

MITTHEILUNGEN

DER

NATURFORSCHENDEN GESELLSCHAFT

IN ZÜRICH.

N^o 61.

1851.

J. Kaufmann, Stud. phil. — Ueber die Entwicklung und zoologische Stellung der Tardigraden.

(Schluss.)

Ueber die ersten Anfänge der Eier bei den Tardigraden lässt sich etwa Folgendes angeben. Wenn man Individuen, bei denen Eier entstehen, bei starker Vergrößerung untersucht, so lassen sich im Ovarium eine grosse Menge von Bläschen und Elementarkörnchen unterscheiden. Ohne Zweifel sind diese Bläschen als künftige Zellenkerne anzusehen; denn es finden sich gleichzeitig schon andere ähnliche Bläschen, um welche sich eine dunkle Masse von Körnern gelagert hat. Da diese Masse mit den umliegenden Theilchen nie zusammenfließt, sondern sich scharf von denselben abgrenzt, so muss sie selbst wieder von einer Membran umgeben sein. Man bemerkt ferner, da nun das centrale Bläschen wegen seines dunkeln Hofes viel deutlicher hervortritt, dass in seiner Mitte, also im Centrum des ganzen Gebildes, ein einzelnes dunkles Körperchen vorhanden ist. — Es ergibt sich nun leicht die Bedeutung dieser einzelnen Theile. Das Ganze ist eine noch im Wachs- thum begriffene Zelle. Das centrale Bläschen repräsentirt den Kern mit dem Kernkörperchen, der dunkle Hof

den Zellinhalt und die äussere Membran die Zellmembran. Das Wachsthum dieser Zelle besteht nun darin, dass sich die Zellmembran erweitert, indem der Inhalt fortwährend an Masse zunimmt. Die Grösse des Kernes bleibt unverändert. Während daher bei der einen Zelle der Kern sehr gross erscheint, liegen andere daneben, wo derselbe verhältnissmässig schon zurückgetreten ist, weil hier der Zellinhalt massenhafter geworden.

Betrachten wir nun ein anderes Individuum, bei welchem diese Zellen ihre normale Grösse erreicht haben, so eröffnet sich folgendes Bild. Das Ovarium ist stark erweitert. Es bedeckt den Magen vom Rücken her vollständig, dehnt sich aus his zur Speiseröhre und schwankt vermöge seiner Schwere links und rechts neben dem Magen herunter. Die freien Kerne und Körnchen sind verschwunden. An ihre Stelle ist eine Anzahl grosser Zellen gelagert, die versehen sind mit helldurchscheinendem Kern und einer deutlichen, doppelt contourirten Zellmembran. Diese Zellen, deren Herkunft uns schon bekannt geworden ist, sind die Eier. Die Zellmembran entspricht dem Chorion, der Zelleninhalt dem Dotter, der Kern dem Keimbläschen. Das Kernkörperchen würde als Keimfleck zu betrachten sein; allein es ist bereits verschwunden; das Keimbläschen entbehrt aller festen Formbestandtheile.

Die Eier wechseln sehr an Zahl. In der Regel sind 5—10 vorhanden. Als grosse Seltenheit kömmt nur ein einzelnes vor; dagegen habe ich einmal 18 dergleichen zählen können. Die Eier liegen im Ovarium ohne Ordnung neben und über einander. Sie zeichnen sich besonders dadurch aus, dass ihnen eine bestimmte äussere Form mangelt. Ihre Membran ist noch so weich und biegsam, dass sie dem Drucke, den die nächstgelegenen

Theile während den Bewegungen des Thieres auf sie ausüben, nachgibt, wodurch die Umrisse derselben sich fortwährend verändern. Das Keimbläschen erscheint, wenn das Thier sich ruhig verhält, kreisrund und hat dann einen Durchmesser von $\frac{1}{145}'''$. Es nimmt aber, wie das Ei selbst, durch äussern Druck eine elliptische, dreieckige oder polygonale Form an. Ob dasselbe als ein freiliegender Körper ringsum von Dottermasse umgeben sei, oder ob es, was in ähnlichen Fällen stattfindet, der Zellmembran aufliege, konnte ich nicht entscheiden. Soviel wenigstens ist Thatsache, dass es nicht immer das Centrum einnimmt.

