

Beobachtungen und Versuche über die Verdauung und Bildung der Kohlenhydrate bei einem amöbenartigen Organismus, *Pelomyxa palustris* Greeff.

Von

Antonín Štolc

(Prag).

Mit Tafel XLI und XLII.

Die vorliegende Arbeit wurde im Jahre 1892 begonnen, sodann während der folgenden Jahre bis 1899 fortgesetzt, wo dieselbe zu einem befriedigenden Abschluss gelangen konnte. Einen Theil der Untersuchungen habe ich während des Sommersemesters 1893 im Laboratorium des Herrn Prof. O. BÜTSCHLI in Heidelberg ausgeführt. Ich erfülle hiermit nur eine angenehme Pflicht, wenn ich an dieser Stelle meinem hochverehrten Lehrer für die mir zu Theil gewordene wissenschaftliche Beihilfe meinen aufrichtigen und herzlichen Dank erstatte.

I.

In meinem Bestreben die Frage der Verdauung und Bildung von Kohlenhydraten bei *Pelomyxa palustris* zu erforschen erkannte ich, dass den Grundstein dieser Frage die Erforschung der sog. Glanzkörper (nach ihrem Entdecker GREEFF) bildet. Diese in der Regel kugelig (zuweilen jedoch fast unregelmäßig) geformten Körper finden sich zahlreich und beständig im Plasmaleibe der *Pelomyxa* vor, was auf eine wichtige Rolle im Dienste dieses Organismus hinweist.

Nach einer langen Versuchsreihe wurde in chemischer Hinsicht die Möglichkeit einer Identität mit verschiedenartigen Stoffen ausgeschlossen, indem z. B. durch die MILLON'sche Probe die Nichtexistenz von eiweißartigen Stoffen in den Glanzkörpern nachgewiesen wurde, etc. Ich kam dann zu der Erkenntnis, dass die Glanzkörper aus einer Hüllmembran und dem von ihr begrenzten Inhalt bestehen,

welcher als Glykogen zu deuten ist, während die Hülle selbst aus einem schwer löslichen Kohlenhydrat zusammengesetzt ist.

Der Inhalt der Glanzkörper hat eine Reihe von Eigenschaften mit den für das Glykogen charakteristischen gemein. In dem Folgenden sollen sie der Reihe nach angeführt werden, während zugleich der Übersichtlichkeit halber auch die Eigenschaften der Hüllmembran zur Sprache gelangen sollen.

1) Das Glykogen erscheint als ein amorpher, schneeweißer Körper. Eben so bieten sich die Glanzkörper der mikroskopischen Betrachtung als glänzende, schneeweiße Körper dar. Diese weiße Beschaffenheit rührt von dem Inhalte her, denn die Hüllmembran ist im isolirten Zustande glashell, durchsichtig. Unter dem Polarisationsmikroskope wird keine Doppelbrechung an den Glanzkörpern beobachtet, sie verhalten sich also wie isotrope Körper.

2) Das Glykogen ist im Wasser löslich. Der Inhalt der separirten Glanzkörper löst sich im Wasser auf, während die Hüllmembranen ungelöst zurückbleiben. Bei der Auflösung quellen die Glanzkörper vorerst unter sichtbarer Volumenzunahme auf. An größeren mit dünner Hüllmembran versehenen Körpern reißt diese alsbald durch, während der Inhalt in dem Wasser sich verliert, bis schließlich nur die gefaltete Haut zurückbleibt. Bei kleineren und mit dickerer Membran versehenen Körpern findet kein Platzen der ersteren statt, vielmehr diffundirt der Inhalt durch die Hülle in das umgebende Wasser hinaus. In diesem Falle bewahrt die Membran bis zur Entleerung des Inhalts ihre glatte Oberfläche und ihre ursprüngliche Gestalt (vgl. Taf. XLII, Fig. 17).

Die Auflösung des Inhaltes geht keineswegs bei allen Glanzkörpern gleich rasch vor sich. Das scheint einerseits mit der Beschaffenheit der Hüllmembran, andererseits mit dem jeweiligen Zustande des Inhaltes der einzelnen Glanzkörper zusammenzuhängen. So fand ich z. B. an einem Individuum der *Pelomyxa* den Inhalt der isolirten, auf dem Objektträger im destillirten Wasser befindlichen Glanzkörper innerhalb $\frac{1}{4}$ Stunde sämmtlich aufgelöst; bei anderen Individuen brauchte es dazu eines Zeitraums von $\frac{1}{2}$, 2, 12, ja sogar bis 24 Stunden. Zuweilen sind bei einem und demselben Individuum die Glanzkörper ungleich löslich, indem z. B. ein Theil derselben schon in 2 Stunden, ein anderer (größerer) in 12 Stunden und der Rest in 24 Stunden den Inhalt verliert. Es kommen schließlich Glanzkörper vor, deren Inhalt sehr langsam aufgelöst wird. So kamen Individuen zur Beobachtung, deren Glanzkörper erst im Ver-

Beobacht. u. Versuche über d. Verdauung u. Bildung d. Kohlenhydrate etc. 627

laufe von 2, 3, ja mehreren Tagen ihren Inhalt aufgelöst hatten, wobei das angewandte destillirte Wasser jede 24 Stunden erneuert wurde.

Die Vermuthung, dass die Schnelligkeit der Auflösung unter Anderem von dem Zustande der Glanzkörper abhängt, wird durch die Beobachtung gestützt, dass der Inhalt bei denjenigen Glanzkörpern rasch aufgelöst wurde, bei denen seine Ansammlung kurz vorher stattgefunden hat, während umgekehrt eine langsame Auflösung nur bei jenen Körpern sich beobachten ließ, bei denen eine frische Anhäufung des Inhalts nicht konstatiert werden konnte. Eine solche ist aber experimentell leicht zu erzielen, wie später mitgetheilt werden soll.

3) Mit Jod giebt das Glykogen eine charakteristische Färbung. Zum Vergleiche wandte ich ein aus dem Laboratorium des Herrn Prof. HORBACZEWSKI mir zur Verfügung gestelltes Präparat an. Auf einem Objektträger wurden die Glanzkörper im destillirten Wasser isolirt und vom Rande des Tropfens etwas Glykogenpulver zugesetzt. Der Zusatz einer Jodjodkaliumlösung bewirkte eine gleichzeitige und übereinstimmende, gleich intensive braunrothe Färbung des Glykogens und der Glanzkörper. Denselben Farbenton von derselben Intensität erhielt ich bei gleicher Versuchsanordnung mit einer Jodtinktur. Behufs eines weiteren Vergleiches verfolgte ich nun den Verlauf der Jodreaktion direkt unter dem Mikroskope. Bei behutsamer Behandlung der unter einem Deckglase im destillirten Wasser befindlichen isolirten Glanzkörper mit der Jodtinktur trat zuerst eine weinrothe, dann aber mit der fortschreitenden Speicherung des Jodes immer mehr braunrothe Färbung zu Tage. Es färbt sich hierbei sowohl der Inhalt, als auch die Hülle. Davon kann man sich an solchen Glanzkörpern überzeugen, deren Inhalt vom Wasser rasch aufgelöst wird. An solchen Körpern berstet zuweilen während der Jodfärbung die Hülle und lässt den Inhalt hervorquellen. In solchem Falle lässt sich dann zweifellos konstatiren, dass beide Komponenten der Glanzkörper mit Jod gefärbt sind. Die Hüllmembranen für sich allein (ohne Inhalt), wie man sie erhält, wenn man frisch mit Inhalt gefüllte Körper 24 Stunden im destillirten Wasser liegen lässt, färben sich mit Jod nur noch schwach braunroth.

4) Im Alkohol ist das Glykogen unlöslich. Die Glanzkörper sind ebenfalls im Alkohol unlöslich, und zwar sowohl ihr Inhalt, als auch die Hüllmembran. Davon überzeugt man sich z. B. auf Grund des folgenden Versuches: Ein Theil der Glanzkörper von einem und

demselben Individuum wird in destillirtes Wasser gebracht, der andere Theil in absoluten Alkohol übergeführt. Man findet dann, dass im destillirten Wasser im Verlaufe von 24 Stunden der Inhalt aller Glanzkörper gelöst wurde, während die im Alkohol beobachteten Körper selbst nach 24 Stunden total ungelöst bleiben.

5) In concentrirter sowie verdünnter Kalilauge löst sich das Glykogen auf. (Diese Eigenschaft wird bekanntlich bei der Gewinnung des Glykogens aus der Leber benutzt.) Die Glanzkörper sind in der Kalilauge vollständig löslich und zwar betrifft dies sowohl den Inhalt als auch die Hüllmembran derselben.

6) In concentrirter sowie verdünnter Salzsäure löst sich das Glykogen auf. (Auch diese Eigenschaft wird bei dessen Darstellung aus dem Lebermateriale verwerthet.) Was die Glanzkörper betrifft, so löst sich in der Salzsäure nur ihr Inhalt, während die Hüllmembranen ungelöst zurückbleiben.

7) In einem Gemenge von concentrirter Salpeter- und Schwefelsäure wird das Glykogen aufgelöst (es bildet sich Dinitroglykogen), eben so in concentrirter Salpeter- oder Schwefelsäure für sich allein. Durch die drei genannten Reagentien wird an Glanzkörpern nur der Inhalt aufgezehrt, während die Hüllmembranen ungelöst zurückbleiben.

8) Gerbsäure schlägt das Glykogen aus seinen Lösungen nieder. Hiernach zu urtheilen, sollte also der Inhalt der Glanzkörper in Tanninlösungen unlöslich sein. Dass dies wirklich der Fall ist, erhellt aus folgendem Versuche. Ein Theil der aus einem und demselben Individuum isolirten Glanzkörper wird auf dem Objekträger in destillirtem Wasser behalten, der andere Theil in eine Gerbsäurelösung überführt. Im ersten Falle ist innerhalb 24 Stunden der gesammte Inhalt der Glanzkörper gelöst, im zweiten dagegen bleiben sowohl die Membranen als auch der Inhalt der Glanzkörper ungelöst und es ändert sich nichts an der Sachlage, wenn man nach längeren Pausen das Tanninpräparat wiederholt durchmustert. Die Glanzkörper sammt ihrem Inhalt bleiben auch fernerhin ungelöst.

9) Von Baryhydratlösungen wird das Glykogen aus seinen Lösungen gefällt. (Es bildet sich eine Baryumverbindung des Glykogens.) Soll also der Inhalt der Glanzkörper aus Glykogen bestehen, so muss der erstere im Barytwasser unlöslich sein. Diese Voraussetzung wird durch das Experiment bestätigt. Die aus einem Individuum isolirten Glanzkörper, von denen sichergestellt wurde, dass sie bereits in $\frac{1}{4}$ Stunde ihren Inhalt an das Wasser abgeben, wurden zum Theil auf dem Objekträger in Barytwasser überführt. Nach

24stündiger Beobachtung und eben so an den folgenden Tagen habe ich sowohl die Hüllmembranen als auch den Inhalt der Glanzkörper vollständig intakt d. h. ungelöst vorgefunden.

10) Ammoniakalischer Bleiessig schlägt das Glykogen aus seinen Lösungen nieder. Auch in diesem Falle lässt sich also mit Sicherheit schließen, dass der Inhalt der Glanzkörper, wenn er aus Glykogen bestehen soll, in ammoniakalischem Bleiessig unlöslich sein muss. Der Versuch wurde ähnlich wie mit Barytwasser ausgeführt; in der That fand ich, dass sowohl der Inhalt, als auch die Hüllmembranen der Glanzkörper in ammoniakalischem Bleiessig unlöslich sind.

11) Mit verdünnten Säuren erwärmt geht das Glykogen in Zucker (Glykose) über. Soll also der Inhalt der Glanzkörper aus Glykogen bestehen, so muss er unter den genannten Umständen dieselbe Veränderung erfahren. Den betreffenden Versuch habe ich in folgender Weise angestellt. Es wurde eine größere Anzahl von *Pelomyxa*-Individuen genommen, und zwar von solchen, welche neben zahlreichen Glanzkörpern meist keine Nahrung mehr enthielten. Nach sorgfältigem Abwaschen in destillirtem Wasser und Zerreiben auf einem Objektträger wurde der so erhaltene Plasmabrei in eine kleine Eprouvette übergeführt und gleiche Theile destillirten Wassers und Salzsäure hinzugefügt. Nach längerem Erwärmen über einer Weingeistflamme und schließlicher Abkühlung der Flüssigkeit wurde zuerst etwas Kalilauge bis zur deutlich alkalischen Reaktion, sodann einige Tropfen einer FEHLING'schen Lösung zugesetzt. Ein abermaliges kurzes Erwärmen ließ einen schön gelben Niederschlag von Kupferoxydul entstehen, als Beweis dessen, dass eine reducirende Substanz in der Flüssigkeit vorhanden war. Dieser Versuch ist keineswegs einwandfrei. Man kann einwenden, dass die reducirende Substanz möglicherweise aus dem Protoplasma, oder aus den Nahrungsresten, oder aber schließlich aus den Hüllmembranen der Glanzkörper stammte. Nichtsdestoweniger gewinnt das positive Versuchsergebnis an Werth im Vereine mit den schon vorhin angeführten Übereinstimmungen und mit der nächstfolgenden Beobachtung. Es war zuweilen möglich einzelne von Nahrungsresten gänzlich freie *Pelomyxa*-Individuen, welche zahlreiche und große Glanzkörper enthielten, ausfindig zu machen. Wurden solche Individuen auf einem Objektträger so zerrieben, dass die Glanzkörper möglichst isolirt lagen, so bewirkte ein Zusatz von concentrirter Schwefelsäure bei vorsichtigem Erwärmen zuerst eine Lösung des zerriebenen Materials und zugleich

ein Rothwerden der so entstandenen Flüssigkeit. Später wurde dieselbe dunkel mit einem Stich ins Rothe, schließlich aber ganz schwarz. In einem glücklichen Falle, wo das zurückgebliebene Protoplasma eine größere Anzahl von Glanzkörpern umgab, konnte ich feststellen, dass die Färbung von jenen Stellen herrührt, wo die Glanzkörper vorhanden waren. Man sieht aus dieser Beobachtung, dass die mit Schwefelsäure erwärmten Glanzkörper denselben Veränderungen unterliegen, welchen überhaupt Kohlenhydrate bei Erwärmung mit Schwefelsäure unterworfen sind, dass somit diese Reaktion die kohlenhydratartige Beschaffenheit der Glanzkörper bestätigt. Auch diese Beobachtung gewinnt an Werth nur im Vereine mit den schon angeführten Übereinstimmungen, denn das gleiche Verhalten gegen Schwefelsäure zeigen auch andere organische Verbindungen.

12) Durch diastatische Enzyme: Ptyalin, Pankreas-Diastase und pflanzliche Diastase wird das Glykogen verzuckert, indem es in Maltose verwandelt wird. Ich beobachtete das Verhalten der Glanzkörper im Speicheldrüsensekret, im Wasser- und Glycerin-Auszug des Pankreas aus Rindern und in einer angesäuerten Lösung von Pflanzendiastase. Die Beobachtungen wurden an dem Objektträger bei Zimmertemperatur und bei erhöhter Temperatur vorgenommen. Bei Beobachtungen mit dem Pankreasextrakt wurde die Möglichkeit einer bakteriellen Wirkung durch einen Zusatz von Chloroform ausgeschlossen. Ich fand nun in allen den eben genannten Fällen, dass der Inhalt der Glanzkörper bei Gegenwart von diastatischen Enzymen aufgelöst wird, während die Hüllmembranen ungelöst zurückbleiben (vgl. Taf. XLII, Fig. 18 u. 18*). Die Gegenwart der Maltose gelang es mir in Folge der Kleinheit des Gegenstandes und des umständlichen Verfahrens nicht zu konstatiren.

II.

Aus den angeführten Übereinstimmungen schloss ich, dass der Inhalt der Glanzkörper aus Glykogen und die Hüllmembran aus einem schwerer löslichen Kohlenhydrate besteht. Ich schritt sodann zur Beobachtung der Veränderungen, welche die Glanzkörper während des Lebens der *Pelomyxa* erfahren. An frisch vom Standorte (Ládví bei Dáblice nächst Prag) in Glasflaschen mitgebrachtem Materiale fand ich, dass die *Pelomyxen* Anfangs munter an den Glaswänden herumkrochen. Ihre Form war walzenförmig (genauer gesagt biskuitförmig) und im Inneren des Plasmaleibes fanden sich nebst frischer Nahrung zahlreiche Glanzkörper, die von der Größe der Kerne oder

größer als die letzteren waren. Später sah ich, dass in demselben Maße als die Nahrung im Wasser der Flasche verschwand, allmählich die Kriechbewegungen der Pelomyxen an den Glaswänden eingestellt wurden, so dass man späterhin immer zahlreichere kugelig zusammengezogene, fast unbewegliche Individuen im Schlamme des Gefäßes antreffen konnte. Zu dieser Zeit enthielt das Protoplasma der kugeligen Pelomyxa-Individuen nur wenig Nahrung mehr und die Glanzkörper erschienen kleiner. Schließlich, gewöhnlich nach einem Monat von der Zeit ab, wo das Material frisch aus der Natur herbeigeht wurde, fand ich die Pelomyxen am Grunde des Gefäßes im Schlamme eingesenkt, den Plasmaleib kugelig zusammengezogen, unbeweglich, von blassweißer Farbe. Im Inneren des Plasmakörpers waren keine Nahrungspartikel mehr vorhanden, man fand da nur Kerne, symbiotische Bakterien, ein Häufchen Sandkörner und Glanzkörper von wesentlich verändertem Aussehen. Erstens hat die Größe der letzteren bedeutend abgenommen, indem ihr Durchmesser nur zwei oder ein Sechstel der Kernbreite¹ betrug, zweitens war aber der Inhalt gänzlich erschöpft, so dass nur die durchsichtigen Hüllen zurückgeblieben sind. Außerdem fanden sich die Glanzkörper nicht wie früher einzeln im Plasmakörper zerstreut, sondern gewöhnlich bildete eine kleinere oder größere Anzahl derselben dichte, wie zusammengeklebte Gruppen von rosenkranzförmiger oder anderer, unregelmäßiger Gestalt. Mit diesen Erfahrungen ausgerüstet, trat ich nun an die Ausführung der entscheidenden Versuche heran.

