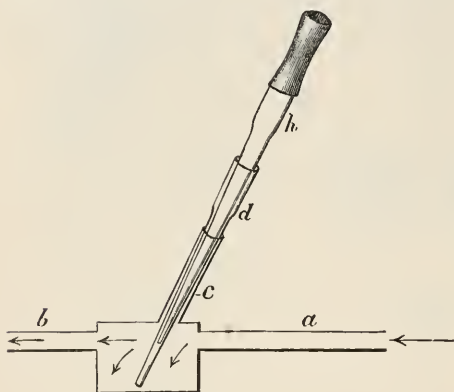
Fig. 21.



schiefe Röhre ab, durch die man in bestimmten Zwischenräumen eine Anzahl Paramecien für histologische Präparate herausholen kann. Damit in die Kamera keine Luft gelangen könne, wurde in diese dritte Röhre eine mit langer Kapillare versehene und mit der Röhre durch einen Gummischlauch verbundene Pipette eingefügt (Fig. 21). Das Ende der Kapillare war in die Flüssigkeit versenkt, die in ihr über das allgemeine Niveau hinaufstieg und die Öffnung der Kapillare verschloss. Das obere Ende der Pipette wurde vom Gummischlauch verschlossen. Wenn man eine Anzahl Infusorien herausholen wollte, wurde das obere Ende der Pipette geöffnet und durch die Öffnung eine zweite Pipette soweit eingeschoben, dass ihre Wände sich mit denen der Kapillare eng berühren; dann stieg die Flüssigkeit mit den Infusorien in die zweite Pipette und sie wurde dann herausgenommen. Nachdem dies geschehen, trat das Wasser wieder in die Kapillare der ersten Pipette ein und verschloss ihre Öffnung (Fig. 22). Auf diese Weise konnte keine Luft in die Kamera gelangen und es blieb darin stets eine Atmosphäre reinen Sauerstoffs erhalten.

Die physiologische Wirkung des reinen Sauerstoffs äußert sich anfänglich in einer erhöhten Bewegung der Paramaecien in der radialen Richtung von der Oberfläche des Tropfens in der Recklinghausen-Geissler'schen Kamera bis zum Zentrum. Mit der gleichmäßigen Auflösung des Sauerstoffs nimmt die Bewegung einen normalen Charakter an und verlangsamt sich allmählich; hierauf bleiben die Paramaecien nach einiger Zeit stehen und sind von da an fast total unbeweglich; nur gegen Schluss des Experimentes bewegen sie sich langsam und träge, aber in einem bestimmten Augenblick bleiben sie rotierend in einem Platz stehen und platzen. Die

Fig. 22.



ersten Anzeichen der Wirkung des Sauerstoffs werden am Endoplasma wahrgenommen, indem darin eine Vakuolisierung beginnt. Die Vakuolen erreichen im Laufe der Zeit eine außerordentliche Größe, der Körper der Paramaecien schwillt infolge des inneren Druckes stark an. Bei der vitalen Färbung mit Neutralrot vollzieht sich der Umwandlungsprozess der Nahrungsvakuolen rasch; die kompakten Nahrungsvakuolen erster Periode vergrößern sich, der

Inhalt zerfällt in Körnchen, dann verschwinden die Nahrungsvakuolen und die Körnchen gehen ins Endoplasma über. Möglich sind auch Fälle, wo die Nahrungsvakuolen nebst den in ihnen enthaltenen Exkretresten erhalten bleiben. Zu Beginn des Experimentes wird der rasche Verlauf der physiologischen Prozesse in den Nahrungsvakuolen ebenso rasch durch neugebildete Nahrungsvakuolen ersetzt, aber dies hört im Laufe der Zeit auf, die Nahrungsvakuolen verschwinden bald gänzlich, ebenso wie bald darauf die mit Neutralrot gefärbten endoplasmatischen Körnchen, und das ganze Paramaecium verliert seine Färbung. Das Zunehmen der Nahrungsvakuolen hört mit dem Beginn der Vakuolisierung des Endoplasmas auf. Ähnliche Erscheinungen sind auch an anderen Infusorien beobachtet worden; von den Holotricha werden *Loxodes rostrum*, *Dileptus anser*, *Colpidium colpoda*, *Urocentrum*, *Paramaecium caudatum*, *Frontonia acuminata* untersucht; von den Heterotricha: *Spirostomum ambiguum* und Stentoren. Bei allen verschwanden die Nahrungsvakuolen, worauf zunächst eine Vakuolisierung des Endoplasmas eintrat und dann der Tod infolge Ruptur des Zellkörpers. Das Wesentliche war die ungleiche Geschwindigkeit, mit der sich

die Oxydationsprozesse entwickelten. In der Geschwindigkeit der Vakuolisierung und des Sterbens wurde eine stetige strenge Gesetzmäßigkeit je nach der allgemeinen Größe und Oberfläche des Zellkörpers beobachtet: je größer seine Fläche und je geringer sein Volumen, desto rascher entwickeln sich die Oxydationsprozesse (I) und die obengenannten Infusorien starben stets in einer bestimmten Reihenfolge aus (II).

Die Schnelligkeit der Oxydationsprozesse geht auch derjenigen der Auflösung des Sauerstoffs im Wasser proportional. Experimente mit einem bis zu zwei Atmosphären erhöhtem Druck haben gezeigt, dass die Schnelligkeit der Oxydationsprozesse mit dem Druck, resp. mit dem Anwachsen der Auflösungsfähigkeit des Sauerstoffs im Wasser, wächst (III).

