

Nachdruck verboten.  
Übersetzungsrecht vorbehalten.

Aus dem M. NENCKI-Institut für Experimentelle Biologie, Warschau,  
und dem Biologischen Institut der Universität Wilno.

# Körperreorganisation von *Stylonychia mytilus* beim Hungern.

Von

**W. S. Dembowska.**

Mit 2 Abbildungen im Text und Tafel 4.

---

Während der Teilungs- und Regenerationsprozesse vieler Infusorien, sowie während der Konjugation und Encystierung, erfolgt eine tiefgreifende Reorganisation des Zellkörpers. In meinen früheren Arbeiten (1925, 1926) wurden die betreffenden Erscheinungen im Falle der Hypotrichenregeneration eingehend beschrieben. Nach Entfernung eines ganz geringen Protoplasmastückes mit nur einer Wimper wird das gesamte Wimperkleid vollständig reorganisiert, wobei die alten Bewegungsorganellen einer Resorption anheimfallen. Diese Ergebnisse wurden später von TAYLOR (1928) bestätigt. Der Verlauf der Reorganisation entspricht genauestens den während der Teilung stattfindenden und schon von MINKIEWICZ (1901), WALLEN-GREN (1901) und GRIFFIN (1910) beschriebenen Prozessen. In Fortführung dieser Untersuchungen habe ich gefunden, daß eine vollständige Körperreorganisation von *Stylonychia* auch in Abwesenheit jeder Regeneration bzw. Teilung erfolgen kann. In vielen solchen Fällen handelte es sich um Tiere, bei welchen keinerlei Anzeichen der nahen Zellteilung, Konjugation oder Encystierung zu bemerken waren, wie auch eine mechanische Beschädigung des Körpers nicht in Frage kam. Die Reorganisation entsprach stets einer solchen des hinteren Teilungsindividuums, unter Bildung und Resorbierung einer Caudalwarze mit Cirren (DEMBOWSKA, 1925). Solche Tiere

wurden isoliert und beobachtet. Nach der vollzogenen Reorganisation erfolgten in mehr oder minder regelmäßigen Zeitabständen mehrere weitere Reorganisationsprozesse, welchen in Hungerkulturen keine Zellteilung nachfolgte. Mit einer Endomixis haben diese Erscheinungen nichts zu tun; denn die für eine Endomixis charakteristischen Kernprozesse fehlen.

Es entstand die Vermutung, daß nach Ausschaltung der Reize, welche die bisher bekannten Reorganisationsprozesse einleiten, der auslösende Faktor einer solchen Spontanreorganisation in ungünstigen Kulturbedingungen, insbesondere im Hunger zu suchen ist. Nach durchgeführter Reorganisation besitzt eine *Stylonychia* vollkommen normale Körperproportionen, und zwar ganz unabhängig von der absoluten Körpergröße, die sehr verschieden sein kann. Es ließ sich von vornherein vermuten, daß eine Verkleinerung des Gesamtorganismus nur auf dem Wege einer vollständigen Reorganisation zur Wiederherstellung normaler Körperproportionen führen kann, was auch im Laufe weiterer Beobachtungen und Versuche eine Bestätigung fand. Von den zahlreichen möglichen Faktoren, welche eine Körperverkleinerung bewirken und die morphologischen Verhältnisse beeinflussen, habe ich in der vorliegenden Arbeit den Einfluß des Hungers näher untersucht.

### Material und Methode.

Als Objekt dienten mir *Stylonychia mytilus* aus reichlichen, gut gedeihenden Kulturen. Die Ausgangsgröße der Versuchstiere betrug meist 30 Teilstriche des Mikrometerokulars (ca. 375  $\mu$ ). Sämtliche Dimensionen werden in dieser Arbeit in den genannten Einheiten (1 Teilstrich = ca. 12,5  $\mu$ ) ausgedrückt. Einzeltiere kamen in einen Tropfen reinen Leitungswassers, ohne Nahrung. Um die Beweglichkeit des Tieres, welche das Messen außerordentlich erschwert, einzuschränken, brachte ich die Infusorien in einen sehr flachen Wassertropfen. Auf den Objektträger klebte ich einen kleinen Rahmen aus Glas, Paraffin oder Celluloid von ca. 0,3—0,4 mm Dicke. In die Mitte des Rahmens kommt der Wassertropfen mit dem Tiere, der Rahmen wird mit Vaseline besmiert und der Tropfen mit einem Deckglas zugedeckt. Unter solchen Verhältnissen kann der Tropfen monatelang gehalten werden, ohne daß eine Verdunstung des Wassers zu befürchten ist. Es muß darauf geachtet werden, daß die Ränder des Tropfens den Rahmen nicht berühren, um eventuelle chemische Einflüsse des Rahmenmaterials oder des Klebstoffes zu vermeiden. In einem solchen stark abgeflachten Tropfen vermögen die Stylo-

nychien nicht zu schwimmen und auch ihre Laufbewegungen sind bedeutend eingeschränkt. Doch zeigten Kontrollversuche, daß die Lebensdauer der Infusorien unter angegebenen Bedingungen nicht leidet, und wenn der Tropfen am Anfang eine ganz geringe Nahrungsmenge enthielt, etwa Bakterien der Heuinfusion, so lebten die Tiere darin, ohne Mediumwechsel, über 2 Monate.

Alle Beobachtungen über die Reorganisation protoplasmatischer Gebilde beziehen sich auf lebende Tiere und nur die feineren Einzelheiten der Kernprozesse wurden an gefärbten Präparaten verfolgt. Was übrigens die Macronuclei anbelangt, so sind dieselben am lebenden Tier sehr deutlich sichtbar.

### Beschreibung der Versuche.

#### Die Wachstumsgeschwindigkeit eines normalen Infusors.

Stylonychien von 30 Teilstrichen Länge traten in meinen Kulturen am häufigsten auf, diese Körpergröße dürfte demnach dem „erwachsenen“ Zustande entsprechen. Sofort nach beendeter Teilung beträgt die Körperlänge ca. 20 Striche, wobei zu bemerken ist, daß die Zweiteilung gewöhnlich noch vor der Vollendung der Reorganisation und Wiederherstellung normaler Proportionen stattfindet. Die genannten Prozesse nehmen noch etwa 1 Stunde nach beendeter Teilung in Anspruch und eben in dieser Periode beträgt die Länge des Körpers 20 Striche oder etwas darüber. Gibt man dem jungen Tiere Nahrung, so beginnt ein schnelles Wachstum und nach etwa 3 Stunden (also 4 Stunden seit der Teilung) erreicht es die Länge von 30 Strichen. In den folgenden 8—9 Stunden ist der Zuwachs sehr gering; dann aber kommt eine zweite Periode des schnelleren Wachstums, obwohl die Nahrungsmenge dieselbe geblieben ist. Die Länge des Infusors erreicht in 2 Stunden 40 Striche und darüber. Wahrscheinlich nimmt das Tier in dieser Zeit mehr Wasser auf.