Am 9. Oktober (1893) wurden zwei mit nahrungsfreiem Wasser gefüllte und je ein isolirtes Pelomyxa-Individuum enthaltende schmale Glasgefäßchen in einem größeren Wassergefäße untergetaucht und beide mit je einem Deckgläschen lose zugedeckt, so dass die Kommunikation mit dem umgebenden wässerigen Medium nicht unterbrochen wurde. Am Anfange des Versuches enthielten beide Exemplare eine Unzahl großer Glanzkörper, welche bei dem ersten Individuum im Maximum 10 Sechstel, bei dem zweiten im Maximum 20 Sechstel der Kernbreite maßen. Am 16. Oktober wurden die der Nahrungszufuhr beraubten Exemplare mikroskopisch untersucht, wobei sich herausstellte, dass die Glanzkörper in beiden Fällen an Dimensionen abgenommen hatten. Bei dem ersten Individuum erreichte der Durchmesser der Glanzkörper maximal 7 Sechstel, bei dem anderen

¹ Der größeren Übersichtlichkeit halber werden im Folgenden die Dimensionen der Glanzkörper stets auf den Durchmesser der Kerne als Einheit bezogen.

10 Sechstel der Kernbreite. Hierauf wurden die beiden Individuen in die früheren Versuchsbedingungen zurückgesetzt und nicht früher als am 23. Oktober durchmustert. Es ergab sich, dass die Größe der Glanzkörper noch mehr abgenommen hatte, während der Inhalt der letzteren vollständig erschöpft war. Bei dem ersten Individuum sank die Größe der Glanzkörper auf maximal 2 Sechstel, bei dem zweiten auf maximal $1\frac{1}{2}$ Sechstel des Kerndurchmessers. Im weiteren Verlaufe des Versuches fand ich bei abermaliger Durchmusterung des ersten Exemplares am 27. Oktober, dass die Dimensionen der Glanzkörper nicht mehr abgenommen hatten, da die Glanzkörper immer noch 2 Sechstel der Kernbreite maßen.

Aus dem Resultate des angeführten Versuches muss geschlossen werden, dass die an Nahrungsmangel leidenden Individuen gezwungen wurden, das in den Glanzkörpern angehäuften Reservematerial anzugreifen, um dasselbe im Stoffwechsel wieder zu benutzen. Diese Entleerung der Glanzkörper ist aber mit einer Verkleinerung derselben bis zu einer bestimmten minimalen Größe verbunden.

Außer diesem Versuche habe ich in verschiedenen Zeitabschnitten noch eine ganze Reihe ähnlicher angestellt, welche stets von dem gleichen Resultate begleitet waren. Im Folgenden sollen aus dem Protokoll noch 4 solche Versuche angeführt werden.

1) Ein im November 1896 in obiger Weise isolirtes und behandeltes Individuum, dessen zahlreiche Glanzkörper am Anfang des Versuches im Maximum 10 Sechstel des Kerndurchmessers maßen, zeigte nach 14 Tagen eine weitgehende Erschöpfung und Volumenabnahme der Glanzkörper, indem die Breite derselben höchstens zwei Sechsteln der Kernbreite gleich kam.

2) Ein Individuum, welches am 26. November 1896 einem langen, mit dem Schlammwasser des Standorts gefüllten Kulturglase entnommen wurde, besaß eine Menge inhaltsreicher Glanzkörper, deren Größe im Maximum 7 Sechsteln des Kerndurchmessers entsprach. Zur üblichen Isolirung der *Pelomyxa* diente ein kleines, mit filtrirtem Schlammwasser bis oben an gefülltes Cylindergefäß, dessen Mündung zuletzt einen dichten Verschluss aus Pergamentpapier erhielt. Das Ganze wurde schließlich in einem großen Wassergefäße untergetaucht. Am 9. December fand die Durchmusterung des eingeschlossenen Individuums statt. Sein Plasmaleib erschien weiß, enthielt keine Nahrung und führte ausnahmslos nur inhaltsleere Glanzkörper, deren Breite höchstens 5 Sechstel des Kerndurchmessers einnahm.

3) Ein Individuum wurde am 23. April 1898 aus dem Schlamme

eines im März desselben Jahres mit frischem Materiale gefüllten Glasgefäße isolirt. Es enthielt zahlreiche Glanzkörper, deren Breite im Maximum 3 Sechsteln des Kerndurchmessers gleichkam, während der Inhalt noch nicht resorbirt war. Die Isolirung geschah auf dieselbe Weise, wie in dem vorigen Versuche angegeben wurde, indem ein mit filtrirtem Schlammwasser und dem Thiere beschicktes oben zugebundenes Röhrchen in das ursprüngliche Kulturgefäß mit Schlamm und Schlammwasser eingesenkt wurde. Nach 5 Tagen untersucht erschien das Individuum vollkommen weiß, nahrungsfrei und enthielt vollkommen erschöpfte, kleine Glanzkörper, deren Breite höchstens 2 Sechsteln des Kerndurchmessers entsprach.

4) Ein Individuum wurde am 21. Mai 1898 einem Glase entnommen, welches am 12. Mai desselben Jahres mit frisch vom Standort hergebrachten Materiale gefüllt war. Im Plasmakörper fanden sich zahlreiche Glanzkörper vor, deren Breite im Maximum 3 Sechsteln der Kernbreite entsprach, während der Inhalt noch nicht der vollständigen Resorption anheimfiel. Die Isolation fand in derselben Weise statt, wie beim Versuche 2 und 3 angegeben wurde. Am 24. Mai ergab die mikroskopische Untersuchung des nun vollständig weißen, fast nahrungsfreien Individuums, dass die Glanzkörper völlig erschöpft waren und nur $2\frac{1}{2}$ Sechstel des Kerndurchmessers an Breite maßen.

Ich habe nachgewiesen, dass die Glanzkörper selbst bei vollständiger Aushungerung niemals aus dem Plasmaleibe der *Pelomyxa* verschwinden. Es verschwindet zwar ihr Inhalt, aber die Hüllmembranen bleiben zurück, wenngleich deren Flächendimensionen bis zu einem Minimum abnehmen. Solche stark eingegangene Membranen werden mit Jod nur gelbbraun gefärbt, während, wie schon oben angeführt wurde, die vorher mit frischem Inhalt gefüllten durch Jodreagentien eine schwach rothbraune Färbung erfahren. Diesen That-sachen lässt sich nur so viel entnehmen, dass während der Erschöpfung des Inhaltes und Hand in Hand mit der Verkleinerung der Membranen die letzteren gewisse, nicht näher zu charakterisirende Veränderungen erfahren.

Zu dem vollständigen Erschöpfen der Glanzkörper tritt noch ihr Zusammentritt zu kleineren oder größeren Gruppen, die Agglutination hinzu, wie ich durch direkte Beobachtung und an der Hand von zahlreichen Versuchen sicherstellen konnte. Interessant ist hierbei noch der Umstand, dass die Agglutination der Glanzkörper schließlich von einer solchen der Kerne begleitet ist. Die mit stäbchenförmigen Bakterien bedeckten im Inneren einen kurzen und breiten, knäuelig

gewundenen Chromatinfäden und oft größere, glänzende Kügelchen enthaltenden Kerne treten zu zwei, drei bis mehreren in Gruppen zusammen. Werden nun von Neuem solche Bedingungen geschaffen, dass die Glanzkörper sich mit Inhalt füllen können, so trennen sich die letzteren wieder nach und nach von einander und dasselbe geschieht auch mit den agglutinierten Kernen. Ob die Zusammenballung der Glanzkörper einerseits und der Kerne andererseits in einer ursächlichen Beziehung zu einander steht, bleibt mir räthselhaft. Es ist nicht ausgeschlossen, dass diese Agglutination in letzter Instanz rein physikalisch-chemischer Natur ist. Ich stelle mir vor, dass bei vollständiger Aushungerung im Protoplasma ein einheitlicher chemischer Zustand entsteht, dem zufolge ein im Protoplasma vorhin gelöster klebriger Stoff sich niederschlägt. Hierdurch wird vorzugsweise die Oberfläche der Glanzkörper und der Kerne klebrig, so dass dieselben beim Zusammenstoß an einander haften müssen. Für diese Ansicht spricht ja auch die von mir gemachte Beobachtung, dass die Glanzkörper nicht nur unter einander, sondern zuweilen auch mit den Kernen sich fest vereinigen. Wenn diese Gruppen wieder einmal später in ihre Bestandtheile aufgelöst werden, falls nämlich die Glanzkörper Gelegenheit hatten sich mit neuem Inhalt zu füllen, so lässt sich dies in der Weise erklären, dass der Klebstoff in Folge veränderter chemischer Verhältnisse im Inneren des Protoplasmas wieder aufgelöst wird, wodurch eine Lockerung und schließliche Trennung der Glanzkörper und Kerne zu Stande kommt.

III.

Nachdem ich die Natur der Glanzkörper erkannt und deren Veränderungen im Verlaufe des Lebensprocesses studirt hatte, trat ich an die Frage heran, welche Nährstoffe auf die Bildung der Glanzkörper, insbesondere deren Inhaltes, Einfluss haben. Zu diesem Zwecke habe ich folgende Stoffe untersucht: 1) Kohlenhydrate und Glykoside, 2) eiweißartige Substanzen und 3) Fette. Bei meinen Versuchen wurde die als Kardinalbedingung betrachtete Regel befolgt: die Verhältnisse in der Natur womöglich nachzuahmen. Es wurde theils frisch herbeigeholtes, in langen Flaschen aufbewahrtes (ich bezeichne die betreffenden Gefäße auch weiterhin als »lange«) Material verwendet, theils dauernd kultivirtes, welches in einem breiten und großen Glasbehälter (von 26 cm Breite und 13 cm Höhe) sich befand. Dieses Gefäß (ich nenne es weiterhin stets das »große Gefäß«) enthielt das vom Standorte (Ládvi bei Dáblice nächst Prag)

mitgebrachte Schlammwasser sammt den darin befindlichen Pflanzen und Thieren, darunter zahlreiche *Pelomyxa*-Individuen. Das verdunstete Wasser wurde zeitweilig durch frisches Leitungswasser (Flusswasser) ersetzt, während in größeren Zeiträumen kleine Stückchen Gelatine, Abschnitte reinen Filtrierpapiers und kleinere Baumwollklumpen in das Gefäß eingebracht wurden. Unter diesen Verhältnissen kamen die *Pelomyxen* gut fort und man fand sie meist an den Papier- und Baumwollstücken angesammelt. Für die unverändert günstige Beschaffenheit des Kulturmediums sprach ferner das konstante Auftreten eines Oligochäten der Gattung *Dero* und das Fortkommen der sonst in der Kultur sehr heiklen Infusorien der Gattung *Spirostomum*, welche am Standorte stets die *Pelomyxa* begleiten.

Je nach Bedarf wurden einzelne Individuen entweder dem frischen Materiale oder der großen Zimmerkultur entnommen und dann in je ein kleines Glasgefäß isolirt. Die letzteren waren von drei verschiedenen Größen und Dimensionen, theils »kurz« (2 cm breit und 1½ cm hoch), theils »lang« (1½ cm breit und 7 cm hoch), theils »schmal« (7 mm breit und 5 cm hoch). Um Weitschweifigkeiten zu vermeiden, werde ich künftighin nur diese abgekürzten Bezeichnungen anwenden. In das eine oder das andere kleine Glasgefäß habe ich Wasser je nach Bedarf aus den langen Gefäßen oder dem großen Behälter eingegossen, hierauf mit einer Pipette das Versuchsthier und dann die zu untersuchende Nahrung eingeführt. Die kleinen Gefäße wurden hängend oder stehend in den langen Gefäßen oder dem großen Kulturbecken dauernd untergetaucht gehalten. Diese Einrichtung hatte den Vortheil, dass trotz der unerlässlichen Isolirung doch die Kommunikation des Versuchsthieres mit dem fast natürlichen Medium der größeren Gefäße unterhalten werden konnte. Behufs besserer Isolirung habe ich zuweilen die kleinen Glasgefäße mit je einem Deckgläschen lose zugedeckt, so dass durch die zwischen dem letzteren und der Mündung der Glasgefäße befindlichen kleinen Löcher der Austausch von Wasser etc. unbehindert stattfinden konnte. Es sei noch bemerkt, dass die Kulturversuche in den kleinen Gefäßen für sich oder gar unter dem Deckglase, wie ich dieselben in der ersten Zeit meiner Untersuchungen angestellt hatte, erfolglos waren, weil unter diesen Bedingungen *Pelomyxa* sich abnormal verhält und meist bald abstirbt. In dem Folgenden führe ich die Ergebnisse meiner Beobachtungen und Versuche an betreffs der Ernährung der *Pelomyxa* mit A. Kohlenhydraten und Glykosiden, B. eiweißartigen Substanzen und Glykogen, C. mit Fetten.

A. Kohlenhydrate und Glykoside.

Meine Untersuchungen habe ich vorerst mit der Weizenstärke und deren verschiedenen Zuständen, dann mit anderen Stärkesorten ausgeführt. Als Isolirungsgefäße dienten von den oben genannten drei Gefäßarten nur die »kurzen« und die »langen« Gefäßchen. Der Anfang wurde mit roher Weizenstärke gemacht, wobei ich natürlich früher unter dem Mikroskope mich vergewisserte, dass die Stärke intakt und somit für meine Zwecke brauchbar war. Je nach Bedarf wurde entweder volle 24 Stunden oder 1 Stunde, oder noch kürzere Zeit lang gefüttert, während die Beobachtung gewöhnlich nach 24 Stunden oder in kürzerer Zeit, oder aber in verschieden langen Zeiträumen vorgenommen wurde. Da fand ich nun, dass die mit roher Stärke 24 Stunden lang gefütterten Thiere, mit den Körnern so erfüllt waren, dass die andere Nahrung dagegen fast verschwand. Zahlreiche Körner ließen deutliche Korrosionen bemerken, ähnlich, wie man dies an der mit diastatischen Enzymen behandelten Weizen- oder Gerstenstärke sehen kann¹. Auf den Taf. XLI und XLII, Figg. 1—16 sind die von Pelomyxen korrodirtten Stärkekörner abgebildet, wie sie nach 24stündigem, resp. kürzerem oder längerem Aufenthalt im Plasmaleibe des betreffenden Versuchstieres erscheinen. Ich fand an Weizenstärke folgende Modi der Korrosionen.

a. Bildung von radiär von der Peripherie gegen das Centrum des Kornes verlaufenden Kanälchen und stellenweise Erweiterung der letzteren je nach der Löslichkeit der zu passirenden Schichten (Taf. XLI, Fig. 4 *d*; Taf. XLII, Fig. 16 *c*, *f*, *s*).

b. Bildung von Hohlsegmenten, welche, von der Peripherie ausgehend, gegen das Centrum des Kornes zu fortschreiten, während hierbei die bloßgelegten löslicheren Schichten stärker angegriffen werden, als die minder löslichen (Taf. XLI, Fig. 7 *a*; Fig. 11 *B*, *h*).

c. Erweiterung der im Centrum des Kornes vorhandenen Risse je nach der Löslichkeit der von ihnen tangirtten Schichten (Taf. XLI, Fig. 7 *g*; Fig. 8 *a*; Fig. 13 *C*, *d*, *f*, *h*).

d. Erweiterung der auf der Kante des Stärkekornes befindlichen peripherischen Risse je nach der Löslichkeit der von ihnen tangirtten

¹ Siehe die betreffenden Beschreibungen und Abbildungen für Weizenstärke bei BARANETZKI, Die stärkeumbildenden Fermente in den Pflanzen, Leipzig 1878; ferner für Gerstenstärke: ARTHUR MEYER, Untersuchungen über die Stärkekörner, Jena 1895.

Beobacht. u. Versuche über d. Verdauung u. Bildung d. Kohlenhydrate etc. 637

Schichten (Taf. XLI, Fig. 11 *B, o, p, r*; Fig. 13 *A, b*; Fig. 14 *a*; Taf. XLII, Fig. 15 *h*; Fig. 16 *z*).

e. Bildung und Erweiterung von Kanälchen, welche in der Fläche der Schichten sich hinziehen (Taf. XLI, Fig. 14 *g*; Taf. XLII, Fig. 16 *b, e, u*).

f. Totale Auflösung einzelner Schichten, wodurch die Schichtung im Vergleiche mit intakten Stärkekörnern deutlicher wird, indem die minder löslichen Schichten von den leichter löslichen sich besser abheben (Taf. XLII, Fig. 16 *h*).