Morphologische Veränderungen gehen entsprechend den physiologischen Beobachtungen hauptsächlich in dem Endoplasma vor sich, parallel mit der Entwicklung der Vakuolisierung. Bei Individuen, die einer starken und dauernden Einwirkung des Sauerstoffs unterworfen waren, war auch das Ektoplasma vakuolisiert und verschwanden allmählich die Trichozysten. Der Makronukleus erhält mit dem Fortschreiten des Experimentes eine typisch sphäroidale Form und eine feine Vakuolisierung, wie in der ersten Hungerperiode. Im Stadium des sphäroidalen Kernes ist das Endoplasma stets schon vakuolisiert. Physiologische Beobachtungen haben ergeben, dass während dieser Zeit sich keine neuen Nahrungsvakuolen bilden; somit befindet sich der Makronukleus im Stadium physiologischer Ruhe. Im weiteren Verlauf des Experimentes müsste der Makronukleus eigentlich einen komplizierten Prozess der Metamorphose durchmachen, aber das rasche Vorgehen der Oxydationsprozesse im Endoplasma, die ein rasches Absterben zur Folge haben, verhindert die Entwicklung dieser Metamorphose des Makronukleus. Im Verlauf des Experimentes mit Sauerstoff hatte der Makronukleus seinen einheitlichen individualisierten Zustand nie eingebüßt, obwohl einige Anfangsstufen der für die zweite Hungerperiode charakteristischen Veränderungen teilweise zu bemerken waren. Der Mikronukleus blieb völlig unverändert und war stets vom Makronukleus im Stadium des sphäroidalen Kernes abgetrennt.

Auf Grund der morphologischen Veränderungen muss geschlossen werden, dass die Stoffe des Endoplasmas und des Kernes ihrer chemischen Natur nach verschieden sind: die Stoffe des ersteren sind einer raschen und energischen Oxydation unterworfen, während die Stoffe des Kernes keine solche Reaktion aufweisen. Aus den Hungerexperimenten resultiert, dass die Stoffe des Endoplasmas, teilweise auch die des Ektoplasmas, dank ihrer leichten Oxydationsfähigkeit die Hauptquelle der kinetischen, lebendigen Energie der *Paramaecien* sind, während Tatsachen darauf hinweisen, dass der Chemismus der Kernstoffe mit den Assimilationsprozessen eng ver-

bunden ist; im besonderen kann man annehmen, dass der im Makronukleus produzierte Kernsaft für Verdauungsprozesse gebraucht wird, sich beim Hungern ansammelt und dadurch die komplizierte Metamorphose des Makronukleus bedingt.

In Verbindung mit den oben dargelegten Tatsachen können einige Eigentümlichkeiten im Teilungsmechanismus des Makronukleus bei den Paramaecien begriffen werden. Der physiologische Zustand derjenigen Individuen, die sich im Anfangsstadium der Teilung befinden, ist durch verstärkte Zunahme der Nahrungsvakuolen charakterisiert: der ganze Körper ist von ihnen erfüllt, besonders aber sein hinteres Ende, wo ein starker Vorsprung entsteht. In diesem Stadium befindet sich der Mikronukleus stets im Prozess der Teilung. Im weiteren Verlauf der Teilung kommen keine neuen Nahrungsvakuolen mehr hinzu, ebenso auch eine Zeitlang nach dem Ende der Teilung. Die energische physiologische Tätigkeit des Makronukleus im Anfangsstadium der Teilung hat einen großen Verbrauch an Stoffen des Kernsaftes und eine Zusammenschrumpfung des Kernes zur Folge.

In der zweiten Teilungsphase, wenn keine Nahrungsaufnahme mehr erfolgt, tritt eine Ansammlung des Kernsaftes ein; unter dem Druck dieses letzteren nimmt der Kern anfangs infolge mechanischer Gesetze die Form einer nach der großen Achse des Paramaeciums verlängerten Platte und sodann die eines zweizentrisch aufquellenden Körpers an; der Prozess der Aufquellung selbst führt aber zur vollen Teilung des Kernes. Diese mechanische Erklärung der Teilung des Makronukleus wird von den Fällen anormaler Teilung bestätigt, wo, sei es infolge der raschen Ansammlung des Kernsaftes oder der ungenügenden Verlängerung des Kernes, — der Aufquellungsprozess des Makronukleus sich monozentrisch vollzieht und nicht zu seiner Teilung führt: das eine der beiden durch Teilung entstandenen Individuen erhält in diesen Fällen überhaupt keinen Makronukleus.

Die Textfiguren 1, 2, 3 und 5—18 sind nach Totalpräparaten, Fig. 19 und 20 nach Schnitten von Paramaecien gezeichnet. Alle Abbildungen sind mittelst des Netzkular gemacht worden; Vergrößerung 1000mal.

Theorie der zwei Plasmaarten als Grundlage der Symbiogenesis, einer neuen Lehre von der Entstehung der Organismen.

Von Prof. Dr. C. Mereschkowsky.

Inhaltsverzeichnis. Vorwort. — I. Zwei Plasmaarten. — II. Die Atmung. — III. Die Beziehung zur Temperatur. — IV. Die Synthese der Eiweißstoffe. a) Bakterien. b) Pilze. c) Cyanophyceen. d) Chromatophoren. — V. Die Bewegung. — VI. Chemische Zusammensetzung. — VII. Beziehung zu Giften und die Widerstandsfähigkeit im allgemeinen. — VIII. Die übrigen Unterschiede. — IX. Schlussfolgerungen aus der Theorie der zwei Plasmaarten.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Biologisches Zentralblatt](#)

Jahr/Year: 1910

Band/Volume: [30](#)

Autor(en)/Author(s): Khainsky A.

Artikel/Article: [Physiologische Untersuchungen u`ber Paramecium caudatum. 267-278](#)