Noch später verändern sich die Körperproportionen, das Tier wird länglicher, was den Beginn der neuen Teilungsreorganisation ankündigt. Diese Periode hat mit dem eigentlichen Wachstum schon nichts mehr zu tun; die Körpermasse wird dabei nicht vergrößert. Die angeführte Kurve zeigt die Veränderungen der Körperlänge zwischen zwei aufeinanderfolgenden Zellteilungen; Abscissen = Stunden nach der erfolgten Zweiteilung, Ordinaten = Körperlänge in Teilstrichen des Mikrometerokulars. In *a* wird die Teilungsreorganisation beendet, in *b* setzt die neue Reorganisation ein.

## Verlauf des Reorganisationsprozesses.

Einzel-tiere leben in einem flachen Tropfen reinen Leitungswassers 14—19 Tage. Die Körperlänge verkleinert sich während dieser Zeit etwa dreifach, also zu ca. zehn Strichen. Das Tier macht mehrmals einen vollständigen Reorganisationsprozeß durch, ohne sich zu teilen.

In einem bestimmten Momente werden die Bewegungen des Tieres auf eine charakteristische Weise verändert: das Infusor bewegt sich oft rückwärts und von Zeit zu Zeit wird die Lokomotion überhaupt aufgehoben, obwohl dabei die Tätigkeit der Peristomwimpern und der seitlichen Körpercilien deutlich beschleunigt wird. Die allgemeine Körperform ändert sich: das Tier wird oval.

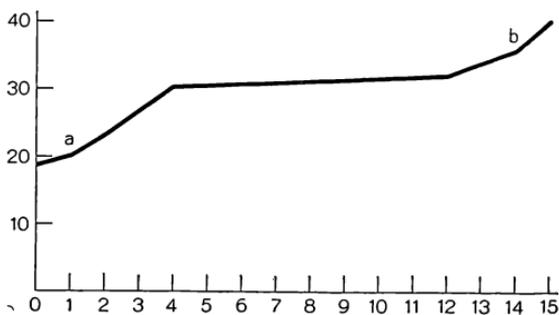


Abb. 1.

Kontraktionsperiode der pulsierenden Vakuole wird etwas gekürzt: normal beträgt sie ca. 23 Sekunden, jetzt nur 18—19 Sekunden. In der Nähe des vorderen Kernes erscheint ein Cilienfeld (Taf. 4 Fig. 2, 2 CF), mit 18 Cilienanlagen, ganz ähnlich wie bei der Re-

generation. In der Hungerreorganisation wird das gesamte Cilienkleid erneuert, obwohl sämtliche Bewegungsorganellen intakt geblieben sind und gut funktionieren.

Etwa 1 Stunde nach dem Beginn des Prozesses werden Veränderungen im Kernapparat sichtbar. Die normale *Stylonychia* besitzt zwei Macronuclei und in der Nähe derselben, an der dem Peristom zugewandten Seite, zwei Micronuclei (Taf. 4 Fig. 2, 1). Die Längsachsen der Macronuclei stehen unter einem bestimmten Winkel zueinander. Wie am lebenden Tiere sichtbar, nehmen zunächst die anfangs ovalen Macronuclei eine etwas unregelmäßige Gestalt an (Taf. 4 Fig. 2, 3), was besonders für den vorderen Großkern zutrifft. Dann stellen sich die Längsachsen beider Macronuclei in eine Gerade, sie nehmen Kugelgestalt an (Taf. 4 Fig. 2, 4), wonach sie sich in die Länge ausziehen. Die beiden Kerne nähern sich einander, wobei der hintere Kern etwas nach vorn rückt (Taf. 4 Fig. 2, 5). Doch findet eine Verschmelzung der Macronuclei nicht statt, und zwar im Gegensatz zur Zellteilungsreorganisation, wo sich die beiden Großkerne zu einem abgerundeten

Einzelkern vereinigen, welcher sich dann zweimal aufteilt. In unserem Falle aber kommt es höchstens zur gegenseitigen Berührung der Kerne, was übrigens nur kurz andauert. Nach Fixierung und Färbung solcher Tiere habe ich ausnahmslos die beiden Macronuclei getrennt gefunden. Es ist von Interesse, daß trotz dieses Unterschiedes der einmal mobilisierte Kernmechanismus die deutliche Tendenz zeigt, den ganzen für die Zellteilung charakteristischen Zyklus durchzumachen. Nach der gegenseitigen Annäherung und nach der abermaligen Trennung und Abrundung (Taf. 4 Fig. 2, 6) beginnen sich die Großkerne durchzuschüren (Taf. 4 Fig. 2, 7). Dies ist besonders am vorderen Macronucleus deutlich, welcher sich oft tatsächlich zweiteilt, wobei ein Infusor mit drei Großkernen entsteht (Taf. 4 Fig. 2, 8). Dieser letztere Zustand dauert sehr lange, aber vor der nächsten Reorganisation besitzt das Infusor stets nur zwei Großkerne. Ich vermag nicht genau anzugeben, was mit dem dritten Macronucleus geschieht. Nur in wenigen Fällen gelang es mir festzustellen, daß sich die zwei aus dem vorderen Macronucleus entstandenen Kerne wiederum zu einem Kern vereinigen. In sehr vielen Fällen wird die erwähnte Durchschnürung der beiden Macronuclei rückgängig gemacht und es entstehen wiederum zwei einheitliche Kerne (Taf. 4 Fig. 2, 9). Nach der beendeten Reorganisation zeigt die Kernsubstanz ein etwas anderes Bild, indem der Kern keinerlei Granulationen mehr aufweist, welche vor der Reorganisation regelmäßig vorhanden sind. Auch diese Veränderung entspricht einigermaßen den während der Zellteilung auftretenden Erscheinungen (SUMMERS, 1935).