Die angeführten Modifikationen kommen sowohl für sich, als auch mannigfach unter einander kombinirt an den einzelnen Stärkekörnern vor und betreffen hauptsächlich nur die größeren Körner. An kleineren Körnern fand ich, dass dieselben sämmtlich in gleicher Weise korrodirt werden, nämlich durch Erweiterung feiner Kanälchen und einer centralen Höhlung, mit welcher sie in Verbindung stehen (Taf. XLII, Fig. 15 *b, c*; Fig. 16 *i, j, o*).

Da die Form, welche die rohen Stärkekörner während ihres Aufenthaltes im Plasmaleibe der *Pelomyxa* mit der Zeit annehmen, mit derjenigen der durch diastatische Enzyme angegriffenen Körner Punkt für Punkt übereinstimmt, so muss geschlossen werden, dass die Stärke im Leibe der *Pelomyxa* verdaut wird und dass hierbei ein ähnliches, vom Organismus producirtes Enzym thätig ist. Es könnte aber eingeworfen werden, dass hier Bakterien im Spiele gewesen sind, die ja bekanntlich im Protoplasma und auch in den Nahrungsvacuolen von *Pelomyxa* häufig vorkommen. In der That findet man Bakterien zuweilen in solchen Vacuolen eingeschlossen, in denen Stärkekörner während längerer Zeit aufgelöst werden, doch ist diese Erscheinung keineswegs allgemein, denn auf der anderen Seite sind typisch korrodirt Körner häufig, an oder in denen keine Spur von Bakterien entdeckt werden kann. Dasselbe gilt auch von den Vacuolen, welche sich um einzelne, in Auflösung begriffene Stärkekörner gebildet haben und welche in der Mehrzahl der Fälle bakterienfrei sind. Instrukтив war für mich noch ein zu diesem Zwecke eigens angestellter Versuch. Ich bot eine Portion Stärkekörner einem *Pelomyxa*-Individuum zur Aufnahme und isolirte letzteres nach einer Stunde in ein »kurzes« Glasgefäß. Ein anderes Gefäß von gleichen Dimensionen wurde mit etwas Stärke versetzt und beide Gefäße in den bekannten Wasserbehälter untergetaucht. Nach 4 Tagen (eigentlich 92 Stunden) habe ich die beiden kurzen Gefäße herausgenommen und deren Inhalt untersucht. Im ersten Falle fand

ich im Plasmaleibe der *Pelomyxa* die charakteristisch angegriffenen Stärkekörner wieder, während im zweiten die frei liegenden Körner mit Bakterien besetzt waren. Auf diese Weise konnten also in den obigen Versuchen Bakterien mit der Stärke zur gleichzeitigen Aufnahme gelangen und ich bin geneigt, das hin und wieder von mir beobachtete Vorkommen dieser Mikroorganismen im Inneren der Stärkevacuolen darauf zurückzuführen. Doch sind die durch Bakterien allein verursachten Veränderungen von denjenigen total verschieden, denen die Stärkekörner im Inneren des *Pelomyxa*-Leibes unterliegen. Somit darf man annehmen, dass die oben ausführlich besprochenen Metamorphosen der Stärkekörner sämmtlich von dem diastatischen, von der *Pelomyxa* abgeschiedenen Enzym herrühren, ob nun Bakterien dabei waren oder nicht.

Die einzelnen Körner der rohen Weizenstärke werden von derselben *Pelomyxa* in einem sehr ungleichen Tempo angegriffen. Wird z. B. ein Individuum während $\frac{1}{2}$ Stunde gefüttert und nach 24 Stunden untersucht, so findet man viele Körner intakt, andere nur schwach angegriffen, d. h. von schmalen radialen Kanälchen durchsetzt oder stellenweise seicht ausgehöhlt, die übrigen aber in verschiedener Weise stark korrodirt, resp. bis auf einen kleinen, von einer Vacuole umgebenen Rest aufgezehrt. Die Intensität der Stärkeverdauung im Plasmaleibe der *Pelomyxa* steigt mit der Zeit, wie der folgende Versuch lehrt. Es wurden mehrere Individuen gleichzeitig 4 Stunden lang mit Weizenstärke gefüttert. Nach $4\frac{1}{2}$ Stunden zeigte ein Exemplar die Mehrzahl der Stärkekörner unverändert und nur einen kleinen Bruchtheil derselben schwach angegriffen. Ein anderes Exemplar wurde nach 29 Stunden untersucht, wobei schon zahlreiche Korrosionen verschiedenartiger Beschaffenheit und Stärke zu Tage traten, während bei einem dritten Individuum nach 6 Tagen eine noch größere Anzahl der Stärkekörner in mannigfaltiger Weise schwach bis stark (bis auf bedeutend ausgegaste Reste) korrodirt, resp. ausgelaugt war.

Bestimmte Körner der rohen Weizenstärke können jedoch lange Zeit im Plasmaleibe der *Pelomyxa* verharren, ohne angegriffen zu werden. Von einigen diesbezüglichen Beobachtungen führe ich den folgenden Versuch an. Am 21. November 1894 wurde mehreren Individuen der *Pelomyxa* während 24 Stunden Stärke zur Aufnahme geboten. Hierauf kamen die gefütterten Thiere in den bekannten großen Glasbehälter, worin sie isolirt und mit etwas Humus bedeckt am Boden eines kurzen Glasgefäßes längere Zeit zubrachten. Am

Beobacht. u. Versuche über d. Verdauung u. Bildung d. Kohlenhydrate etc. 639

6. April 1895 wurde ein Exemplar herausgefischt und die Untersuchung ergab, dass noch mehrere Stärkekörner völlig unversehrt geblieben sind, während die anderen mehr oder weniger stark angegriffen waren.

Im Vorhergehenden habe ich festgestellt, dass die Körner der rohen Weizenstärke im Leibe der *Pelomyxa* verdaut werden, und es entsteht die Frage, wie sich hierbei die Glanzkörper verhalten mögen. Darüber giebt der folgende Versuch Auskunft. Es wurde eine größere Auswahl von *Pelomyxa*-Individuen getroffen, deren Glanzkörper sämmtlich erschöpft waren und maximal zwei Sechstel des Kerndurchmessers an Breite maßen. Ein Theil der Exemplare kam in ein »kurzes« Glasgefäß mit Weizenstärke, der andere Theil in ein ähnliches Gefäß ohne Stärke und beide Gläschen wurden auf 24 Stunden in den »großen« Glasbehälter neben einander gestellt. Am Ende des Versuches ergab die mikroskopische Untersuchung aller Individuen folgendes Resultat. Die ohne Stärke separat gehaltenen Thiere enthielten vollkommen unveränderte Glanzkörper, während die mit Stärke gefütterten neben zahlreichen, zum Theil bereits angegriffenen Stärkekörnern schon stark vergrößerte, auf maximal fünf Sechstel des Kerndurchmessers angeschwollene und mit Inhalt erfüllte Glanzkörper führten.

Aus dem angeführten Versuchsergebnisse ergibt sich der zwingende Schluss, dass in Folge des Fütterns mit Stärke die gänzlich erschöpften Glanzkörper mit neuem Inhalt sich füllen, während Hand in Hand damit eine Vergrößerung der Hüllmembranen stattfindet. Zahlreiche andere, verschiedenartig modificirte Versuche (vgl. Taf. XLII, Figg. 19 und 21) hatten ausnahmslos denselben Ausgang. Es mag gleich hier die Bemerkung Platz finden, dass der durch Stärkefütterung erzielte Inhalt der Glanzkörper von demjenigen des frischen Standortmaterials nicht verschieden ist, wie die mikrochemische Prüfung ergab.

Es mögen noch der Einzelheiten halber die Ergebnisse einiger hierher gehöriger Versuche mitgetheilt werden. Bei solchen *Pelomyxa*-Individuen, deren Glanzkörper erschöpft und im Maximum auf $1\frac{1}{2}$ Sechstel des Kerndurchmessers reducirt waren, fand ich, dass nach 24stündiger Fütterung diese Körper in der Regel bis auf maximal 3 Sechstel der Kernbreite sich vergrößert hatten. Bei anderen in gleicher Weise und eben so lang gefütterten Exemplaren war das anfängliche Volum der Glanzkörper von 2 Sechsteln auf 5 Sechstel des Kerndurchmessers gestiegen. Auch die bereits mit Inhalt

gefüllten, mittelgroßen Glanzkörper pflegen nach der Fütterung mit Stärkemehl sich zu vergrößern, wie aus den folgenden Versuchen erhellen wird. Drei *Pelomyxa*-Individuen mit inhaltsreichen, die Kerne an Größe erreichenden Glanzkörpern wurden 24 Stunden lang mit Stärke gefüttert. Nach Ablauf dieser Zeit ergab die Untersuchung, dass in zwei Individuen die maximale Größe der Glanzkörper auf 8 Sechstel, in dem dritten auf 9 Sechstel des Kerndurchmessers gestiegen ist. Bei einem ähnlichen Versuche kamen zwei Individuen zur Verwendung, beide mit inhaltsreichen, mittelgroßen Glanzkörpern. Nach 24stündigem Füttern mit Stärke fand ich, dass die maximale Breite der Glanzkörper in einem Falle von 7, im anderen von 10 Sechsteln auf 15 Sechstel des Kerndurchmessers gestiegen war.

Im Folgenden führe ich noch einige Versuche an, welche zu dem Zwecke angestellt wurden, um das Verhalten der Glanzkörper bei mehrtägiger Stärkeverdauung zu studiren. Ein Individuum, welches ursprünglich nur inhaltsfreie Glanzkörper höchstens von 2 Sechsteln des Kerndurchmessers besaß und während 24 Stunden Stärke aufgenommen hatte, zeigte nach weiteren 2×24 Stunden die ersteren mit Inhalt erfüllt und stark angeschwollen, die größten bis 10 Sechstel des Kerndurchmessers an Breite messend. Ein anderes Individuum mit völlig erschöpften, höchstens $1\frac{1}{2}$ Sechsteln des Kerndurchmessers breiten Glanzkörpern, wurde ebenfalls 24 Stunden lang mit Stärke gefüttert, und nach 18 Tagen (von Beginn der Fütterung an gerechnet) erwies sich die Breite der größten Glanzkörper als derjenigen der Kerne entsprechend. Bei einem anderen in Betreff der Glanzkörper vollkommen gleichen Individuum haben sich die ersteren unter denselben Verhältnissen auf 7 Sechstel des Kerndurchmessers vergrößert. Ich habe auch mit solchem Materiale Experimente angestellt, welches zuvor absichtlich in Folge Nahrungsmangels zum Erschöpfen der Glanzkörper gezwungen (siehe den zweiten Theil dieser Abhandlung) und hierauf 24 Stunden lang mit Stärke gefüttert wurde. Überall fand ich am Ende der Versuche, dass die Glanzkörper unter Volumzunahme sich mit neuem Inhalt gefüllt hatten (vgl. Taf. XLII, Figg. 20 und 22).

In solchen Fällen, in denen die erschöpften Glanzkörper schließlich zu Gruppen verklebt wurden, fand ich dieselben nach 24stündiger Stärkefütterung stets noch agglutinirt, wenngleich mit Inhalt gefüllt und vergrößert. Durch besondere in Mehrzahl ausgeführte Versuche habe ich mich von der Konstanz dieser Erscheinung überzeugen können. Am Ende dieser Abhandlung sind unter Anderem auch die einen solchen Versuch betreffenden Abbildungen beigelegt (vgl. Taf. XLII,

Beobacht. u. Versuche über d. Verdauung u. Bildung d. Kohlenhydrate etc. 641

Fig. 19). Nach einer längeren Zeit jedoch treten die Glanzkörper wieder aus ihrem Verband, so dass z. B. bereits nach 48 Stunden dieselben, sowie auch die agglutinierten Kerne meist isolirt liegen (vgl. Taf. XLII, Fig. 21).

Ich war auch bestrebt die Schnelligkeit zu ermitteln, mit welcher die Füllung der vorhin erschöpften Glanzkörper vor sich geht, wenn nämlich Stärke zur Aufnahme gelangt. Diesbezüglich fand ich, dass ein reichlich mit roher Weizenstärke gefüttertes Exemplar von *Pelomyxa* schon nach 3 Stunden deutliche Füllung und Vergrößerung der Glanzkörper aufwies.

Es sei noch Einiges über das Auftreten von Vacuolen um die eingeführten Stärkekörner erwähnt. Ich halte dafür, dass das Erscheinen oder Nichterscheinen deutlicher Vacuolen an der Peripherie der Stärkekörner von der in der Zeiteinheit auf Kosten der Stärkesubstanz producierten löslichen Stoffmenge abhängig ist. Denn unversehrte Körner sind im Inneren der *Pelomyxa* vom Protoplasma dicht umgeben. Die mechanisch angegriffenen, z. B. verschiedenartig angebrochenen Stärkekörner dagegen sind in der Regel in Vacuolen eingeschlossen, was darin seine Erklärung findet, dass durch das Bloßlegen der inneren Stärkeschichten ein intensiveres Angreifen des Enzyms ermöglicht wird. Die durch Enzymwirkung angegriffenen Stärkekörner führen entweder keine Vacuolen an ihrer Peripherie oder sind von einer deutlichen Vacuole umgeben. Im ersteren Falle halte ich dafür, dass in der Zeiteinheit ein geringeres Quantum löslicher Stoffe zur Produktion gelangte als im zweiten Falle, und dass diese geringe Menge im Momente ihrer Entstehung vom umgebenden Protoplasma resorbirt wurde, so dass zu einer Vacuolenbildung kein Anlass vorhanden war. Die Löslichkeit der Stärke kann gesteigert werden, wenn man die Stärkekörner (in unserem Falle Weizenstärke) durch Hitze aufquellen lässt oder indem man Stärkekleister daraus bereitet.

Wird solche aufgequollene oder in Kleister verwandelte Stärke, nachdem letztere vorher getrocknet und zu Pulver verrieben wurde, einem *Pelomyxa*-Individuum während 24 Stunden zur Aufnahme geboten, so findet man in dem Plasmakörper am Ende der 24. Stunde eine Menge gequollener Stärkekörner oder Kleisterfragmente, welche sämmtlich in je eine deutliche Vacuole eingeschlossen sind. Bei fortgesetzter Beobachtung zeigt sich dann, dass die genannten Körper an Volum abnehmen, indem Hand in Hand damit auch die Vacuolen an Umfang verlieren. Schließlich finden sich in dem

Plasmakörper nur noch kleine, von dicht anliegenden Vacuolen umgrenzte oder dem Plasma direkt eingebettete Stärkeüberreste, welche zuletzt von Jod nicht mehr gefärbt werden. Hier muss ich noch bemerken, dass die rohen Körner der Weizenstärke, selbst wenn sie durch die Thätigkeit des Enzyms im Leibe der *Pelomyxa* bis auf undeutliche Reste verdaut wurden, am Ende dennoch die für die Weizenstärke charakteristische Jodreaktion geben. Hierin zeigt sich eine Übereinstimmung mit den Beobachtungen von BARANETZKI über die Einwirkung der Diastase auf die rohen Weizenkörner, welche ein deutlicher Beweis dafür sind, dass sogar in den Überresten jene löslichere Stärkemodifikation vorhanden ist, von der die charakteristische Färbung der intakten Stärkekörner durch Jod abhängt.

Aus der angeführten Beobachtung, welche das Verhalten der gequollenen und gekochten Stärke im Plasmakörper der *Pelomyxa* betrifft, lässt sich schließen, dass die auf diese Art veränderte Stärke daselbst verdaut wird. Davon geben auch die Veränderungen, die man an den Glanzkörpern beobachtet, sichere Auskunft. Es zeigt sich, dass eben so wie nach der mit roher Weizenstärke vorgenommenen Fütterung auch nach der Einführung der gequollenen oder gekochten Stärke die vorhin erschöpften Glanzkörper unter Volumzunahme mit Inhalt erfüllt werden, und dass auch die inhaltsreichen Glanzkörper noch an Umfang zunehmen können. Der Einzelheiten wegen führe ich im Folgenden drei solche Versuche an.

1) Drei Individuen mit erschöpften Glanzkörpern, deren Breite höchstens $2\frac{1}{2}$ Sechstel des Kerndurchmessers maß, wurden 24 Stunden lang mit gekochter Weizenstärke gefüttert. Am Ende der 24. Stunde fand ich, dass die Glanzkörper nunmehr mit Inhalt erfüllt waren und im Maximum $6\frac{1}{2}$ Sechstel des Kerndurchmessers an Breite erreichten.

2) Ein Individuum, welches vor dem Versuche mit aufgequollener Stärke gefüttert wurde, zeigt nach vollständiger Verdauung der letzteren die Glanzkörper mit Inhalt gefüllt, und was die Breite betrifft, höchstens derjenigen der Kerne gleichkommend. Von Neuem mit gequollener Weizenstärke während 24 Stunden gefüttert, vergrößert die *Pelomyxa* ihre Glanzkörper auf 10 Sechstel des Kerndurchmessers im Maximum.

3) Ein Individuum mit erschöpften, höchstens $1\frac{1}{2}$ Sechstel des Kerndurchmessers an Breite erreichenden Glanzkörpern wurde wiederum 24 Stunden lang mit gekochter Weizenstärke gefüttert. Am Ende der Fütterung erschienen die Glanzkörper mit Inhalt erfüllt und

Beobacht. u. Versuche über d. Verdauung u. Bildung d. Kohlenhydrate etc. 643

deren Größe entsprach im Maximum 4 Sechsteln der Kernbreite. Ein anderes Individuum von gleicher ursprünglicher Größe und Beschaffenheit der Glanzkörper zeigte die letzteren nach 24stündiger Aufnahme von ungekochter Weizenstärke auf bloß 3 Sechstel des Kerndurchmessers vergrößert.