Was nun das Verhalten der Micronuclei anbelangt, so ist dasselbe stark variabel. Es wird allgemein angenommen, daß *Stylonychia* zwei Macro- und zwei Micronuclei besitzt. Untersucht man aber eine größere Anzahl der erwachsenen Tiere (Größe 30 Teilstriche), so zeigt sich, daß nur ganz wenige Individuen diese Verhältnisse aufweisen. Gewöhnlich ist die Anzahl der Micronuclei höher und nur unmittelbar vor der Reorganisation findet man tatsächlich stets zwei. Während des Reorganisationsprozesses teilen sich die beiden Micronuclei einmal (Taf. 4 Fig. 2, 5 u. 6) und die gebildeten vier Kerne findet man sehr lange nach der abgeschlossenen Reorganisation. Niemals konnte ich eine Verschmelzung der Kleinkerne feststellen, und doch beträgt deren Zahl vor der nachfolgenden Reorganisation regelmäßig zwei. Die Lage der Micronuclei ist außerordentlich variabel: sie befinden sich einmal an den Spitzen der beiden Großkerne, ein anderes Mal an deren Flanken, oder von denselben weit entfernt.

Es ist jedenfalls nicht daran zu zweifeln, daß der Kernapparat an der Hungerreorganisation teilnimmt. Es ist auch sicher, daß der allgemeine Verlauf der Veränderungen desselben in sämtlichen Reorganisationstypen derselbe ist. Es bestehen nur ganz sekundäre Unterschiede. So treten bei der Zellteilung die Kernspalten (BÜTSCHLI, 1876; MANWELL, 1928; SUMMERS, 1935) viel deutlicher auf. Dieselben sind in der Hungerreorganisation verschwommen, und bei der Regeneration sind sie überhaupt abwesend.

Im weiteren Verlauf der protoplasmatischen Reorganisation, zu der Zeit, wenn der hintere Macronucleus nach vorn rückt, verschiebt sich auch die ganze granuläre Protoplasmamasse nach vorn, wobei der caudale Teil des Tieres ganz durchsichtig wird (Taf. 4 Fig. 2, 10). In der Hungerreorganisation ist diese Erscheinung besonders auffallend, auch ist hier die Größe des so veränderten caudalen Körperteils besonders bedeutend. Der ganze Zellkörper rundet sich ab, manchmal wird er ganz kugelig und nur der caudale Teil, welcher von dem übrigen Körper sehr deutlich abgegrenzt ist (Taf. 4 Fig. 2, 10—15), bildet eine Art Warze. Diese letztere verschiebt sich nach links (Taf. 4 (Fig. 2, 12, 13), sie wird allmählich immer kleiner und schließlich verfällt sie samt den drei Caudalborsten und fünf Caudalcirren einer Resorption. Zu derselben Zeit werden nach und nach alle alten Wimpern resorbiert, wobei neue im Cilienfelde (Taf. 4 Fig. 2, 2 CF) gebildete Wimpern zu deren Ansatzstellen wandern. Ebenso verschwinden die Cilien der Körperflanken und des Peristomfeldes. Einige Zeitlang ist demnach die Bewimperung des Infusors eine doppelte (Taf. 4 Fig. 2, 16) und sobald die alten Organellen ihre Bewegung einstellen, treten an ihre Stelle neue Wimpern, welche sich durch eine lebhaftere Bewegung auszeichnen. Doch bleibt das Tier während des ganzen Reorganisationsprozesses fast unbeweglich und erst nach vollzogener Reorganisation nimmt es allmählich die unterbrochene Bewegung auf.

Nach der erfolgten Regulation der Körpergestalt bleiben die Dimensionen des Tieres fast dieselben wie vor der Reorganisation. Dies hängt übrigens damit zusammen, wie oft das betreffende Individuum die Reorganisation durchgemacht hatte, worauf ich noch zurückkomme. Der gesamte Reorganisationsprozeß dauert 3—4 Stunden und es ist zu betonen, daß in allen mir bekannten Reorganisationsfällen — sei es bei der Zellteilung, der Regeneration oder dem Hunger — die Dauer des Prozesses dieselbe bleibt. Erst nach mehrmaliger Hungerreorganisation wird diese Dauer verlängert.

## Veränderungen der Körpergröße während des Hungerns.

Während der ganzen Beobachtungszeit verminderte sich die Körperlänge von 30 Teilstrichen zu 10 oder sogar 8 Strichen, also ungefähr auf ein Drittel. In 987 Einzelbeobachtungen erfolgte der Hungertod am 14., höchstens am 20. Tage des Hungerns. Die Verkleinerung des Infusors ist langsam und allmählich in der ersten Zeit, beschleunigt gegen das Ende des Lebens. Die zugehörige Kurve verläuft anfangs annähernd linear, um später ziemlich steil abzufallen (Abszissen: Tage des Hungerns, Ordinaten: Körperlänge in Teilstrichen des Mikrometers).

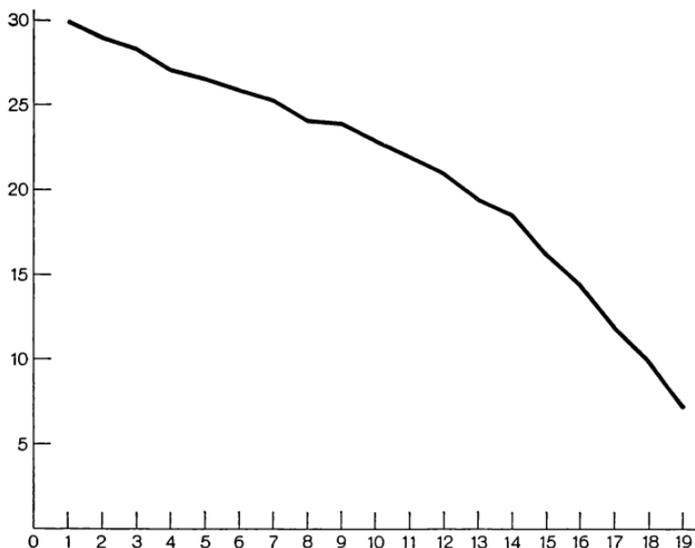


Abb. 2.