Den letztgenannten zwei Versuchen lässt sich entnehmen, dass die aufgequollene oder gekochte Weizenstärke im Plasmaleibe unserer *Pelomyxa* intensiver verdaut wird als die rohe.

Es war mir auch von Interesse zu untersuchen, wie sich die durch Gefrieren der Stärkelösung dargestellte Stärke hinsichtlich der Verdauung im Leibe der *Pelomyxa* verhalten würde. Zu dem Zwecke ließ ich die Stärke mit einem Überschuss von Wasser kochen, filtrirte die Lösung und setzte das Filtrat der Kältewirkung aus. Hierbei fielen mehr oder weniger zarte faserige Klumpen aus, welche den zu untersuchenden *Pelomyxen* zur Aufnahme verabreicht wurden. Um die Stärkefasern im Leibe der *Pelomyxa* besser zu erkennen, wurde die Stärkelösung vor dem Gefrieren mit etwas Lackmus-, Curcuma- oder Kongoroth-Farbstoff versetzt, so dass die beim Gefrieren sich niederschlagenden Klumpen violett (Lackmus), citronengelb (Curcuma) oder roth (Kongoroth) erschienen. Die Fütterung dauerte wieder 24 Stunden lang, nach welcher Zeit die Durchmusterung der gefütterten Thiere vorgenommen wurde, um später noch von Zeit zu Zeit wiederholt zu werden. Ich fand die Stäbchen entweder ohne Vacuolen oder von deutlichen Vacuolen umgeben, welche letztere dann gewöhnlich der Gestalt der Stärkepartikel entsprechend ebenfalls langgezogene Formen besaßen. Ferner ergab die Beobachtung, dass die Fäden nach längerem Verbleib im Plasmaleibe sich verkleinern, abrunden oder verschmälern, wobei ihre Ränder nach und nach immer undeutlichere und verschwommenere Kontouren annehmen, bis schließlich nur noch minimale Überreste im Inneren der *Pelomyxa* sich nachweisen lassen.

Die Verdauung der auf solche Art veränderten Stärke in unseren Versuchen ergibt sich übrigens auch aus der Beobachtung der Glanzkörper, welche, falls ursprünglich erschöpft, sich unter Vergrößerung ihres Umfanges mit neuem Inhalt füllten. Von den diesbezüglich gemachten Versuchen führe ich den folgenden an. Drei Individuen mit erschöpften und höchstens 2 Sechstel des Kerndurchmessers breiten Glanzkörpern wurden 24 Stunden lang mit gefrorener (mit Kongoroth gefärbter) Stärke gefüttert. Nach beendeter Aufnahme erschienen die

Glanzkörper mit Inhalt erfüllt und erreichten im Maximum 4 Sechstel der Kernbreite.

Bei den die Verdauung der Weizenstärke im Leibe der *Pelomyxa* betreffenden Untersuchungen war es nebenbei auch erwünscht zu erfahren, welche Reaktion bei diesem Prozesse zu herrschen pflegt, ob neutrale, saure oder alkalische. Zu diesem Zwecke eignete sich die schon vorhin genannte Anwendung von passenden Indikatoren, wie Lackmus, Curcuma, Kongoroth. Mit diesen Farbstoffen wurde Weizenstärke gefärbt und diese dann dem zu untersuchenden Thiere zur Aufnahme geboten. Von Zeit zu Zeit habe ich dann zugesehen, ob und in wie weit sich die Reaktion verändert hatte. In einem Falle wurde der Versuch vom 13. November 1894 bis zum 6. April 1895 fortgesetzt, während welcher Zeit die betreffenden Versuchsthiere dreimal frische Nahrung erhielten. Rohe Weizenstärke lässt sich zuweilen mit Kongoroth färben und da fand ich, dass einige der eingeführten gefärbten Stärkekörner in rothen Vacuolen eingeschlossen waren, obzwar schon deutliche Spuren der Enzymwirkung an den ersteren sich konstatiren ließen. Sehr gut lässt sich die gequollene oder gekochte Stärke mit Kongoroth färben. Ich ermittelte, dass die in den Plasmakörper von *Pelomyxa* eingeführten gequollenen Stärkekörner oder Partikel gekochter Weizenstärke zuerst in rothe Vacuolen eingeschlossen werden, welche letztere dann später eine violette Färbung annehmen. Eben so findet man die schließlich zurückbleibenden Stärkeüberreste, einerlei ob sie dem gequollenen oder gekochten Materiale entstammen, rothviolett gefärbt.

Aufgequollene oder gekochte Stärke lässt sich auf die Dauer ziemlich gut mit Lackmus färben (ich wandte den durch Dialyse gereinigten Farbstoff an), wenn man sie nach der Färbung austrocknen lässt. Auch die durch Gefrieren einer Stärkelösung dargestellte Stärke lässt sich mit Lackmus färben, wie bereits oben angeführt wurde. Ich untersuchte das Verhalten der mit Lackmus gefärbten gequollenen und »gefrorenen« Stärke im Plasmaleibe der *Pelomyxa* und beobachtete, dass in beiderlei Fällen die Stärkpartikel zuerst von violetten, dann rothen Vacuolen umgeben waren, und dass auch die zuerst violett gefärbten Partikel schließlich (deren Überreste) rothe Farbe angenommen haben. Es kam noch die mit Curcuma gefärbte, gefrorene Stärke zur Verwendung, wobei sich herausstellte, dass die betreffenden Partikel dauernd gelb gefärbt blieben.

Auf Grund der hier angeführten Beobachtungen schließe ich,

dass bei der Stärkeverdauung im Plasmaleibe der *Pelomyxa* die Reaktion zuerst neutral, dann sauer ist.

Außer Weizenstärke habe ich noch andere Stärkesorten und zwar: Kartoffel-, Palmen- und Reis-Stärke zu Versuchen über die Verdauung im Protoplasma der *Pelomyxa* herangezogen. Die erstgenannten zwei Sorten gehören zu den excentrisch geschichteten Stärkearten, von denen (besonders von der Kartoffelstärke) bekannt ist, dass sie lange der Diastasewirkung widerstehen und selbst nach langer Behandlung mit einem passenden Enzym keine so charakteristischen Corrosionsformen annehmen, wie die concentrisch gebauten Körner. In der That, als ich *Pelomyxen* die beiden Stärkearten während 24 Stunden aufnehmen ließ, konnte ich an den Stärkekörnern selbst nach mehrtägigem ja in einem Falle sogar mehrmonatlichem Verbleib (letzteres gilt von der Kartoffelstärke) keine sicheren Spuren von Corrosionen und dergleichen nachweisen, woraus auf eine Verdauung geschlossen werden könnte. Auch die Reisstärke ist den Enzymen gegenüber ziemlich widerstandsfähig. Doch fand ich, dass die betreffenden Körner nach längerem Aufenthalt im Plasmaleibe der *Pelomyxa* in charakteristischer Weise angegriffen werden, nämlich so, dass radial orientirte Kanälchen und centrale mit diesen in Verbindung stehende Hohlräume entstehen, also just dieselben Veränderungen, die man an Reisstärke künstlich durch Behandlung mit einer wirksamen Diastaselösung erzielen kann.

Dass alle drei oben angeführten Stärkesorten im Leibe der *Pelomyxa* dennoch verdaut werden, selbst wenn anscheinend keine Veränderungen sich an den Körnern wahrnehmen lassen, darüber giebt die Beobachtung der Glanzkörper unzweideutige Auskunft. Es mag dies unter Anderem an dem folgenden Versuche veranschaulicht werden. Ich habe eine Auswahl von zehn *Pelomyxa*-Individuen getroffen, welche insgesamt erschöpfte und höchstens 2 Sechstel des Kerndurchmessers an Breite messende Glanzkörper enthielten. Zwei Exemplare wurden 24 Stunden lang mit Kartoffelstärke, zwei mit Palmstärke und fünf mit Reisstärke (und zwar im rohen und aufgequollenen Zustande) gefüttert, während das zehnte Individuum zum Zwecke der Kontrolle ohne Stärke aber unter sonst gleichen Versuchsbedingungen gehalten wurde. Nach beendigter Fütterung waren die Glanzkörper bei Gegenwart von Stärke sämmtlich mit Inhalt erfüllt und vergrößert, bei Abwesenheit von Stärke (im Kontroll-exemplare) unverändert. Die Dimensionen der ersteren waren folgende: bei

Gegenwart von Kartoffelstärke höchstens 3, bei Anwesenheit der Palmenstärke 4, bei Vorhandensein der Reisstärke höchstens 5 Sechstel des Kerndurchmessers. Wurde nun hierauf das Kontrollexemplar mit Reisstärke während 24 Stunden gefüttert, so füllten sich die Glanzkörper mit neuem Inhalt und der Durchmesser stieg höchstens auf 5 Sechstel des Kerndurchmessers.

Die Stärkekörner der Kartoffel sind im Leibe der *Pelomyxa* größtentheils dem Protoplasma direkt eingebettet. Ich zerrieb einmal Kartoffelstärke auf dem Objektträger und fütterte damit 24 Stunden lang 2 *Pelomyxa*-Individuen. Nach vollzogener Aufnahme fand ich, dass die unversehrten Körner keine Vacuolen an ihrer Peripherie besaßen, während die durch Zerreiben beschädigten größtentheils in deutliche Vacuolen eingeschlossen waren. Die Erklärung liegt auf der Hand, denn durch die Entblößung der inneren Schichten wurde offenbar das Angreifen des Enzyms erleichtert, so dass mehr Lösungsprodukte in der Zeiteinheit entstanden sind, als bei den intakten Körnern.

Zum Überfluss habe ich noch die durch Jod sich roth färbende Modifikation der Kartoffelstärke¹ zu Verdauungsversuchen an *Pelomyxa* verwandt. Ich erhielt diese Modifikation durch 2stündiges Kochen der rohen Stärke in 2%iger Schwefelsäure, Absetzenlassen, Filtriren und sorgfältiges Auswaschen der Stärkerüberreste mit Wasser. Mit den letzteren wurden 24 Stunden lang vier *Pelomyxa*-Individuen gefüttert, welche vorher erschöpfte, höchstens 2 Sechstel des Kerndurchmessers breite Glanzkörper enthielten. Am Ende der Fütterung ergab die Beobachtung, dass der Plasmaleib mit Stärkerüberresten angefüllt war, welche meist ohne Vacuolen im Protoplasma eingebettet lagen. Die Glanzkörper aber haben sich inzwischen mit Inhalt gefüllt und ihre Größe war auf 5 Sechstel des Kerndurchmessers gestiegen. Nach 6 weiteren Tagen wurden drei von den genannten Individuen nochmals untersucht. Die Zahl der mit Jod sich roth färbenden Überreste hatte während dieser Zeit abgenommen, die Glanzkörper jedoch hatten sich in ihrem Aussehen und Umfang nicht verändert. Aus dem Versuchserfolg ergibt sich der zwingende Schluss, dass auch die mit Jodlösungen roth färbbare Stärkesubstanz (hier aus Kartoffelstärke dargestellt) im Plasmaleibe der *Pelomyxa* verdaut wird.

¹ Die sog. Stärkereste oder Stärkeskelette, die nach A. MEYER hauptsächlich aus α -Amylose bestehen. Vgl. A. MEYER, Untersuchungen über die Stärkekörner. Jena 1895. p. 2—14.

Nach der Erledigung der Stärkeverdauung, trat ich an die Frage heran, in wie weit das nahe verwandte Kohlenhydrat, nämlich Cellulose, im Leibe der *Pelomyxa* verdaut werden könnte. Bei meinen Zimmerkulturen des genannten Organismus fiel mir auf, dass in dem großen, für Dauerkultur bestimmten Gefäße die darin befindlichen *Pelomyxen* mit Vorliebe auf dem sich zersetzenden Filtrirpapier oder Baumwolle sich aufhielten. Letztere Stoffe wurden absichtlich in das Gefäß hineingebracht, da es mir darauf ankam die natürlichen Verhältnisse der Pfützen des Standorts am Ladví nächst Prag, in denen cellulosehaltige Pflanzenreste in Menge der Verwesung anheimfallen, womöglich treu nachzuahmen. Die auf Papier oder Baumwolle sich ansammelnden *Pelomyxen* enthielten, wie die mikroskopische Untersuchung ergab, eine Unmasse von Cellulosefasern, so dass andere Nahrungskörper dagegen fast in den Hintergrund traten. Hierbei erwiesen sich die Glanzkörper stets mit Inhalt erfüllt und gewöhnlich von sehr großen Dimensionen. Sofort stieg in mir der Gedanke auf, dass diese konstanten Verhältnisse der Glanzkörper in einem causalen Verhältnis mit der Verdauung der Cellulosefasern im Leibe der *Pelomyxa* stehen dürften und deshalb trat ich unverzüglich an die entscheidenden Versuche heran. Ich ließ Cellulosefasern aus chemisch reiner Baumwolle, aus Filtrirpapier oder aus Holzcellulose von *Pelomyxen* aufnehmen. Nach längerer Zeit erschien der Plasmaleib mit diesen Fasern vollgestopft, doch von irgend welchen Veränderungen war an diesen selbst nach längerem Aufenthalt im Protoplasma keine Spur zu entdecken. Werden die Fasern vor der Aufnahme mit Kongoroth gefärbt, so lässt sich konstatiren, dass einzelne Cellulosefasern in rothen Vacuolen eingeschlossen sind, was deutlich dafür spricht, dass die Fasern im Plasmaleibe der *Pelomyxa* gelöst werden. Dass die Lösungsprodukte aber thatsächlich auch assimiliert werden, darüber sollen die folgenden Versuche Auskunft geben.

1) Ein *Pelomyxa*-Individuum mit vollständig erschöpften, höchstens 2 Sechstel des Kerndurchmessers an Breite erreichenden Glanzkörpern wurde 8 Tage lang in einem kleinen, »langen« Glasgefäße mit Cellulosefasern aus Baumwolle und Filtrirpapier gefüttert. Nach dieser Zeit enthielt der Plasmakörper eine Unmasse von Cellulosefasern, während die Glanzkörper mit Inhalt gefüllt und auf 5 Sechstel des Kerndurchmessers im Maximum gewachsen waren.

2) Ein *Pelomyxa*-Individuum, nahrungsfrei und mit gänzlich erschöpften Glanzkörpern von 2 Sechsteln des Kerndurchmessers, wurde

4 Tage lang in einem kleinen, »langen« Glasgefäße mit Cellulosefasern von chemisch reiner Baumwolle gefüttert. Die Untersuchung ergab hierauf, dass der Körper so zu sagen mit Cellulosefasern vollgestopft erschien, während die Glanzkörper mit Inhalt erfüllt waren und höchstens 5 Sechstel des Kerndurchmessers an Breite maßen.

3) Zwei Individuen, fast ohne Nahrungsreste und mit gänzlich erschöpften Glanzkörpern von höchstens 2 Sechsteln des Kerndurchmessers, wurden in dem kleinen, »langen« Gläschen mit Cellulosefasern aus chemisch reiner Baumwolle binnen 24 Stunden gefüttert. Die Untersuchung ergab hierauf, dass das Innere des Plasmaleibes von Cellulosefasern durchsetzt war und dass die Glanzkörper nunmehr Inhalt führten und im Maximum 3 Sechsteln des Kerndurchmessers an Breite entsprachen.

4) Drei *Pelomyxa*-Individuen mit erschöpften, maximal 2 Sechstel des Kerndurchmessers breiten Glanzkörpern wurden 24 Stunden lang mit Cellulosefasern aus Filtrirpapier gefüttert. Der Plasmaleib enthielt nach der Fütterung eine Masse von Fasern und bereits mit Inhalt erfüllte Glanzkörper, deren Breite 3 Sechsteln der Kernbreite entsprach.

5) Ein *Pelomyxa*-Individuum mit nicht erschöpften, höchstens 3 Sechstel des Kerndurchmessers erreichenden Glanzkörpern wurde 24 Stunden lang mit Cellulosefasern aus chemisch reiner Baumwolle gefüttert. Abweichend von anderen Versuchen habe ich hier das »lange« Isolirungsgefäß nicht unter Wasser des großen Kulturbehälters gesetzt, sondern für sich allein aufgestellt. Nach der Fütterung erschien der Plasmaleib mit Cellulosefasern und mit Glanzkörpern von doppelter Größe angefüllt.

6) Ein großes *Pelomyxa*-Individuum mit erschöpften, im Maximum 2 Sechstel des Kerndurchmessers an Breite erreichenden Glanzkörpern wurde halbirt. Die eine Hälfte ließ ich während 24 Stunden Cellulosefasern aus chemisch reiner Baumwolle aufnehmen, die andere blieb unter denselben Bedingungen der Kultur, jedoch ohne Nahrung. (Es kamen wieder zwei Isolirungsgläschen zur Verwendung, welche in dem bekannten großen Kulturgefäße neben einander stehend untergetaucht wurden.) Die gefütterte Hälfte zeigte eine Menge von Cellulosefasern in ihrem Plasmaleibe und die Glanzkörper mit Inhalt erfüllt, 3 Sechstel des Kerndurchmessers an Breite messend. Die andere, nicht gefütterte Hälfte ließ keine Veränderung an den Glanzkörpern wahrnehmen.

7) Zwei Individuen, das eine mit erschöpften, höchstens 2 Sechstel des Kerndurchmessers breiten Glanzkörpern, das andere mit nur par-

tiell erschöpften, im Maximum 3 Sechsteln der Kernbreite entsprechenden Glanzkörpern, wurden halbirt. Je eine Hälfte der beiden Individuen bekam während 24 Stunden Cellulosefasern zur Aufnahme, die anderen zwei Hälften blieben ohne Nahrung. Zur Isolirung dienten zwei »lange« Gläserchen, von denen vorher eins mit Cellulosefasern beschiekt wurde. Beide Gläserchen mit je zwei *Pelomyxa*-Hälften wurden in dem großen Kulturgefäß untergetaucht und neben einander aufgestellt, um die Versuchsbedingungen womöglich gleich zu halten. Nach 24 Stunden (von dem Beginn der Aufnahme ab gerechnet) enthielten die gefütterten Hälften eine Masse von Cellulosefasern in ihrem Plasmaleibe, daneben aber mit Inhalt erfüllte, bereits vergrößerte Glanzkörper. Bei der Hälfte des ersten Individuums waren letztere 3 Sechstel, bei der des zweiten 5 Sechstel des Kerndurchmessers breit. Die nicht gefütterten Hälften dagegen besaßen vollkommen unveränderte Glanzkörper. Ich ließ hierauf von den beiden Kontrollhälften Cellulosefasern derselben Provenienz wie früher aufnehmen. Nach 27stündiger Fütterung enthielten die Plasmaleiber eine Menge von Fasern und bei beiden erschienen mit Inhalt erfüllte, deutlich vergrößerte Glanzkörper. Diejenigen der ersten *Pelomyxa*-hälfte hatten im Maximum 3, diejenigen der zweiten 5 Sechstel des Kerndurchmessers.

8) Zwei Individuen mit erschöpften, höchstens 2 Sechstel der Kernbreite erreichenden Glanzkörpern wurden 24 Stunden lang mit Fasern von Holzcellulose gefüttert. Die letzteren wurden reichlich aufgenommen, wie die Untersuchung am Ende der 24. Stunde ergab, zugleich aber erschienen die Glanzkörper mit neuem Inhalt erfüllt, 3 Sechstel der Kernbreite erreichend. Die Fütterung mit Holzcellulose habe ich sodann 7 Tage lang fortgesetzt. Nach dieser Zeit fand ich, dass die Breite der Glanzkörper bedeutend zugenommen hat, indem sie im Maximum 12 Sechstel des Kerndurchmessers erreichte.

Aus den angeführten Versuchen muss geschlossen werden, dass in Folge der Cellulosefütterung die Glanzkörper mit Inhalt sich füllen und an Umfang zunehmen, dass somit Cellulose im Plasmaleibe der *Pelomyxa* der Verdauung anheimfällt.

Ich war auch bestrebt verschiedene im Wasser lösliche Kohlenhydrate, insbesondere Zuckerarten und Glykogen, in das Innere der *Pelomyxa* einzuführen, um die Assimilationsfähigkeit dieser Stoffe zu untersuchen. Zu diesem Zwecke habe ich eine Reihe von Versuchen angestellt, welche sämmtlich dahinausliefen, die mechanische Auf-

nahme der so überaus löslichen Körper auf irgend welche Weise durch Kunstgriffe dennoch zu veranlassen. Ich nahm pulverisirte, mit Zuckerlösungen und dergleichen getränkte Thierkohle, schloss die löslichen Partikel in Kollodiumhaut ein etc. Die betreffenden Versuche waren aber von unsicheren Resultaten begleitet, so dass ich von dem weiteren Vervollkommen der Methoden Abstand genommen habe. Ich fiel sodann auf die Idee, die mit einem indifferenten Stoffe chemisch gebundenen Zuckerarten, wie es bei den Glykosiden häufig der Fall zu sein pflegt, zur Aufnahme zu verwenden. Ich nahm meine Zuflucht zum Coniferin, von dem sich ja voraussetzen ließ, dass die eine Komponente, nämlich der Coniferylalkohol für den Organismus der *Pelomyxa* unschädlich sein dürfte. Die Wahl fiel auch desshalb auf Coniferin, weil dieses im Vergleiche mit anderen zu ähnlichen Experimenten ebenfalls tauglichen Glykosiden relativ schwerer löslich ist.

Die Fütterung geschah in den »schmalen« Isolirungsgläschen. Letztere wurden mit dem Schlammwasser (des großen Kulturgefäßes) gefüllt, hierauf die Versuchsthiere eingeführt und Coniferinkrystalle eingeschüttet. Um die Lösung des Coniferins womöglich hintanzuhalten, fügte ich obendrein noch eine Schicht von indifferentem Humus oder von Thierkohlenpulver hinzu. Schließlich stellte ich das kleine Gefäß auf eine bestimmte Zeit unter den Wasserspiegel des großen Kulturgefäßes. Von den so angestellten Versuchen führe ich die folgenden an (vgl. auch Taf. XLII, Figg. 23 u. 24).

1) Drei Individuen mit erschöpften, höchstens 2, in einem Fall $2\frac{1}{2}$, Sechstel des Kerndurchmessers an Breite erreichenden Glanzkörpern blieben 24 Stunden lang mit Coniferinkryställchen in Berührung. Nach dieser Zeit ergab die Untersuchung, dass bei den ersten zwei Individuen keine Aufnahme stattgefunden, wohl aber bei dem dritten, dessen Protoplasma zahlreiche Coniferinkrystalle, theils ohne deutliche Vacuolen, theils in solche eingeschlossen, führte. Zugleich wurde konstatirt, dass die Glanzkörper nunmehr mit Inhalt angefüllt waren und im Maximum 3 Sechstel des Kerndurchmessers an Breite erreichten. Isolirt und im großen Gefäße weitere zwei Tage ohne Nahrung sich selbst überlassen zeigte dasselbe Individuum noch zahlreiche Coniferinkrystalle in seinem Inneren, letztere sämmtlich von Vacuolen umgeben mit deutlichen Spuren der Auflösung, daneben aber auch viele Vacuolen mit nur noch flüssigem Inhalt, in denen offenbar die Krystalle sich total gelöst hatten. Zu dieser Zeit waren die Glanzkörper noch mehr vergrößert, indem die größten 5 Sechstel des

Kerndurchmessers erreichten. Nach weiteren 9 Tagen war keine Spur von Coniferinkryställchen im Plasmaleibe mehr nachzuweisen und auch die Glanzkörper waren bereits kleiner, nämlich höchstens $\frac{1}{4}$ Sechstel des Kerndurchmessers breit.

2) Zwei Individuen mit völlig erschöpften, im Maximum 2 Sechstel des Kerndurchmessers erreichenden Glanzkörpern wurden 24 Stunden lang mit Coniferinkryställchen in Berührung gelassen. Hierauf untersucht erscheinen sie mit letzteren (ohne deutliche Vacuolen) fast vollgepfropft und führen jetzt mit Inhalt erfüllte, im Maximum 4 Sechstel des Kerndurchmessers erreichende Glanzkörper. Die beiden Individuen werden hierauf isolirt, und weitere zwei Tage ohne Nahrung sich selbst überlassen. Am Ende des zweiten Tages erreichen die Glanzkörper im Maximum 5 Sechstel des Kerndurchmessers; Kryställchen sind noch vorhanden und sämmtlich in Vacuolen eingeschlossen. Bei einem Individuum hat die Zahl der Kryställchen in größerem Maße abgenommen, als bei dem anderen.

3) Ein großes Pelomyxa-Individuum mit erschöpften Glanzkörpern von $2\frac{1}{2}$ Sechsteln des Kerndurchmessers wurde in zwei Hälften zerschnitten. Die eine Hälfte kam in ein Gläschen mit Coniferin und etwas Humus, die andere in ein gleiches Gefäß ohne Coniferin, aber mit demselben Quantum Humus. Beide Gläschen wurden in dem bekannten großen Wasserbehälter untergetaucht. Nach 24 Stunden wurde die Aufnahme von Coniferin unterbrochen, indem der coniferinhaltige Humus gegen reinen ausgetauscht wurde. Nach Verlauf von weiteren 2 Tagen ergab die Untersuchung Folgendes. Die erste Hälfte enthält nur unbedeutende Nahrungsreste, dafür aber von Vacuolen umgebene Coniferinkrystalle, ferner mit Lösungsprodukten erfüllte, sonst aber leere oder mit körnigen Anhäufungen versehene Vacuolen, und schließlich mit Inhalt erfüllte, im Maximum 5 Sechstel des Kerndurchmessers erreichende Glanzkörper. Die andere Hälfte hat sich inzwischen in zwei selbständige Tochterindividuen getheilt. Beide sind fast nahrungsfrei, enthalten nur wenig Humus in ihrem Leibe und führen, was die Beschaffenheit und Größe betrifft, vollkommen unveränderte Glanzkörper.

4) Ein großes Individuum, fast nahrungsfrei und mit erschöpften, im Maximum den Kernen an Breite gleichenden Glanzkörpern wurde in vier Stücke getheilt. Zwei kamen in ein »schmales« Gläschen mit Coniferinkryställchen und Thierkohlenpulver, die beiden anderen in ein ähnliches Gläschen mit Thierkohle allein. Beide Gläschen wurden auf 24 Stunden in das »große« Kulturgefäß neben einander

eingetaucht. Hierauf untersucht, zeigen die beiden erstgenannten Theilstücke in ihrem Inneren nebst wenigen Thierkohlenpartikeln überaus zahlreiche Coniferinkryställchen, letztere sämmtlich in Vacuolen eingebettet, daneben jedoch mit Inhalt erfüllte, vergrößerte Glanzkörper von höchstens 8 Sechsteln des Kerndurchmessers. Die beiden anderen Theilstücke haben sich während des Versuches zu einem Körper vereinigt, führten ein wenig Thierkohle, aber gänzlich unveränderte Glanzkörper in ihrem Plasmaleibe.

5) Ein großes Individuum mit unbedeutenden Nahrungsresten und nicht erschöpften, höchstens 2 Sechstel des Kerndurchmessers erreichenden Glanzkörpern wurde halbirt. Die eine Hälfte kam in ein »schmales« Gläschen mit Coniferin und Humus, die andere in ein »langes« Gläschen mit Humus allein. Beide Gläschen wurden hierauf in den »großen« Behälter eingeführt und daselbst 24 Stunden lang in submerser Stellung neben einander gehalten. Nach dieser Zeit ergab die Untersuchung, dass der Plasmaleib der ersten Hälfte von zahlreichen Coniferinkryställchen (bis dahin ohne Vacuolen) durchsetzt war, und dass die Glanzkörper an Umfang zugenommen haben, indem die größten 4 Sechsteln des Kerndurchmessers entsprachen. Die andere Hälfte dagegen enthielt neben ein wenig Humus und der diesem entnommenen minimalen Nahrung Glanzkörper von maximal fast 3 Sechsteln des Kerndurchmessers, also nicht so stark vergrößert, als im ersten Falle. Hierauf wurden beide Hälften ohne Nahrung jede für sich in je einem langen Gläschen isolirt und letztere wieder in das große Kulturbecken eingetaucht. Nach weiteren 2 Tagen fand abermals die Durchmusterung statt, welche folgende Resultate ergab. Die erste Hälfte führt noch zahlreiche, sämmtlich von Vacuolen umgrenzte Coniferinkryställchen und noch mehr vergrößerte, im Maximum 5 Sechstel des Kerndurchmessers erreichende Glanzkörper, die andere dagegen hat letztere vollkommen unverändert und besitzt außerdem noch etliche Humustheilchen nebst einigen Baumwollfasern.

6) Ein anderes Individuum von beträchtlicher Größe enthält völlig erschöpfte Glanzkörper von zweierlei Dimensionen: die einen in Mehrzahl vorhandenen von höchstens $2\frac{1}{2}$, die anderen von 5 Sechsteln des Kerndurchmessers. Dieses Individuum wurde in zwei Hälften getheilt; die eine kam in ein Gefäß mit Coniferin und Humus, die andere in ein ähnliches Gefäß mit Humus allein. Die beiden Gläschen wurden wieder in der bekannten Weise in das große Kulturgefäß gestellt, wo sie 24 Stunden verharrten. Nach Verlauf dieser Zeit ergab die Untersuchung beider Fälle Folgendes. Die erste Hälfte

ist mit Coniferinkryställchen so zu sagen vollgepfropft, hat sämtliche Glanzkörper mit Inhalt erfüllt und wiederum von zweierlei Größe, die kleineren, in Mehrzahl vorhandenen, von 3 Sechsteln des Kerndurchmessers, die größeren, spärlichen etwas größer als die Kerne. Die andere Hälfte enthält nebst Spuren von Nahrungsresten nur vollkommen unveränderte Glanzkörper.

Aus den angeführten Versuchsergebnissen erhellt, dass die Fütterung mit Coniferin an erschöpften Glanzkörpern stets eine Füllung mit Inhalt nebst einer Vergrößerung derselben zur Folge hat, und dass auch die bereits mit Inhalt versehenen Körper bei Verabreichung von Coniferin an Umfang zunehmen können. Daraus muss der Schluss gezogen werden, dass das Coniferin im Leibe der *Pelomyxa* assimiliert wird, indem höchstwahrscheinlich durch die Einwirkung eines dem Emulsin ähnlichen Enzyms eine Spaltung des Coniferins herbeigeführt wird, so dass Coniferylalkohol und Glykose entsteht, welche letztere vom Protoplasma aufgenommen und in Glykogen überführt wird.

Im Schlamme der pelomyxahaltigen Pfützen finden sich häufig isolirte Holzfasern u. dgl. vor, welche durch Maceration verschiedener Pflanzentheile (Laubblätter, Coniferennadeln etc.) entstanden sind. Da die verholzten Elemente der Pflanze unter Anderem auch Coniferin enthalten sollen, so ist die Annahme wahrscheinlich, dass dieses auch unter natürlichen Verhältnissen gleichzeitig mit der Celluloseverdauung ein oder das andere Mal von der *Pelomyxa* verarbeitet wird.

B. Eiweißartige Stoffe und Glykogen.

Ich prüfte eine ganze Reihe von eiweißartigen Substanzen, welche ich von *Pelomyxen* aufnehmen ließ, um zu erfahren, in wie weit denselben ein Einfluss auf die Bildung der Glanzkörper zukommt oder nicht. Im Folgenden mögen die Versuche und deren Resultate je nach den zur Prüfung gelangten Stoffen angeführt werden.

1) Eialbumin, durch Hitze koagulirt. Ich führte eine lange Reihe von Versuchen aus, indem ich die betreffenden Versuchsthiere mit pulverisirtem Albumin 24 Stunden lang oder noch länger fütterte. Die nach 24 Stunden oder in späteren Zeitabschnitten ausgeführte Beobachtung ergab, dass um die stets reichlich aufgenommenen Partikel Vacuolen entstehen, indem das von ihnen eingeschlossene Albumin unter Volumabnahme nach und nach aufgelöst wird, dass aber hierbei die Glanzkörper unverändert bleiben. Von den stets von dem gleichen Erfolge begleiteten Versuchen führe ich folgende an.

a. Ein Individuum mit erschöpften, höchstens $\frac{3}{6}$ Sechstel des Kerndurchmessers erreichenden Glanzkörpern wurde 24 Stunden lang mit Albumin gefüttert. Hierauf untersucht, zeigt es im Plasmaleibe sehr zahlreiche Albumintheilchen eingeschlossen, doch an den Glanzkörpern lässt sich keine Veränderung wahrnehmen.

b. Ein großes Individuum mit erschöpften, im Maximum $\frac{2}{6}$ Sechstel des Kerndurchmessers erreichenden Glanzkörpern wurde 48 Stunden mit Albumin gefüttert. Letzteres erscheint bei der hierauf stattgefundenen Durchmusterung in großer Menge im Plasmakörper eingeschlossen und größtentheils von Vacuolen umgeben, dagegen aber erweisen sich die Glanzkörper als vollständig unverändert. Das Individuum wird weiterhin isolirt und ohne Nahrungszufuhr 5 Tage lang sich selbst überlassen. Von Neuem angesehen, zeigt es zahlreiche, große Vacuolen, in denen noch Überreste von dem aufgenommenen Albumin sich vorfinden; an den Glanzkörpern jedoch lassen sich keine Veränderungen wahrnehmen.

c. Ein Individuum, dessen Glanzkörper erschöpft sind und höchstens $\frac{2}{6}$ Sechstel des Kerndurchmessers erreichen, wird 8 Tage lang mit Albumin gefüttert. Hierauf untersucht, zeigt es zahlreiche von Vacuolen umgebene Eiweißpartikel im Plasmakörper, doch keine Spur von Veränderungen an den Glanzkörpern. Es wird sodann mit Stärke gefüttert und nach 24stündiger Aufnahme untersucht. Jetzt sind die Glanzkörper mit Inhalt gefüllt und vergrößert, indem die größten $\frac{5}{6}$ Sechstel des Kerndurchmessers erreichen.

d. Zwei Individuen wurde während 24 Stunden Albumin zur Aufnahme verabreicht. Nach weiteren 24 Stunden, während welcher Zeit keine Nahrung mehr in den Plasmakörper gelangen konnte, fand die Durchmusterung statt. Im Inneren der Thiere befinden sich zwar zahlreiche Eiweißtheilchen, aber die Glanzkörper sind unverändert. Nach Verlauf von 10 Tagen und bei Mangel jeglicher Nahrungszufuhr erscheinen die früher eingeführten Albumintheilchen in Vacuolen eingeschlossen, aber die Glanzkörper sind unverändert.