Die sehr langsame Verminderung der Körperdimensionen erschwerte eine genaue Messung, und aus diesem Grunde vermag ich nicht mit Sicherheit anzugeben, ob die Verminderung kontinuierlich ist, oder aber in Abhängigkeit von den wiederholten Reorganisationen sprunghaft verläuft. Ich habe eine Reihe von Dauerbeobachtungen unternommen, wobei die Tiere Tag und Nacht alle 2 Stunden gemessen wurden. Es wurden jeweils drei Bestimmungen vorgenommen, und zwar die Länge des Infusors, seine größte Breite und die Breite des Hinterendes auf der Höhe des hinteren Körperdrittels. Es gelang nicht, das Volumen des Tieres zu bestimmen, wegen der unregelmäßigen Körpergestalt, wobei die Dicke des Infusors an einzelnen Stellen stark verschieden ist. Es ist noch zu berück-

sichtigen, daß sich das Tier meist in Bewegung befindet und daß es oft beträchtliche Mühe kostet eine *Stylonychia* zwecks Messung im kurzen Momente des Bewegungsstillstandes zu erwischen. Trotzdem führte ich insgesamt 5040 systematische Einzelmessungen aus, denen sich noch zahlreiche, mehr zufällige Bestimmungen zugesellen.

Jedes Infusor meiner kontinuierlichen Beobachtungsreihen begann den Hunger im Alter von 6 Stunden seit der letzten Zellteilung. Seine Länge betrug stets 30 Teilstriche. Schon in den ersten Tagen des Hungerns treten gewisse Regelmäßigkeiten auf. Die erste Reorganisation erfolgt gewöhnlich im Alter von 14—16 Stunden. Da in meinen Kulturen die normalen Zellteilungen durchschnittlich alle 15 Stunden stattfanden, glaubte ich, daß der Rhythmus der Reorganisationsprozesse demjenigen der Zellteilung entspricht. Tatsächlich teilte sich in manchen Fällen das Kontrollindividuum, also ein normal ernährtes Schwestertier des Versuchsinfusors, in denselben Fristen. Doch wird diese Rhythmik nach und nach immer weniger deutlich.

Die Zahlen, welche die Körperverkleinerung während des Hungerns wiedergeben, lassen sich ziemlich schwer statistisch auswerten. Im ganzen habe ich fünf solcher vollständiger Serien an fünf Individuen ausgeführt. Jedes davon war 14—20 Tage lang Tag und Nacht je 2 Stunden gemessen. Aus Raummangel führe ich nur die durchschnittlichen Zahlen an. Das Resultat aller Serien war übrigens auffallend gleichmäßig. In der nachstehenden Tabelle bezieht sich die erste Zahl jeder Zeile auf die Länge der Zeitspanne (in Stunden) zwischen der vorigen und der nächsten Reorganisation, die zweite Zahl bedeutet die Dauer des zugehörigen Reorganisationsprozesses. Also 17 Stunden nach der letzten Teilung des Tieres erfolgte eine Reorganisation, welche 4 Stunden dauerte, nach weiteren 17 Stunden begann eine zweite Reorganisation usw. Die Summe beider Zahlen einer Zeile bedeuten demnach die Länge der vollen Reorganisationsperiode.

#### Reorganisationsfristen von fünf Individuen.

1. 17,0—4,0	10. 12,0—4,5	19. 8,5—6,0
2. 17,0—4,0	11. 12,0—4,5	20. 9,5—6,0
3. 15,5—4,0	12. 11,5—5,0	21. 8,5—6,0
4. 15,5—4,0	13. 10,5—5,0	22. 8,0—6,5
5. 15,5—4,0	14. 10,5—5,0	23. 9,5—7,0
6. 14,5—4,0	15. 10,0—5,5	24. 9,0—7,0
7. 14,0—4,0	16. 10,0—6,0	25. 8,0—7,5
8. 14,0—4,0	17. 10,0—6,0	26. 7,0—8,0
9. 12,0—4,5	18. 9,5—6,0	

Der Tabelle ist zu entnehmen, daß während der ganzen Beobachtungsdauer die Infusorien durchschnittlich 26 vollständige Reorganisationen durchgemacht hatten. Wie man sieht, tritt mit fortschreitendem Hunger die Reorganisation immer öfter ein. Am 9.—10. Tage bemerkt man eine allmähliche Verlängerung der Reorganisationsdauer, zu Ende des Versuchs kann dieselbe 6,7 und sogar 8 Stunden erreichen. Demgegenüber verkürzt sich merklich das Zeitintervall zwischen zwei aufeinanderfolgenden Reorganisationen, und zwar so bedeutend, daß in einigen Fällen sofort nach beendeter Reorganisation eine neue einsetzt. Das Tier befindet sich gewissermaßen im Zustande permanenter Regulation. Allem Anschein nach wird der „Trieb“ zur Reorganisation immer stärker, die Möglichkeit zu deren Durchführung immer schwerer. Es kommt oft vor, daß das Infusor während einer sich viele Stunden hinziehenden Reorganisation zugrunde geht.

Selbst in den letzten Lebenstagen kommt es in der Regel zu einer Regulation der vor jeder Reorganisation deformierten Körpergestalt. Dennoch verbleibt das maximal reduzierte Tier (ca. 112  $\mu$  Länge) verhältnismäßig sehr lange im deformierten Zustande, ohne eine Reorganisation anzutreten. Offenbar fehlt die dazu notwendige Energie. Der ganze Zellkörper ist dann mit körnigen Umsatzprodukten überfüllt und nach dem schließlichen Tode des Tieres bleibt an dessen Stelle nur ein winziges Körnerhäufchen. Das Bild eines sterbenden Tieres ist charakteristisch und von dem aller anderen Todesfällen verschieden.

Es ist anzunehmen, daß die Verkleinerung des Körpers sowohl während des Reorganisationsprozesses, wie auch in der Zwischenzeit erfolgt. Das erstere ist besonders am Ende des Hungerns deutlich, wenn der Reorganisationsvorgang stark verlängert ist.

Bemerkenswert sind die Veränderungen der Körpergestalt. Der Einsatz der Reorganisation wird in der Regel durch eine Verschmälerung des caudalen Körperteiles signalisiert. Das Tier schneidet gewissermaßen einen beträchtlichen Teil des eigenen Körpers in Gestalt einer Caudalwarze ab (Taf. 4 Fig. 10, 11, 14, 15). Je weiter der Hunger fortgeschritten ist, desto größer die Warze. In den letzten Hungertagen scheint der eigentliche Körper als Anhängsel des unproportional großen Caudalteiles zu sein. Nichtsdestoweniger verschwindet diese ganze Warze nach beendeter Reorganisation und wiederum erscheint das Tier in seiner typischen Form (Taf. 4 Fig. 15). So gestalten sich diese Verhältnisse bei Oberflächenansicht. Das Wesen der Gestaltungsbewegungen besteht aber darin, daß das

gesamte körnige Endoplasma nach vorn rückt, wogegen der scheinbar ausgedehnte Caudalteil in Wirklichkeit außerordentlich dünn und flach ist. Derselbe bildet beinahe einen leeren Pellikularsack, wogegen die ganze aktive Substanz sich in der Nähe beider Kerne sammelt. So wird es verständlich, daß trotz Resorption eines anscheinend sehr großen Körperteiles (Taf. 4 Fig. 15) das Volumen des regulierten Tieres kaum merklich vergrößert wird.