2) Krystallisirtes Globulin = Pflanzenvitellin (bezogen von Dr. GRÜBLER in Leipzig). Ein Versuch mit dieser Substanz hat dasselbe Resultat geliefert, wie die Versuche mit Eieralbumin. Er sei in dem Folgenden angeführt. Fünf Individuen, darunter zwei große und drei kleine, mit erschöpften, höchstens $\frac{2}{6}$, resp. $\frac{3}{6}$ Sechstel des Kerndurchmessers erreichenden Glanzkörpern, wurden 24 Stunden lang mit Globulin gefüttert und hierauf untersucht. Zwei Individuen sind im Verlaufe des Versuches zu einem Exemplar verschmolzen,

alle führen zahlreiche Globulinkryställchen, doch überall blieben die Glanzkörper unverändert. Sämmtliche vier Thiere wurden hierauf isolirt und, nachdem ein wenig Humus zugesetzt wurde, erst in 4 Tagen untersucht. Hierbei zeigt sich der Plasmakörper mit Globulinkryställchen angefüllt, enthält sonst fast keine andere Nahrung mehr, während die Glanzkörper unverändert erscheinen. Nach weiteren 10 Tagen sind noch zahlreiche Kryställchen im Inneren der Pelomyxen enthalten, wie die Untersuchung von drei Exemplaren ergab, jedoch von Vacuolen umgeben und mit deutlichen Spuren der Auflösung, wie man nach den abgestumpften Kanten und ausgefressenen Flächen zu urtheilen vermag. Die Glanzkörper dagegen haben sich nicht verändert.

3) Fibrin. Der Versuch mit Fibrin ist nicht anders ausgefallen als diejenigen mit Albumin und Globulin. Im Nachstehenden sind die betreffenden Details angeführt. Vier Individuen mit erschöpften, $1\frac{1}{2}$ Sechstel des Kerndurchmessers erreichenden Glanzkörpern wurden 24 Stunden lang mit pulverisirtem Fibrin gefüttert. Hierauf untersucht, zeigen sie in ihrem Inneren zahlreiche, theils in Vacuolen eingeschlossene Fibrintheilchen, dagegen aber völlig unveränderte Glanzkörper. Nach 5 Tagen isolirter Kultur wurde abermals die Durchmusterung vorgenommen, welche (bloß an einem Individuum) Folgendes ergab. Die Fibrinpartikel ließen sich immer noch im Plasmakörper unterscheiden, aber die Glanzkörper waren überall unverändert. Dasselbe fand ich, was den letzten Punkt betrifft, an einem Individuum, welches weitere 7 Tage sich selbst überlassen wurde. Hier waren bereits die meisten Fibrinpartikel verschwunden, während die Glanzkörper keine Veränderung erfahren haben.

4) Kasein. Auch hier waren die Versuchsergebnisse nicht anders, als bei den vorhin genannten Körpern. Es mag hier der folgende Versuch angeführt werden. Einige Individuen mit erschöpften, im Maximum $1\frac{1}{2}$ Sechstel des Kerndurchmessers erreichenden Glanzkörpern, wurden 24 Stunden lang mit Kasein gefüttert. Hierauf untersucht, zeigen sie im Plasmakörper zahlreiche Kaseintheilchen eingeschlossen und sämmtlich von Vacuolen umgeben, dagegen die Glanzkörper unverändert. Die Fütterung mit Kasein wird hierauf 4 Tage lang fortgesetzt. Am Ende dieses Zeitraumes finden sich neben den mit Vacuolen umgebenen Kaseintheilchen gänzlich unveränderte Glanzkörper, wie die Untersuchung von zwei Individuen ergab. Von den letzteren wurde jetzt ein Exemplar zur Stärkekütterung verwendet. Nach 24stündiger Aufnahme erschien der Plasmaleib mit Stärke

beladen, die Glanzkörper aber mit Inhalt angefüllt und von höchstens 5 Sechsteln des Kerndurchmessers. Die anderen Individuen wurden durch 7 Tage mit Kasein gefüttert. Wie die Untersuchung eines Exemplars ergab, haben inzwischen die Glanzkörper keine Veränderung erfahren, obzwar eine Anzahl Kaseinbrocken, sämmtlich in Vacuolen eingeschlossen, im Plasmakörper vorhanden war. Die Fütterung mit Kasein wurde hierauf noch auf weitere 5 Tage ausgedehnt, doch mit demselben negativen Erfolg. Trotz der Anwesenheit von Kaseintheilchen im Plasmaleibe, welche, in Vacuolen eingeschlossen, sichtlich aufgelöst wurden, hat sich an den Glanzkörpern nichts verändert.

5) Nuclein (von Dr. GRÜBLER bezogen). Die Versuche mit Nuclein waren von ähnlichen Resultaten begleitet wie im vorgehenden Falle. Ein Beispiel mag dies illustriren. Drei Individuen mit erschöpften, höchstens 2 Sechstel der Kernbreite messenden Glanzkörpern wurden durch 24 Stunden mit Nuclein gefüttert. Nach vollzogener Aufnahme erscheint der Plasmaleib mit Theilchen und größeren Krümen des Nucleins angestopft, doch an den Glanzkörpern lässt sich keine Veränderung wahrnehmen. Die Fütterung mit Nuclein wird sodann auf weitere 8 Tage ausgedehnt und nach Verlauf dieser Zeit ergibt die Beobachtung eines Individuums Folgendes. Der Plasmaleib führt eine Unmasse von Nuclein, darunter größere Partikel zum Theil von Vacuolen umgeben, dagegen aber völlig unveränderte Glanzkörper.

6) Gelatine. Diese wurde im heißen Wasser aufgelöst und mit Gerbsäure ausgefällt. Mit den so erhaltenen Partikeln kamen drei Pelomyxa-Individuen in Berührung. Zwei größere Exemplare besaßen mit Inhalt erfüllte, im Maximum 3 Sechstel des Kerndurchmessers erreichende Glanzkörper, das dritte (kleinere) war in so fern verschieden, als es etwas größere, im Maximum 4 Sechstel des Kerndurchmessers erreichende Glanzkörper führte. Nach 24stündiger Fütterung ergab die Untersuchung, dass alle drei Individuen eine Anzahl von Gelatinepartikeln, fast sämmtlich im Protoplasma eingebettet, enthielten, während die Glanzkörper unverändertes Aussehen und dieselbe Größe zeigten wie früher. Es wurden hierauf die betreffenden Versuchsthiere mit etwas Humus, jedoch ohne Zuthat von Gelatine, auf 4 Tage sich selbst überlassen. Mikroskopische Prüfung ergab folgendes Resultat. Die früher eingeführten Gelatinepartikeln sind röthlich und größtentheils in Vacuolen eingeschlossen, die Glanzkörper dagegen unverändert. Diese Beobachtung bezieht sich nur auf die zwei ersteren Individuen, denn das dritte hat so viel Humus

Beobacht. u. Versuche über d. Verdauung u. Bildung d. Kohlenhydrate etc. 657

aufgenommen, dass die Größenverhältnisse der Glanzkörper mit Sicherheit nicht bestimmt werden konnten. Nach weiterer, durch 6 Tage fortgesetzter Kultur bei Abwesenheit von Humus und ohne Zuthat von Nahrung fand ich abermals (bei zwei Individuen) die Glanzkörper unverändert, obzwar sämtliche Gelatinetheilchen bereits in Vacuolen eingeschlossen waren. Die Gelatine wird also sichtlich aufgelöst, wie aus dem weiteren Versuchsverlaufe noch besser erhellt. Denn nach weiteren 16 Tagen fanden sich im Inneren der *Pelomyxa* nur noch wenige Gelatinepartikel vor; diese waren sämtlich in Vacuolen eingeschlossen und meist von minimalen Dimensionen. Auch bei dieser Gelegenheit ließ sich keine wesentliche Veränderung an den Glanzkörpern wahrnehmen. Diese Angaben gelten für ein einziges Individuum, welches am Ende der 16tägigen Kultur noch am Leben blieb. Der zuletzt als Zuthat angewandte nahrungsarme Humus wurde hierauf gegen einen frischen, allerlei Nährkörper enthaltenden ausgetauscht. Nach 15 Tagen erscheint das letzte Versuchsthier frei von Gelatinetheilchen, dafür aber vollgestopft mit verschiedenen Nährstoffen. Es enthält jetzt vergrößerte Glanzkörper, deren Durchmesser im Maximum demjenigen der Kerne gleichkommt. Das Thier wird zuletzt noch einmal und zwar mit Weizenstärke 24 Stunden lang gefüttert und sofort untersucht. Die Glanzkörper haben noch an Volum zugenommen, indem die größten bereits 8 Sechstel des Kerndurchmessers erreicht hatten.

Die angeführten Versuche mit Eiweißkörpern zeigen, dass nach 24stündigem oder längerem Füttern mit diesen Stoffen die im Plasmakörper der *Pelomyxa* enthaltenen Glanzkörper keine Veränderung erleiden. Es unterbleibt also an den letzteren speciell die sonst bei anderer Fütterungsweise beobachtete Füllung mit Inhalt, welche ja ihrerseits wieder zur Vergrößerung der Hüllmembranen Anlass giebt. Daraus ist aber keineswegs die Folgerung zu ziehen, als ob auf Kosten der gelösten Eiweißstoffe kein Glykogen im Plasmakörper der *Pelomyxa* entstünde, nur so viel lässt sich behaupten, dass kein Überschuss an Glykogen gebildet wird, der sonst in den Glanzkörpern sich anzusammeln pflegt.

Nachdem ich bewiesen hatte, dass koagulirtes Eiweiß nach 24stündigem oder selbst längerem Verbleib im Plasmaleibe der *Pelomyxa* kein Ansammeln des Glykogens in den erschöpften Glanzkörpern verursacht, machte ich den Versuch, Glykogen an koagulirtes

Albumin zu binden und dieses von den betreffenden Versuchstieren aufnehmen zu lassen. Zu diesem Zwecke wurde im flüssigen Hühner-eiweiß eine große Menge von Glykogen aufgelöst, das Eiweiß durch Hitze zum Erstarren gebracht und nach dem Austrocknenlassen pulverisirt. Ein so präparirtes Eiweißmaterial wurde zu folgenden zwei Versuchen verwendet (vgl. auch Taf. XLII, Fig. 25).

1) Ein großes Individuum mit erschöpften Glanzkörpern, deren Größe höchstens diejenige der Kerne ein wenig übertraf, wurde in zwei Hälften zerschnitten. Die eine kam in ein »schmales« Gläschen mit Glykogen-Eiweiß, die andere in ein ähnliches Gefäß mit Eiweiß allein. Beide Gefäße wurden hierauf in dem großen Kulturgefäße neben einander so aufgestellt, dass sie ganz vom Wasser bedeckt waren. Nach 24 Stunden ergab die Durchmusterung, dass die erste Hälfte (mit Glykogen-Eiweiß) zahlreiche Eiweißtheilchen in ihrem Inneren führte, nebst bedeutend vergrößerten Glanzkörpern, maximal von zweimal so großem Durchmesser, als die Kerne. Die andere Hälfte besaß ebenfalls zahlreiche Eiweißpartikel in ihrem Leibe, daneben jedoch völlig unveränderte Glanzkörper.

2) Ein Individuum mit vollen, großen Glanzkörpern wurde längere Zeit bei Nahrungsmangel gehalten, bis dessen Glanzkörper völlig erschöpft wurden, indem deren Breite im äußersten Falle diejenige der Kerne um ein Kleines überbot. Hierauf wurden aus ihm zwei Hälften hergestellt, die eine kam in ein »schmales« Gläschen mit Glykogen-Eiweiß, die andere in ein ähnliches Gefäß mit Eiweiß allein. Dieses Eiweiß entstammte demselben Materiale, aus welchem man das Glykogen-Eiweiß hergestellt hat. Beide Gefäße stellte ich neben einander unter den Wasserspiegel des bekannten »großen« Kulturgefäßes. Nach 24 Stunden fand die Durchmusterung statt, welche Folgendes ergab. Die erste Hälfte ist so zu sagen mit Eiweißkörnechen überfüllt und führt bereits mit Inhalt erfüllte, auf maximal 8 Sechstel des Kerndurchmessers angeschwollene Glanzkörper. Mit Jod behandelt färben sich die letzteren in derselben Weise, wie die mit Glykogen getränkten, in den Plasmakörper eingeführten Eiweißpartikel. Die andere Hälfte lässt ebenfalls zahlreich eingeführte Eiweißkörner in ihrem Inneren erkennen, doch in diesem Falle erweisen sich die Glanzkörper als unverändert.

Aus dem Ergebnisse der beiden angeführten Versuche muss geschlossen werden, dass das in den Plasmakörper der *Pelomyxa* eingeführte, an koagulirtes Eieralbumin vorher mechanisch gebundene

Beobacht. u. Versuche über d. Verdauung u. Bildung d. Kohlenhydrate etc. 659

Glykogen daselbst assimilirt und als Inhalt im Inneren der Glanzkörper deponirt wird.

C. Fette.

Es wurde eine Reihe von Versuchen angestellt, welche den Zweck verfolgte nachzuweisen, wie sich Fette im Plasmakörper der *Pelomyxa* in Bezug auf die Glanzkörper verhalten würden. Die betreffenden Versuche sind äußerst schwierig, da es nicht leicht gelingt Fetttröpfchen in genügender Menge dem Plasmakörper einzuverleiben. Nachdem ich verschiedene Fette probirt hatte, beschränkte ich mich bei der Ausführung der entscheidenden Versuche fernerhin nur auf das Fett der Milch und das der Fische. Aus dem Fischöl wurde eine Emulsion im flüssigen Hühnereiweiß dargestellt, dieses zum Erstarren gebracht und nach vollständigem Austrocknen zu Pulver zerrieben, welch' letzteres den *Pelomyxen* zur Aufnahme geboten wurde. Die Versuche mit MilCHFett habe ich folgendermaßen arrangirt. In die mit Wasser gefüllten Versuchsgläschen ließ ich, nachdem die zu untersuchenden *Pelomyxen* eingeführt waren, mit Hilfe einer Pipette einige Milchtröpfchen vorsichtig auf den Bodengrund fließen und fügte obendrein rasch ein wenig nahrungsarmen Humus hinzu. Damit wurde erreicht, dass die Milchtröpfchen von den Humustheilchen festgehalten wurden und mitsammt diesen leicht in den Plasmakörper eingeführt werden konnten. Von den von mir ausgeführten Versuchen seien folgende angeführt.

1) Drei Individuen mit erschöpften, im Maximum 2 Sechstel des Kerndurchmessers erreichenden Glanzkörpern wurden in einem »schmalen« Gläschen mit MilCHFett 24 Stunden lang gefüttert. Hierauf untersucht, zeigen sie eine Menge von Humustheilchen und Fetttröpfchen im Plasmaleibe eingeschlossen, doch keine Veränderungen an den Glanzkörpern.

2) Von sechs Individuen mit erschöpften, höchstens 2 Sechstel des Kerndurchmessers an Breite erreichenden Glanzkörpern wurden drei in einem »schmalen«, drei in einem »langen« Gläschen mit MilCHFett gefüttert. Nach 24 Stunden finden sich unzählige Humuspartikel und Fetttröpfchen im Plasmaleibe, doch an den Glanzkörpern ist keine Veränderung zu beobachten. Drei von den betreffenden Thieren wurden hierauf isolirt, d. h. vom Humus frei gehalten. Nach einiger Zeit fand ich, dass die Anfangs aufgenommenen Humustheilchen wieder zur Ausgabe gelangten, während zahlreiche Fetttröpfchen zurückgehalten wurden. Nach 10tägiger Isolation fanden sich nur

noch spärliche Fetttröpfchen im Plasmakörper vor, während die Glanzkörper nicht nur erschöpft, sondern zu Gruppen verklebt (agglutinirt) angetroffen wurden. Hierauf ließ ich dieselben Pelomyxen noch einmal Milchfett aufnehmen. Nach 24stündiger Fütterung sah ich eine große Anzahl von Humustheilchen und Fetttröpfchen im Inneren der Plasmakörper, doch von einer Veränderung der Glanzkörper war keine Spur zu bemerken. Die drei Individuen wurden sodann 4 Tage lang ohne Humuszusatz im Isolirungsgefäße gehalten, wobei ein Versuchsthier zu Grunde ging. Die beiden anderen Thiere besaßen bei Beginn des 5. Tages keine Öltröpfchen mehr und ihre Glanzkörper erschienen völlig unverändert. Bei nochmaliger Fütterung mit Milchfett fiel ein zweites Exemplar dem Tode zum Opfer, während das andere am Ende der 24. Stunde spärliche Fetttropfen neben vollständig unveränderten Glanzkörpern enthielt.