Kontrolltiere, welche entweder im hängenden Tropfen oder in einem größeren Gefäß mit mehrmals gewechseltem Leitungswasser ohne Nahrung gehalten wurden, verhielten sich ganz ähnlich; es sind keinerlei nennenswerte Unterschiede aufgetreten. Es zeigen sich jedoch sehr deutliche Verschiedenheiten in Abhängigkeit von der Bevölkerungsdichte der hungernden Infusorien. Hält man Einzeltiere in zehn Gefäßen, so sieht man nur selten mehr als zwei Reorganisationsprozesse auf einmal eintreten. Bringt man aber diese zehn Tiere in ein Gefäß, so erfolgt die Reorganisation nahezu synchron. Diese Beobachtung steht im Einklang mit sehr vielen bekannten Tatsachen, welche den entscheidenden Einfluß der Bevölkerungsdichte auf das Verhalten der Tiere beweisen und die im Biologischen Institute der Universität Wilno auch an Infusorien geprüft wurden (BORENSTEIN, 1938; GÖRSKI, 1938).

### **Einige weitere Beobachtungen.**

Die Tiere, mit welchen ich die beschriebenen fünf Versuchsserien durchgeführt habe, waren sorgsam selektioniert, und zwar sowohl in bezug auf deren Größe, wie auch auf deren Aussehen. Mit anders beschaffenen Infusorien, etwa kleineren oder mit dunklem körnigem Plasma und dgl., habe ich ebenfalls experimentiert. Solche Stylo-nychien zeigen ein sehr variables Verhalten, obwohl alle im Hunger eine wiederholte Reorganisation durchmachen. Einige davon beginnen den Prozeß schon nach 3—4 Stunden Aufenthalt im Versuchsgefäß; andere tun dies erst nach 30 Stunden oder mehr. Viele leben kurz, indem sie sich frühzeitig deformieren und zugrunde gehen. Ein solcher vorzeitiger Tod tritt stets vor der ersten Reorganisation bzw. nach einer solchen ein. In mehreren Fällen erfolgt bald eine Encystierung, welcher ebenfalls spezifische und von mir nicht näher analysierte Reorganisationsprozesse vorangehen. Ohne Zweifel findet auch in diesem Falle sowohl eine protoplasmatische, wie eine Kernreorganisation statt; deren Dauer ist aber größer. Zunächst kommt es zu einer Kernreorganisation, welche nach dem Verschmelzen beider Macronuclei aufgehalten wird. Auch die Resorption des Wimper-

kleides ist zu beobachten, doch geschieht dies noch vor der Bildung neuer Wimpern. Aus Untersuchungen von GARNJOBST (1937) folgt, daß die neuen Wimpern erst vor der Excystierung gebildet werden. Nach meinen diesbezüglichen vereinzeltten Beobachtungen ist der Reorganisationsprozeß auch bei der Encystierung prinzipiell derselbe. Er geht sowohl bei En- wie Excystierung vor sich; im Ruhezustande der Cyste ist er unterbrochen. Eine durch Hunger ausgelöste Encystierung erfolgt gewöhnlich bald nach der Versuchsanstellung, seltener nach einigen Tagen. Sobald aber das Tier einige Hungerreorganisationen durchgemacht hatte, wird sich dasselbe sicher nicht encystieren.

Von großem Interesse ist das Verhalten solcher Tiere, welche aus der Teilung eines Hungertieres hervorgegangen sind und niemals Nahrung aufgenommen hatten. Es kommt vor, daß nach Übertragung des Infusors in reines Leitungswasser eine Teilung stattfindet. Die Länge der entstandenen jungen Tiere beträgt ca. 20 Striche und nach der Zweiteilung ist deren Wachstum ganz unbedeutend. Nach Erlangung einer bestimmten Größe (22—23 Striche) wird dieselbe beibehalten. Die Tiere schwimmen munter umher, nach und nach werden sie ganz flach und außerordentlich durchsichtig, sie enthalten keinerlei Granulationen, welche man sonst bei hungernden Infusorien regelmäßig vorfindet. Nach etwa 14—20 Stunden gehen diese Infusorien ein, wobei sie wörtlich verschwinden, ohne irgendeine sichtbare Spur zu hinterlassen. Bei solchen Infusorien tritt nie eine Reorganisation auf. Die Verkleinerung des Körpers erfolgt hier im Wege der Verflachung. Diesem Prozeß können offenbar die ziemlich starren, differenzierten Ectoplasmastrukturen nicht nachfolgen, was einen Zustand der Ectoplasmaspannung hervorrufen muß. Dieser letztere führt schließlich zum Platzen und Zerfließen des ganzen Körpers.

Wird dem Infusor Nahrung in sehr geringen Mengen zugeführt, so lebt das Tier beträchtlich länger. Es macht ebenfalls wiederholte Reorganisationen in übrigens unregelmäßigen Fristen durch und teilt sich nicht. Das individuelle Leben einer *Stylonychia* konnte auf diese Weise bis 4 und sogar 5 Monate aufrecht erhalten werden. Die Nahrungsmenge war gerade genügend, um dem Tiere das Minimum des notwendigen physiologischen Funktionierens zu ermöglichen, zu klein jedoch, um das Wachstum oder die Zellteilung möglich zu machen. Diese Tatsache bildet eine interessante Parallele zu vielen bekannten Versuchen, das individuelle Leben der Infusorien zu verlängern. Insbesondere wären die Versuche von HARTMANN (1922,

1928) an Amöben und Stentoren zu erwähnen, dann diejenigen von CHEFJEC (1929) an *Paramecium* sowie BAUER und GRANOWSKAJA (1934) an *Oxytricha*. Auch in meiner früheren Arbeit (1925) teilte ich mit, daß nach wiederholter Amputation von Körperteilen das individuelle Leben der *Stylonychia* bedeutend verlängert wird.

### Besprechung der Ergebnisse.

Die beschriebenen Erscheinungen werfen die Frage nach dem Wesen des Reorganisationsreizes auf. Die Realisierung der formbildenden Potenzen einer *Stylonychia* findet in allen bisher bekannten Reorganisationsfällen, sei es im Hunger oder bei Zellteilung, Regeneration und Encystierung prinzipiell auf dieselbe Weise statt. Die Übereinstimmung dieser recht komplizierten Prozesse in allen wesentlichen Einzelheiten sowie ihre immer gleiche Dauer beweisen, daß wir mit derselben Fähigkeit des Organismus zu tun haben.

Was zunächst die Zellteilung anbelangt, so erreicht das Tier eine bestimmte maximale Größe, wonach in der Körpermitte eine quer verlaufende Grenzschrift entsteht, welche das Vordertier von dem Hintertier physiologisch trennt. Dies geschieht noch, bevor die morphologischen Anzeichen einer nahen Teilung äußerlich sichtbar sind. Wie in meiner früheren Arbeit (1925) ausgeführt, läßt sich das Vorhandensein einer solchen morphologisch nicht darstellbaren Schicht leicht nachweisen. Wird ein sich zur Teilung anschickendes Infusor quer durchschnitten, namentlich in der Nähe der künftigen Teilungsebene (Taf. 4 Fig. 17), so erfolgen im nicht beschädigten Teilungspartner (gegebenenfalls im hinteren) normale Reorganisationsprozesse, welche in normaler Frist zur Entstehung eines vollständigen Infusors führen. Das mit diesem Partner verbundene kernlose Protoplaststück, welches sich zwischen der Teilungsebene und der Wundfläche befindet, wird einfach abgeschnürt und abgeworfen, es ist von dem entstehenden Tiere physiologisch isoliert. Das Vorhandensein der Grenzschrift bewirkt, daß die beiden aus der normalen Teilung hervorgehenden Individuen ihre formbildenden Prozesse voneinander unabhängig durchmachen, wobei sowohl in der Nähe des vorderen wie des hinteren Macronucleus ein Wimperfeld mit je 18 Anlagen entsteht.

Anders in der Regeneration. Wird ein normales, „erwachsenes“ Tier operiert, so besitzt es keine Trennungsschicht (diese wird ja erst vor der Zellteilung gebildet) und seine beiden Kerne sind miteinander funktionell verbunden. Da in diesem Falle nur ein Cilien-

feld mit 18 Anlagen entsteht und zwar in der Nähe des vorderen Macronucleus, wird die Hypothese berechtigt, daß die entstehende Vorderanlage des Wimperkleides die Bildung einer solchen im Hintertere hemmt. Diese Vermutung stimmt mit der Gradientenlehre, sowie mit der allgemein bekannten Erscheinung einer gegenseitigen Hemmung verschiedener Organisationszentren gut überein.

Und abermals dieselbe Erscheinung sehen wir in der Hungerreorganisation, auch hier wird nur das vordere Cilienfeld gebildet. Warum erfolgt jedoch in einem äußerlich nicht beschädigten Tier die Reorganisation? In der Zellteilung ist der Reorganisationsreiz verständlich. Die Grenzschicht vermindert die Dimensionen des biologischen Systems unter vollständiger Störung der normalen Körperproportionen. Die in jedem Teilungspartner verbleibenden alten Organellen werden nunmehr unvollständig und zweimal zu groß, und dieser Umstand muß den Zustand einer gewissen physiologischen Spannung schaffen, welche als der eigentliche Restitutionsreiz betrachtet werden darf. Die Regeneration, als Folge einer mechanischen Verletzung, ist ebenfalls mit einer Verkleinerung des biologischen Systems verbunden. In diesem Zusammenhange ist es besonders interessant, daß die Zeitspanne, nach welcher die Regeneration einsetzt, von der Beschädigungsgröße unmittelbar abhängt. Je größer die Beschädigung, um so früher beginnt die Regeneration, also um so stärker ist der Restitutionsreiz. Demgegenüber ist die Dauer des Reorganisationsprozesses selbst weitgehend konstant und von dem Grad der Beschädigung unabhängig. Es handelt sich offenbar um Wirkungen eines konstanten Mechanismus, welcher eine charakteristische Eigenschaft der lebendigen Substanz des Tieres ist.

Genau dasselbe gilt im Falle der Hungerreorganisation. Auch hier wird der Zellkörper eines hungernden Infusors unter Verbrauch seiner Teile verkleinert. Zugleich vermögen verschiedene komplizierte und mehr minder starre Strukturen, wie das Peristom, die Wimpern und dgl. der allgemeinen Verkleinerung nicht zu folgen; diese erfolgt hauptsächlich auf Kosten des Entoplasmas. Die Verkleinerung des biologischen Systems ist also unproportional, und als Folge davon muß ein Zustand physiologischer Spannung eintreten. *Stylonychia* verfügt nur über einen einzigen Mechanismus, um die gestörten Proportionen wieder herzustellen: sie setzt den Reorganisationsprozeß in Bewegung. Die Regulation folgt gewissermaßen dem Alles-oder-Nichts-Gesetze: entweder wird nichts reguliert und das Tier geht zugrunde, oder aber ist die Regulation mit einer totalen Reorganisation verbunden.

Es verdient nochmals hervorgehoben zu werden, daß mit dem Fortschreiten des Hungerns die Caudalwarze immer größer wird. Das Protoplasma, welches den hinteren Körperteil bildet, verschiebt sich in der Reorganisationsperiode nach vorn, das ganze Entoplasma des Tieres sammelt sich in der Nähe der Zellkerne. Es ist uns auch sonst bekannt, daß eben in dieser Gegend der Zelle die lebhaftesten Umsatzprozesse vor sich gehen. Man gewinnt den Eindruck, daß gerade in diesem Moment die innere feinste Reorganisation der lebendigen Substanz vor sich geht, eine Art „Umstimmung“ derselben.