3) Drei Individuen mit erschöpften, im Maximum $2\frac{1}{2}$ Sechstel des Kerndurchmessers erreichenden Glanzkörpern wurden durch 24 Stunden mit Fischfett gefüttert. Hierauf untersucht, zeigen sie im Protoplasma eine Masse von Eiweißpartikeln mit den darin eingeschlossenen Fetttröpfchen nebst einzelnen freiliegenden Fettkügelchen. Von einer Veränderung lässt sich an den Glanzkörpern nichts wahrnehmen. Nach Verlauf von weiteren mehr als 24 Stunden trat, was den letzten Punkt betrifft, keine Veränderung ein, wohl aber erschienen viele der noch zahlreich vorhandenen Eiweißpartikel sammt dem Fetteinschluss in Vacuolen eingebettet, was auch bei einigen der frei liegenden Fetttröpfchen der Fall war. Schließlich wurde noch während weiterer 8 Tage Fischfett zur Aufnahme verabreicht. Das Resultat war dasselbe, wie früher. An den Glanzkörpern wurde nichts beobachtet, was auf eine Füllung mit Inhalt und dergleichen deuten könnte, obzwar in zwei Fällen reichliche Eiweißkörnehen mit ihren Fetteinschlüssen nebst mehreren isolirten Fettkügelchen zur Aufnahme gelangten.

Die angeführten Versuche lehren, dass nach einer 24stündigen oder längeren Fütterung mit Milch- oder Fischfett kein Inhalt (Glykogen) in den erschöpften Glanzkörpern angehäuft wird.

Über den Physiko-Chemismus bei der Verdauung und Bildung von Kohlenhydraten im Leibe der Pelomyxa.

Ich habe sichergestellt, dass die im Plasmaleibe von Pelomyxen befindlichen Glanzkörper aus einem Inhalt, der Glykogen ist, und

aus einer Hüllmembran, welche ein schwerer lösliches Kohlenhydrat vorstellt, zusammengesetzt sind. Ich habe auch constatirt, dass das Glykogen in den Glanzkörpern sich anhäuft, wenn die betreffenden Thiere mit reichlicher, aus Kohlenhydraten bestehender oder kohlenhydrathaltiger Nahrung (Stärke, deren verschiedenen Modifikationen, Glykogen, Cellulose und Coniferin) gefüttert werden. Schließlich kam ich zu dem Ergebnis, dass das Glykogen, dieser wichtige Nährstoff, in dem die für den Betrieb und andere Lebensvorgänge verwendbare potenzielle Energie angehäuft ist, bei Abwesenheit von Nahrung allmählich aus den Glanzkörpern schwindet und dass Hand in Hand damit auch die vitalen Vorgänge, die in der Bewegung ihren Ausdruck finden, abnehmen.

Ich halte dafür, dass das Glykogen im Inneren der Pelomyxa durch direkte Metamorphose der aus Kohlenhydrat zusammengesetzten oder dieses (chemisch gebunden) enthaltenden Nahrung entsteht und nicht durch Abspaltung von den Eiweißmolekülen des Protoplasmas.

Den ganzen Vorgang von dem Beginne der Verdauung bis zur Bildung der Glanzkörper stelle ich mir folgendermaßen vor.

Um die aufgenommene Nahrung wird vom Protoplasma eine Grenzhaut gebildet, wodurch die Basis eines osmotischen Systems gegeben ist. Die Grenzhaut liegt der Nahrung dicht an, oder aber erstere wird bis zur Vacuolenbildung gedehnt, im Falle nämlich, dass die Nahrung rasch genug aufgelöst wird. Durch die Plasmahaut müssen Enzyme hindurchtreten, nachdem dieselben von den im Protoplasma enthaltenen Zymogen abgespalten wurden. Denselben Weg muss auch das zuerst neutrale, dann saure, flüssige Medium einschlagen, in dem die Enzyme thätig sind. Durch die Einwirkung des Enzyms wird entweder das in der Nahrung chemisch gebundene Kohlenhydrat abgespalten, oder es wird ein zusammengesetztes Kohlenhydrat zertrümmert, indem es in weniger complicirte bis zu den einfachen Zuckerarten herabsteigend überführt wird. Die so adaptirte Nahrung diosmirt in Form von Zucker durch die Vacuolenhaut in den Plasmakörper hinein, wo sie entweder gleich in verschiedenen Lebensfunktionen Verwendung findet, oder aber sie wird, wenn im Überfluss vorhanden, nebenbei in den Glanzkörpern deponirt. Hierbei spielt, wie ich vermuthete, die Hüllmembran der Glanzkörper eine wichtige Rolle, indem nämlich der durch dieselbe passirende Zucker unter Mitwirkung des Protoplasmas in Glykogen verwandelt wird. Dieses schlägt sich dann bei Gegenwart einer sowohl in den Glanzkörpern, als auch im Plasma vorhandenen löslichen Substanz sofort

nieder, in welcher Form es dann im Inneren der Glanzkörper magaziniert wird. Bei eintretendem Nahrungsmangel entwickelt der Organismus eine Thätigkeit, welche auf die Ausnutzung des in den Glanzkörpern deponirten Glykogens hinausläuft. Aus dem Zymogen wird an der Grenze der Hüllmembran ein Enzym abgeschieden, welches durch die letztere hindurchtritt und das im Inneren angehäuften Glykogen wieder in Zucker verwandelt. Dieser diosmirt in das umgebende Protoplasma und findet in verschiedenen Lebensvorgängen Verwendung.

Es entsteht die Frage, wie und wann im Protoplasma neue Glanzkörper gebildet werden. Ich halte dafür, dass bei reichlicher Nahrung immerwährend neue Glanzkörper entstehen. Es spricht hierfür die wiederholt von mir gemachte Beobachtung, dass bei ergiebiger Fütterung neben größeren mit Inhalt erfüllten Glanzkörpern (dies lässt sich besonders gut beobachten, wenn erschöpfte und bereits agglutinirte Glanzkörper ursprünglich vorhanden waren) auch solche von minimalen Dimensionen auftreten, deren Gegenwart vor der Fütterung sich nicht konstatiren ließ, so dass angenommen werden muss, dass dieselben während der Assimilation entstanden sind.

R. GREEFF, der verdienstvolle Protozoenforscher, von dem *Pelomyxa* entdeckt und ausführlich beschrieben wurde¹, hält die Glanzkörper für Sporen des genannten Organismus und vermuthet, dass dieselben von besonderen in den Kernen befindlichen runden Körperchen ihren Ursprung genommen haben. Die letzteren, ursprünglich solid, sollen unter gleichzeitiger Volumvergrößerung des Kernes sich in doppelt kontourirte Körper verwandeln, welche schließlich die Kernmembran durchreißen, in das Protoplasma übertreten, um daselbst zu Glanzkörpern sich umzubilden. Die Ansicht GREEFF's über die Bedeutung der Glanzkörper wird durch die in dieser Arbeit angeführten Beobachtungen und Versuche widerlegt, und was die Vermuthung desselben Autors über den Ursprung der Glanzkörper betrifft, so muss ich dieselbe auch für gegenstandslos erklären. Wie schon GREEFF gezeigt hatte, befinden sich im Kerne besondere kugelige, schwach glänzende, ungefärbte und undurchsichtige Körper von verschiedener Größe. Sie können undeutlich und in größerer Zahl vorhanden sein, oder aber sie sind deutlicher, von größerem Umfang und geringerer Zahl. Im extremen Falle kann bei stark ausgehun-

¹ RICHARD GREEFF, *Pelomyxa palustris*, ein amöbenartiger Organismus des süßen Wassers. Archiv für mikr. Anat. Bd. X. 1874.

gerten Individuen ihr Durchmesser bis $2\frac{1}{2}$ Sechstel desjenigen der Kerne betragen. In Essigsäure sind diese Körper unlöslich, wie schon GREEFF konstatirt hat, eben so in Salzsäure und Salpetersäure. Ich halte dafür, dass die doppeltkontourirten Körper, die von GREEFF angeblich im Inneren der Kerne gesehen wurden, mit Glanzkörpern identisch sind, und dass hier in so fern eine Täuschung vorliegt, als höchstwahrscheinlich die mit dem Kerne verklebten, rudimentären Glanzkörper, als im Inneren derselben liegend angesehen wurden. Dass die im Inneren der Kerne auftretenden Körper mit den erschöpften Glanzkörpern nichts gemein haben, davon geben mikrochemische Reaktionen sichere Auskunft. Ich betrachte die genannten Kernbestandtheile für Stoffwechselprodukte der Kerne und möchte dieselben für fettartige Körper ansehen. Doch bestehen bei mir hierüber noch einige Zweifel, und so möchte ich mir eine definitive Ansicht für eine spätere Arbeit vorbehalten.

Was die Entstehung neuer Glanzkörper betrifft, so muss ich mich bis dahin nur auf Vermuthungen beschränken. Ich halte dafür, dass bei ihrer Bildung zuerst die Hüllmembranen entstehen, indem aus irgend welchem, im Protoplasma befindlichen Kohlenhydratmateriale oder nach Abspaltung eines solchen von dem Plasma unter bestimmten Verhältnissen ein minder lösliches Kohlenhydrat entsteht, welches sofort an Ort und Stelle niedergeschlagen wird. Die einzelnen, bestimmte Dimensionen erreichenden Kohlenhydratniederschläge bilden die Basis der Hüllmembran für die neuen Glanzkörper. Mit der das Glykogen aus seinen Lösungen fällenden Substanz durchtränkt, fangen die Kohlenhydratniederschläge sofort ihre Thätigkeit an. Das aus der Verarbeitung der Nahrung stammende und in das Protoplasma transportirte Kohlenhydrat wird bei seinem Eintritt in die ausgeschiedene Kohlenhydratsubstanz unter Beihilfe von Protoplasma in Glykogen verwandelt, welches, sofort ausgefällt, mehr in der Mitte sich konzentriert, während die festeren, primären Kohlenhydrattheile die Peripherie einnehmen. Die so entstandenen Glanzkörper können bei Gegenwart von genügendem Kohlenhydratmateriale im Protoplasma weiter wachsen. Neue Glykogenheilchen werden im Inneren deponirt, während die Hüllmembran durch Auf- resp. Einlagerung neuer im Plasma entstehender Theilchen des zur Ausfüllung gelangenden schwer löslichen Kohlenhydrates wächst. Beim Erschöpfen der Glanzkörper, wobei auch die Hülle sich zusammenzieht, erfährt letztere gewisse Veränderungen (wie die Jodreaktion erkennen lässt), aber deren Masse wird anscheinend nicht verringert. Bei manchen Glanz-

körpern jedoch scheint die Volumabnahme nicht mit dem Erschöpfen des Inhaltes gleichen Schritt zu halten, da vielfach leere Hüllen von bedeutendem Umfang angetroffen werden.

Der Bildungsmodus der Glanzkörper macht auch einige abweichende Formen derselben erklärlich. So dürften die biskuitförmigen Glanzkörper durch paarweise, jedoch unvollständige Vereinigung zweier neben einander entstandenen Niederschläge sich gebildet haben (sind also keineswegs durch unvollkommene Theilung eines einzigen Glanzkörpers entstanden, wie GREEFF angenommen hat), während die unregelmäßig gebuchteten Formen vielleicht einer größeren Anzahl von neben einander abgeschiedenen Niederschlägen ihre Entstehung verdanken. Über die das Glykogen im Niederschlagszustande erhaltende Substanz der Glanzkörper kann ich nur wenig Positives berichten. Bei Isolirung der Glanzkörper und Überführen letzterer in reines Wasser dürfte diese Substanz allmählich nach außen diosmiren, so dass hierdurch die Auflösung von Glykogen ermöglicht wird. In jenen Fällen, in denen durch besondere künstliche Lösungsmittel der Inhalt der Glanzkörper rasch sich verliert, dürfte der das Niederschlagen des Glykogens verursachende Körper seine diesbezüglichen Eigenschaften durch die Einwirkung der Reagentien eingebüßt haben.

Ich habe auch einige Versuche angestellt, welche den Zweck verfolgten zu erfahren, ob die Diosmose der supponirten, Glykogen zum Abscheiden bringenden Substanz an isolirten, im Wasser liegenden Glanzkörpern sistirt oder wenigstens beschränkt werden könnte. Ich prüfte verschiedene Lösungen in der angedeuteten Richtung und fand, dass die Glanzkörper, von denen ich mich überzeuge, dass sie ihren Inhalt rasch an Wasser abgeben, denselben in gesättigter Kochsalz-, Asparaginslösung, in starken Lösungen von Zucker, Glykogen und Eieralbumin nicht verlieren, dass folglich die Diosmose der das Glykogen im Niederschlagszustande haltenden Substanz und hierdurch die Lösung des Glykogens unterdrückt wird.

Die Wahrnehmung, dass im Protoplasma der *Pelomyxa* zeitweilig einzelne Glanzkörper durchgerissene Hüllmembranen besitzen, lässt mich vermuthen, dass die Hüllmembran keineswegs dauernd in Aktion verharret, sondern dass dieselbe nach längerer Thätigkeit dem Verderben anheimfällt, wodurch auch der Glanzkörper zu Grunde geht. Ich nehme desshalb an, dass die so eingegangenen Glanzkörper durch neue ersetzt werden, deren mögliche Entstehungsweise oben ihre Besprechung erfuhr.

Schluss.

Es bestehen derzeit wenig Arbeiten, welche mit der Assimilation der Kohlenhydrate bei den Amöben sich beschäftigt hätten, und diese betreffen ausschließlich nur die Verdauung der rohen Stärke. GREENWOOD¹ und MEISSNER² sind hierbei zu einem negativen Resultate gelangt. Dem gegenüber haben HARTOG und DIXON³ aus *Pelomyxa* nebst einem peptischen auch ein diastatisches Enzym gewonnen, was mit meinen Beobachtungen und Versuchen im Einklang steht. MEISSNER hat auch ein Experiment mit *Pelomyxa* angestellt, indem er derselben 24 Stunden lang rohe Reisstärke zur Aufnahme darbot, welche während dieser Zeit sich nicht verändert haben soll. Ich vermute, dass die Ursache der bisherigen negativen Ergebnisse lediglich in den unzureichenden Versuchsmethoden zu suchen ist, und ferner darin, dass das verschiedenartige Verhalten der mannigfaltigen Stärkesorten den Enzymen gegenüber nicht gehörig beachtet wurde. Ich glaube, dass speciell bei den Amöben und bei den Sarkodinen im Allgemeinen die Fähigkeit der Verdauung von Kohlenhydraten und deren Bildung verbreitet ist, dass diese Prozesse jedoch nicht so deutlich wahrgenommen werden können, wie es bei *Pelomyxa palustris* der Fall ist. So fand ich z. B. bei *Amoeba proteus*, welche unter möglichst natürlichen Verhältnissen kultivirt wurde, dass dieselbe rohe Stärkekörner des Weizens, allerdings spärlich, aufnimmt, um dieselben im Laufe der Zeit in einer für diastatische Enzyme charakteristischen Weise zu korrodiren.

Die Ergebnisse meiner Untersuchungen, was die Verdauung der Kohlenhydrate betrifft, stimmen größtentheils mit den an Plasmodien der Myxomyceten gemachten Erfahrungen und Versuchen überein. Erwähnt sei zuerst die gewiss auffallende Thatsache, dass nach REINKE und RODEWALD⁴ in den Plasmodien von *Aethalium septicum* Glykogen vorkommen soll. Ferner beobachtete WORTMANN⁵ Korrosionen an Stärkekörnern, welche von *Aethalium*-Plasmodien auf-

¹ On the digestive process on some Rhizopods. *Journal of Physiology*. VII. 1886.

² Beiträge zur Ernährungsphysiologie der Protozoen. *Diese Zeitschr.* Bd. XLVI. 1888.

³ On the digestive Ferments of a large Protozoon. Rep. 63. Meet. Brit. Ass. Ad. Se. Nach dem Referate im Zoologischen Jahresbericht. 1895.

⁴ Studien über das Protoplasma. I. Untersuchungen aus dem botanischen Laboratorium zu Göttingen. 2. Heft. Berlin 1881. p. 33—34.

⁵ Vgl. DE BARY, Vergleichende Morphologie u. Biologie der Pilze. 1884. p. 487.

genommen wurden, und LISTER¹ konnte die Verdauung der aufgequollenen Stärke in den Plasmodien von *Badhamia utricularis* konstatiren. Eingehender beschäftigte sich mit dieser Frage ČELAKOVSKÝ², welcher Plasmodien von *Chondrioderma difforme* auf ihr Verdauungsvermögen der Stärke gegenüber untersuchte. Nach seinen Ausführungen wird aufgequollene Stärke bis auf Skelettüberreste verdaut und rohe Körner der Weizenstärke fallen der Korrosion anheim, während rohe Kartoffelstärke sehr resistent erscheint. Er fand bei den genannten Veränderungen neutrale oder saure Reaktion und deutet auf die Möglichkeit der diastatischen Enzymwirkung hin. Was die Cellulose betrifft, so gelang es ihm nicht deren Verdauung im Plasmaleibe von *Chondrioderma* zu konstatiren (l. c. p. 244).

Durch den Nachweis von bestimmten an der eingeführten Nahrung wahrnehmbaren Veränderungen ist noch kein Beweis für deren Verwendung in Assimilationsprocessen u. dgl. erbracht. Es entziehen sich ja viele Veränderungen der Beobachtung, darunter auch solche, welche bestimmt mit einer Assimilation verknüpft sind, wie die Versuche mit excentrisch gebauten Stärkekörnern und mit Cellulosefasern lehren. Ein strikter Beweis, dass irgend ein Nährkörper assimiliert wird, liegt allerdings vor, wenn es gelingt einen causalen Zusammenhang der eingeführten Nahrung, eventuell deren Veränderung, mit dem Auftreten von sichtbaren Assimilaten in demselben ein- oder mehrzelligen Organismus aufzudecken. Ich hoffe, dass mir dieses an *Pelomyxa* gelungen ist, und zwar einerseits durch den Nachweis der Beschaffenheit von Glanzkörpern, andererseits durch den Nachweis des Zusammenhanges bestimmter an ihnen beobachteten Veränderungen mit gewissen Veränderungen der eingeführten Nahrung. Ich bin der Ansicht, dass ich hiermit einen Weg für die exakte Erforschung einiger physiko-chemischer Lebensvorgänge bei den niedersten thierischen Organismen eröffnet habe, und hoffe, dass die relativ leichte Kultur-, Beobachtungs- und Versuchsmethode, die an dieser Stelle für *Pelomyxa* beschrieben wurde, es meinen Nachfolgern auf diesem Gebiete der biologischen Forschung ermöglichen wird, meine Beobachtungen und Versuche jederzeit zu kontrolliren.

Prag, im Mai 1900.

¹ *Annals of Botany*. London, Oxford 1888/89. Bd. II. p. 5.

² Über die Aufnahme lebender und todtter verdaulicher Körper in die Plasmodien der Myxomyceten. *Flora oder allgem. Bot. Zeitung*. Ergänzungs-Band. 1892. p. 242—244.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel **XLI.**

Fig. 1. Ein Stärkekorn der rohen Weizenstärke in Verdauung begriffen. Nach 24stündigem Füttern einer *Pelomyxa* beobachtet. Gezeichnet bei 350facher Vergrößerung.

Fig. 2. Ein Stärkekorn der rohen Weizenstärke in Verdauung begriffen. Nach 24stündigem Füttern und weiteren 24 Stunden beobachtet. Gezeichnet bei 350facher Vergrößerung.

Fig. 3. Stärkekörner der rohen Weizenstärke in Verdauung begriffen. Nach 24stündigem Füttern und weiteren 2 Tagen beobachtet. Gezeichnet bei 350facher Vergrößerung.

Fig. 4. Stärkekörner der rohen Weizenstärke in Verdauung begriffen. Nach 24stündigem Füttern und weiteren 4 Tagen beobachtet. Gezeichnet bei 350facher Vergrößerung.

Fig. 5. Stärkekörner der rohen Weizenstärke in Verdauung begriffen. Nach 24stündigem Füttern und nach weiteren 5 Tagen beobachtet. Gezeichnet bei 350facher Vergrößerung.

Fig. 6. Stärkekörner der rohen Weizenstärke in Verdauung begriffen. Nach 24stündigem Füttern und nach weiteren 6 Tagen beobachtet. Gezeichnet bei 350facher Vergrößerung.

Fig. 7. Stärkekörner der rohen Weizenstärke in Verdauung begriffen. Nach 24stündigem Füttern und nach weiteren 7 Tagen beobachtet. Gezeichnet bei 350facher Vergrößerung.

Fig. 8. Stärkekörner der rohen Weizenstärke in Verdauung begriffen. Nach 24stündigem Füttern und nach weiteren 8 Tagen beobachtet. Gezeichnet bei 350facher Vergrößerung.

Fig. 9. Stärkekörner der rohen Weizenstärke. Nach 24stündigem Füttern und nach weiteren 11 Tagen beobachtet. *a—k* in Verdauung begriffene, *l, m* unversehrte Körner. Gezeichnet bei 350facher Vergrößerung.

Fig. 10. Stärkekörner der rohen Weizenstärke in Verdauung begriffen. Nach 24stündigem Füttern und nach weiteren 12 Tagen beobachtet. Gezeichnet bei 350facher Vergrößerung.

Fig. 11 *A.* Stärkekörner der rohen Weizenstärke in Verdauung begriffen. Nach 24stündigem Füttern und nach weiteren 5 Tagen beobachtet. *I* und *II* in Nahrungsvacuolen eingeschlossene Körner. Gezeichnet bei 350facher Vergrößerung.

Fig. 11 *B.* Stärkekörner der rohen Weizenstärke in Verdauung begriffen. Nach 24stündigem Füttern und nach weiteren 13 Tagen beobachtet. Gezeichnet bei 350facher Vergrößerung.

Fig. 12. Stärkekörner der rohen Weizenstärke in Verdauung begriffen. (theilweise in Vacuolen). Nach 1stündigem Füttern und nach weiteren 43 Stunden beobachtet. Gezeichnet bei 350facher Vergrößerung.

Fig. 13 *A.* Stärkekörner der rohen Weizenstärke in Verdauung begriffen (in Nahrungsvacuolen). Fütterungsdauer eine halbe Stunde. Beobachtet nach 24 Stunden (von dem Beginn der Fütterung an gerechnet). Gezeichnet bei 350facher Vergrößerung.

Fig. 13 *B* und 13 *C.* Stärkekörner der rohen Weizenstärke in Verdauung begriffen (größtentheils in Nahrungsvacuolen). Fütterungsdauer eine halbe Stunde. Beobachtet nach 2 (*C*) und ferner (*B*) nach 4 Tagen (von dem Beginn der Fütterung an gerechnet). Gezeichnet bei 350facher Vergrößerung.

Fig. 14. Stärkekörner der rohen Weizenstärke in Verdauung begriffen

(zum Theil in Vacuolen). Fütterungsdauer eine halbe Stunde. Beobachtet nach 24 Stunden (von dem Beginn der Fütterung an gerechnet). Gezeichnet bei 350facher Vergrößerung.

Tafel XLII.

Fig. 15 *A* und 15 *B*. Stärkekörner der rohen Weizenstärke in Verdauung begriffen (zum Theil in Nahrungsvacuolen). Fütterungsdauer 4 Stunden. Beobachtet nach 4½ Stunden und dann noch einmal nach 29 Stunden (von dem Beginn der Fütterung an gerechnet). Gezeichnet bei 350facher Vergrößerung.

Fig. 16. Stärkekörner der rohen Weizenstärke in Verdauung begriffen. Fütterungsdauer 4 Stunden. Beobachtet nach 6 Tagen (von dem Beginn der Fütterung an gerechnet). Gezeichnet bei 350facher Vergrößerung.

Fig. 17. Glanzkörper: *A* vor, *B* nach 1stündigem Verbleib im destillirten Wasser. Vergrößerung ca. 180fach.

Fig. 18. Glanzkörper nach Einwirkung des Speichels. *A* nach 24stündiger Einwirkung, *B* nach 4tägigem Einfluss (oben die mit Speichel nach Zuthat von Glycerin und destillirtem Wasser behandelten Glanzkörper, unten die mit reinem Sekret behandelten Körper). Vergrößerung ca. 180fach.

Fig. 18 \times . *a* ein Glanzkörper (doppelt) vor, *b* derselbe nach 4stündiger Einwirkung eines glycerinhaltigen Auszuges des Pankreas der Rinder (mit Chloroform). Nach weiterer Einwirkung desselben, jedoch erneuerten Auszuges wird die Form *b* nicht weiter verändert. Vergrößerung ca. 180fach.

Fig. 19. Glanzkörper. *A* vor dem Versuche (meist agglutinirt), *B* nach 24stündiger Fütterung mit roher Weizenstärke. *K* Kern mit agglutinierten (erschöpften) Glanzkörpern. Vergrößerung mehr als 300fach.

Fig. 20. Ein *Pelomyxa*-Individuum wurde 6 Tage lang ohne Nahrung gehalten (Glanzkörper Anfangs voll, die größten eben so breit wie die Kerne). Hierauf wurde 24 Stunden lang mit roher Stärke gefüttert. *a* bis *g* Glanzkörper vor der Fütterung; *A* bis *E* dieselben nach der Fütterung; *K* Kern (mit Bakterien). Vergrößerung ca. 600fach.

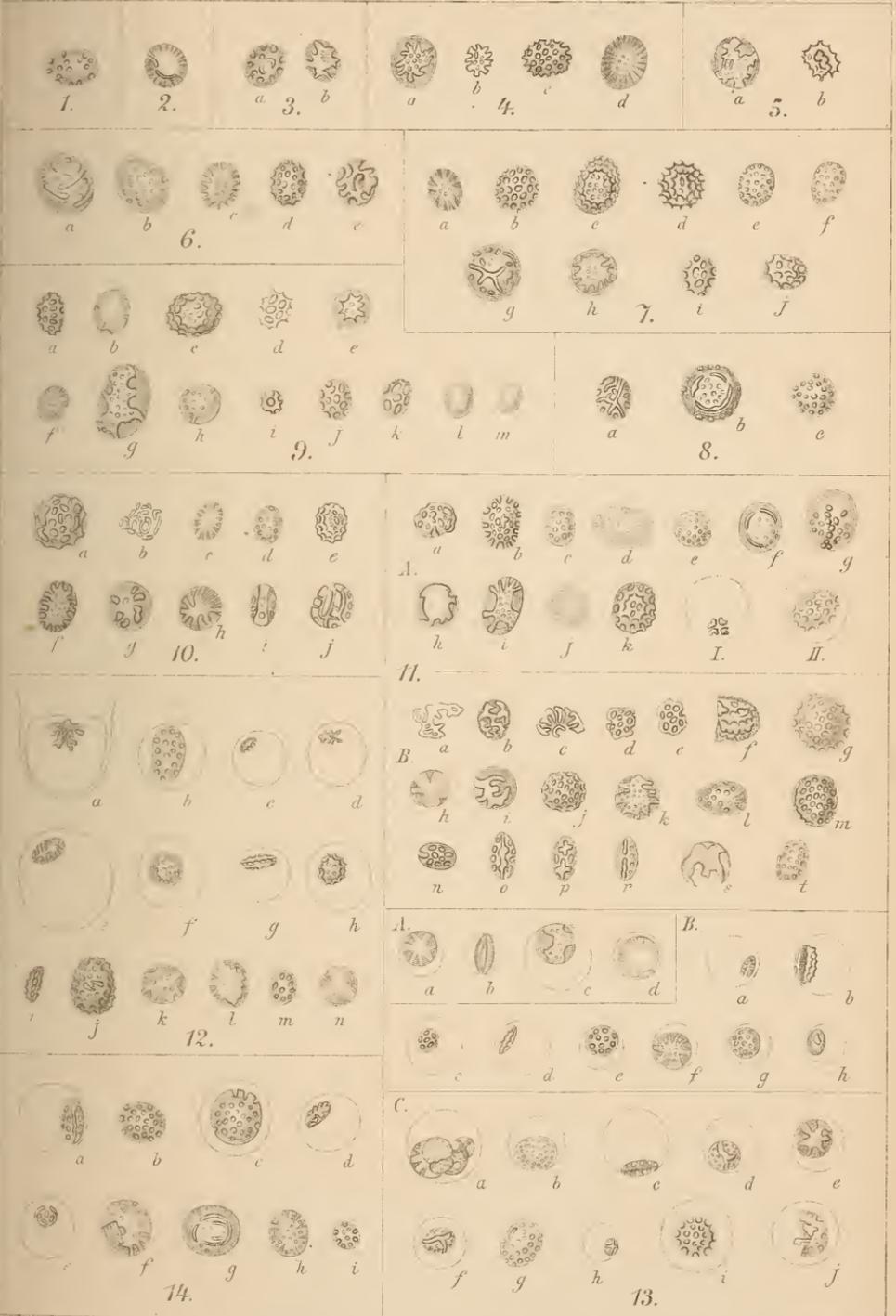
Fig. 21. Ein *Pelomyxa*-Individuum wurde durch 48 Stunden mit roher Weizenstärke gefüttert. *A*, Glanzkörper vor der Fütterung (im agglutinierten Zustande); *B*, dieselben (theilweise agglutinirt) nach der Fütterung; *J*₁ bis *J*₃ Kerne (zum Theil agglutinirt) vor der Fütterung; *K*₁ bis *K*₃; dieselben nach der Fütterung. Vergrößerung ca. 300fach.

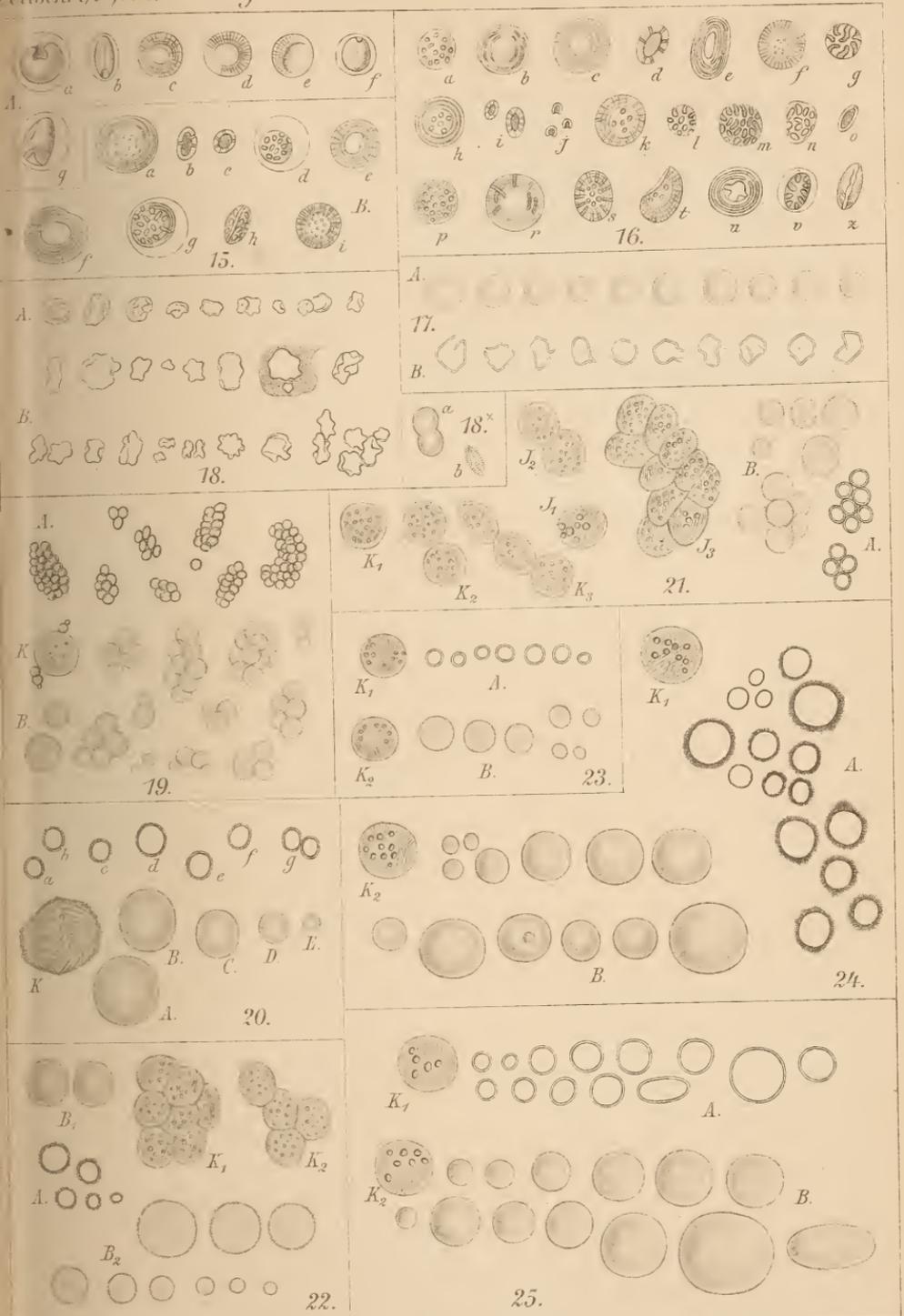
Fig. 22. Ein *Pelomyxa*-Individuum wurde durch 13 Tage bei Nahrungsmangel gehalten und hierauf 24 Stunden lang mit roher Weizenstärke gefüttert. *B*₁ Glanzkörper vor, *A* dieselben nach dem Aushungern, *B*₂ dieselben nach der Stärkekütterung. *K*₁ und *K*₂ Kerne nach dem Aushungern (agglutinirt). Vergrößerung ca. 250fach.

Fig. 23. Hälfte eines *Pelomyxa*-Individuums wurde durch 24 Stunden mit Coniferinkryställchen gefüttert und nach weiteren 24 Stunden beobachtet. *A*, Glanzkörper vor der Fütterung; *B*, solche nach der Fütterung; *K*₁ und *K*₂, Kerne. Vergrößerung mehr als 300fach.

Fig. 24. Hälfte eines *Pelomyxa*-Individuums wurde durch 24 Stunden mit Coniferin gefüttert und hierauf sogleich untersucht. *A* Glanzkörper vor, *B* nach der Fütterung; *K*₁ und *K*₂ Kerne. Vergrößerung ca. 400fach.

Fig. 25. Hälfte eines *Pelomyxa*-Individuums wurde durch 24 Stunden mit Glykogen (an koagulirtes Eiweiß gebunden) gefüttert und sogleich beobachtet. *A* Glanzkörper vor, *B* nach der Fütterung; *K*₁ und *K*₂ Kerne. Vergrößerung ca. 400fach.





ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie](#)

Jahr/Year: 1900

Band/Volume: [68](#)

Autor(en)/Author(s): Stolc Anton

Artikel/Article: [Beobachtungen und Versuche über die Verdauung und Bildung der Kohlenhydrate bei einem amöbenartigen Organismus. *Pelomyxa palustris* Greeff. 625-668](#)