Viele Einzelheiten des Hungerreorganisationsprozesses bleiben noch unaufgeklärt. Außerdem bildet der Hunger sicher nicht den einzigen Milieufaktor, welcher eine Reorganisation auslöst. Es dürfte hierzu die von LUNTZ (1937) festgestellte Verzögerung der Zellteilung von *Stylonychia* unter Einwirkung des elektrischen Stromes gehören. Dieser Verf. sagt nichts über eine Reorganisation aus. Doch beobachtete er eine beträchtliche Verkleinerung des Infusorienkörpers, wobei solche Individuen bis 20 Tage ohne Zellteilung lebten. Nach allem, was wir über *Stylonychia* wissen, muß geschlossen werden, daß auch in diesem Falle wiederholte Reorganisationen stattgefunden haben. Die elektrische Reizung dürfte demnach noch einen weiteren Faktor bilden, unter dessen Einwirkung eine Reorganisation erfolgt.

Die Fähigkeit zur Reorganisation bildet sicherlich eine der grundlegenden Eigenschaften der lebendigen Substanz. Je nach den Umständen kann dieselbe adaptiv etwas verschiedene Formen annehmen, doch bleibt sie prinzipiell immer konstant. Der Reorganisationsprozeß ist viel konstanter als der ihn auslösende Reiz; das Ergebnis der Reorganisation ist aber noch wesentlich konstanter als ihr Verlauf. Immer entsteht schließlich ein normales Infusor, obwohl die Wege, welche dazu führen, im einzelnen etwas variieren können. Unter diesen Umständen bleibt eigentlich das Wesen des auslösenden Reizes nebensächlich. Der Kern der Frage liegt in der Regulationsfähigkeit, im Vorhandensein eines bestimmten Mechanismus, welcher durch verschiedene Ursachen in Gang gesetzt werden kann. Ich erinnere an künstliche Parthenogenese und an das Organisatorenproblem. Auch auf diesen Gebieten mußte man schließlich den Schwerpunkt von der spezifischen Natur des auslösenden Reizes auf die spezifische Reaktionsfähigkeit des Organismus verlegen.

Nichtsdestoweniger verdienen einige Einzelheiten eine spezielle Aufmerksamkeit. Ich meine besonders die Ursachen der Encystierung

sowie deren Zusammenhang mit Reorganisationsprozessen, dann die Frage nach der Umkehrbarkeit der Hungerveränderungen. Diesen Fragen gedenke ich weitere Untersuchungen zu widmen.

### Zusammenfassung.

Im reinen Leitungswasser ohne Nahrung lebt eine *Stylonychia* 14—19 Tage. Während dieser Zeit macht das Tier mehrmals einen Prozeß der vollständigen Körperreorganisation durch, unter Erneuerung des gesamten Wimperkleides und unter Reorganisierung des Kernapparates.

Bei dieser Spontanreorganisation wird ein Cilienfeld mit 18 Anlagen in der Nähe des vorderen Großkernes gebildet, was den bei der Regeneration stattfindenden Vorgängen genau entspricht.

Der Rhythmus der aufeinanderfolgenden Spontanreorganisationen entspricht anfangs demjenigen der Zellteilung, beim fortgeschrittenen Hunger werden die Reorganisationen häufiger, deren Dauer aber größer.

Der Verlauf der protoplasmatischen und der Kernreorganisation ist in allen Reorganisationsfällen prinzipiell derselbe: so bei der Zellteilung, der Regeneration, der Encystierung und der Hungerreorganisation. Es treten nur sekundäre Unterschiede auf.

Der Reiz, welcher die Reorganisation auslöst, besteht wesentlich in einer Störung der Proportionen des biologischen Systems. In der Zellteilung tritt in der künftigen Teilungsebene eine protoplasmatische Grenzschicht auf, welche die beiden in Entstehung begriffenen Individuen physiologisch trennt; in der Regeneration wird der Organismus mechanisch verkleinert; in der Hungerreorganisation erfolgt die Körperverkleinerung auf Kosten des Entoplasmas, wobei ebenfalls die Proportionen des Tieres eine Störung erfahren.

Beim partiellen Hunger macht *Stylonychia* wiederholte Spontanreorganisationen in unregelmäßigen Fristen durch, sie lebt ohne sich zu teilen bis 5 Monate.

---

### Literaturverzeichnis.

- BAUER, E. u. A. GRANOWSKAJA (1934): Die Rekonstruktion des Kernes und die Atmungsprozesse bei *Hypotracha* im Ergebnis operativer Einwirkungen auf das Protoplasma und ihre Abhängigkeit vom Alter. Biol. J. **3**, H. 3. Moskau.
- BORENSTEIN, P. (1938): Einfluß der Bevölkerungsdichte auf das Verhalten von *Paramecium caudatum*. Trav. Soc. d. Sc. et Lettres Wilno, Cl. d. Sc. mathématique. et natur. **12**.

- BÜTSCHLI, O. (1876): Studien über die ersten Entwicklungsvorgänge der Eizelle, die Zellteilung und die Conjugation der Infusorien. Abh. senckenberg. naturforsch. Ges. **10**.
- CALKINS, G. N. (1919): Uroleptus mobilis ENG. I. History of the nuclei during division and conjugation. J. of exper. Zool. **27**.
- (1930): Uroleptus halseyi CALK. II. The origin and fate of the macronuclear chromatin. Arch. Protistenkunde **69**.
- (1933): Biology of the Protozoa. 2 edit. Philadelphia.
- CHEJFEC, M (1929): Die Lebensdauer von Paramecium caudatum in Abhängigkeit von der Nahrungsmenge. Acta Biol. exper. (Warszawa) **4**.
- DEMBOWSKA, W. S. (1925): Studien über die Regeneration von Stylonychia mytilus. Arch. Entw.mechan. **104**.
- (1926): Studies on the regeneration of Protozoa. II. Regeneration of ciliary apparatus in some marine Hypotricha. J. of exper. Zool. **43**.
- GARNJOBST, L. (1937): A comparative study of protoplasmic reorganisation in two Hypotrichous Ciliates, Stylonethes sterkii and Euplotes taylori, with special reference to encystment. Arch. Protistenkunde **89**.
- GÓRSKI, W. (1938): Über das Verhalten von Paramecium caudatum in Lösungen einiger organischen Säuren. Trav. Soc. d. Sc. et Lettres Wilno, Cl. d. Sc. mathémat. et natur. **12**.
- GRIFFIN, L. (1910): Euplotes Worcesteri sp. nov. II. Division. Philippine J. Sci. **5**.
- HARTMANN, M. (1922): Über den dauernden Ersatz der ungeschlechtlichen Fortpflanzung durch fortgesetzte Regenerationen. Biol. Zbl. **42**.
- (1928): Der Ersatz der Fortpflanzung von Amoeba proteus durch fortgesetzte Regenerationen. Zool. J. **45**.
- LUNTZ, A. (1936): Unsterblichkeit von Protozoenindividuen, erhalten durch periodische Reizungen. Arch. Protistenkunde **88**.
- MANWELL, R. D. (1928): Conjugation, division and encystment in Pleurotricha lanceolata. Biol. Bull. Mar. biol. Labor. Wood's Hole **54**.
- MAUPAS, E. (1883): Contributions à l'étude morphologique et anatomique des Infusoires ciliés. Archives de Zool. (2) **1**.
- MINKIEWICZ, R. (1901): Studien über die Protozoen des Schwarzen Meeres. I. Organisation, Teilung und systematische Stellung des Genus Euplotes. Arb. d. naturwiss. Ges. Kasan **35**.
- SUMMERS (1935): The division and reorganization of the macronuclei of Aspidisca lynceus MÜLLER, Diophrys appendiculata STEIN, Stylonychia pustulata EHRBG. Arch. Protistenkunde **85**.
- TAYLOR, C. V. (1928): Protoplasmic reorganisation in Uronychia uncinata sp. nov. during binary fission and regeneration. Physiologic. Zool. **1**.
- TURNER, J. P. (1930): Division and conjugation in Euplotes patella EHRBG., with special reference to the nuclear phenomena. Univ. California Publ. Zool. **33**.
- WALLENGREN, H. (1901): Zur Kenntnis des Neubildungs- und Resorptionsprozesses bei hypotrichen Infusorien. Zool. Jb. **15**.
- YOCOM, H. B. (1918): The neuromotor apparatus of Euplotes patella. Univ. California Publ. Zool. **18**.

## Tafelerklärung.

### Tafel 4.

Fig. 1. Eine normale „erwachsene“ *Stylonychia mytilus* mit 18 Bauchcirren (1—18) und 3 Caudalborsten.

Fig. 2. Anfangsstadium einer Hungerreorganisation. Es ist die veränderte Körpergestalt sowie das Auftreten eines Cilienfeldes (CF) mit 18 Cilienanlagen in der Nähe des vorderen Macro zu beachten.

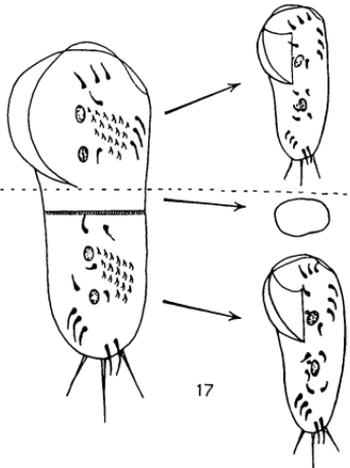
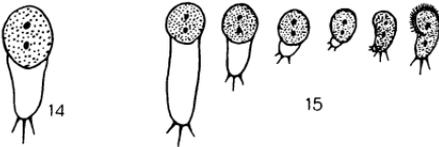
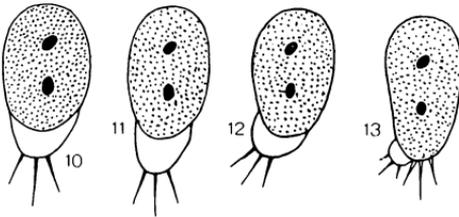
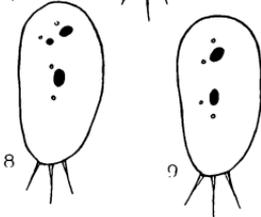
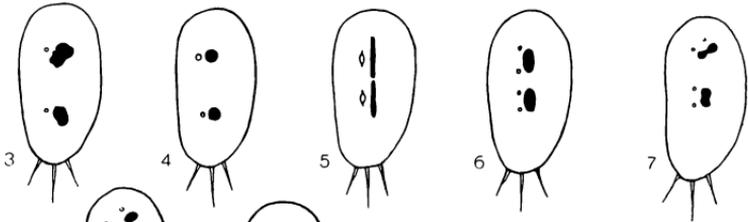
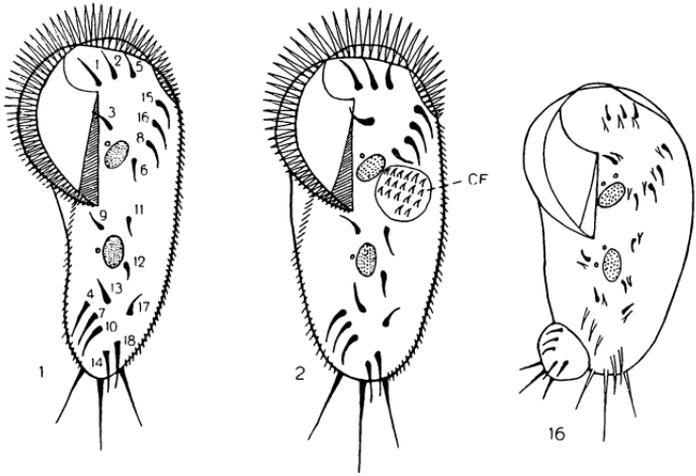
Fig. 3—9. Aufeinanderfolgende Stadien der Kernreorganisation im Hunger.

Fig. 10—15. Stadien der protoplasmatischen Reorganisation. 10—13 an ersten Tagen des Hungerns, 14 Mitte der Hungerperiode, 15 Reorganisation in den letzten Hungertagen. Es ist die enorme plasmatische Warze am Hinterende mit 3 Caudalborsten auffallend.

Fig. 16. Endstadium der Reorganisation in den ersten Hungertagen. Man sieht die doppelte Bewimperung des Tieres und die charakteristische Warze mit 3 Borsten und 5 Cirren, welche später resorbiert wird.

Fig. 17. Frühes Teilungsstadium eines normalen Tieres. Man sieht die beiden Cilienfelder. Die Trennungsschicht in der Körpermitte ist angedeutet. Schneidet man das Tier längs der punktierten Linie quer durch, so entstehen hieraus zwei normale Infusorien, das kernlose Schnittstück zwischen der Teilungsebene und Wundfläche wird abgestoßen.

---



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

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Archiv für Protistenkunde](#)

Jahr/Year: 1938

Band/Volume: [91\\_1938](#)

Autor(en)/Author(s): Dembowska Wiktoria Stansilawa

Artikel/Article: [Körperreorganisation von Stylonychia mytilus beim Hungern. 89-105](#)