Mit der Anlage der Eier steht die Häutung des Thieres in Beziehung. Man hat Gelegenheit zu beobachten, wie sich zuerst an den Füssen die neugebildeten Haken aus den alten herausziehen, wie die Extremitäten nachfolgen und endlich die alte Haut das ganze Thier wie ein schlaffer, wasserklarer, geschlossener Sack umhüllt.

Nun sind die Vorbereitungen getroffen, die dem Thiere gestatten, von seiner Last frei zu werden. Ein einziges Mal ist es mir geglückt, diesen Vorgang, nämlich das Ablegen der Eier, zu beobachten. Das Thier hatte sich stark zusammengezogen; im Ovarium lagen vier Eier, von denen das hinterste eben im Begriff stand herauszutreten. Die Ausführungsgänge sind ziemlich enge. Das Ei musste also, was bei der Nachgiebigkeit der Eihaut leicht möglich war, stark in die Länge gezogen werden, um sich hindurchzuwinden. Allmähig wurde es durch den Kanal weiter gepresst, bis ein Theil desselben durch die Afteröffnung zum Vorschein kam. Noch etwas drängte es sich weiter; dann aber wurde es plötzlich hinausgestossen, weil nun die muskulösen Wandungen rasch sich zusammenzogen. Mit dem Ei trat zugleich

eine Menge von Elementarkörnchen hervor, die sich in dem von der alten Hülle eingeschlossenen Raume verbreiteten und so lebhaft Bewegungen ausführten, dass der Gedanke an Spermatozoidengewimmel ziemlich nahe lag. Es war aber eine mit Spermatozoïden zu vergleichende Form an diesen Körperchen nicht zu erkennen. Nach wenigen Minuten rückte ein zweites Ei nach und wurde auf gleiche Weise zur Welt befördert. Bei allen vier Eiern war das Keimbläschen verschwunden. Es ist daher wohl anzunehmen, dass sie schon im Ovarium befruchtet werden; doch sind Beobachtungen noch keine gemacht worden. — Tardigraden, die ihre Eier schon gelegt hatten, aber noch in der abgeworfenen Haut, die sehr fest ist, gefangen sassen, habe ich sehr oft gesehen. Es dauerte immer längere Zeit, bis sie unter Mithilfe des Zahnapparates die Hülle durchlöchert und ihren Körper in Freiheit gesetzt hatten.

Sobald die Eier in ihren neuen Aufenthaltsort gerathen sind, erhalten sie eine bleibende Form. Ihre Umrisse beschreiben eine der Kugelgestalt sich ziemlich nähernde Ellipse. Der Längendurchmesser beträgt $\frac{1}{40}'''$, der Querdurchmesser $\frac{1}{48}'''$. Diese Verhältnisse sind, wenn man ganz geringe Abweichungen nicht in Anschlag bringt, von nun an bleibend. Die Membran behält jedoch stets einen elastischen Zustand bei. Das Ei erträgt einen bedeutenden Druck und kehrt, wenn derselbe nachlässt, sogleich zu der frühern Form wieder zurück. Es ist auffallend, zu welcher bedeutenden relativen Grösse das Ei bei den Tardigraden gelangt. Die Länge des Thieres beträgt höchstens $\frac{1}{7}'''$. Das Ei hat also einen Durchmesser, der nur sechsmal kleiner ist als die Länge des ganzen Thieres.

Sogleich nachdem die Eier gelegt worden sind, oft

sogar bevor noch der alte Tardigrade ihre Nachbarschaft verlassen hat, gehen weitere Veränderungen in ihrem Innern vor. Das Keimbläschen ist, wie oben bemerkt wurde, verschwunden. Eine zarte Linie, die dem Querdurchmesser entspricht, wird sichtbar und scheidet die ganze Masse des Dotters in zwei Hälften. Zugleich tritt im Centrum jeder Hälfte als heller rundlicher Fleck ein Kern zum Vorschein. Dieser Kern wird allmählig elliptisch; seine längere Axe liegt so, dass sie mit dem Querdurchmesser des Eies parallel läuft. Nach und nach schnürt er sich in der Mitte ein; er wird also biscuitförmig, eine Erscheinung, die ich mehrmals recht deutlich wahrgenommen habe. Während diese Einschnürung in beiden Dotterhälften immer weiter schreitet, durchfurcht bald eine zweite Theilungslinie die Dottermasse, die die erste in ihrer Mitte rechtwinklig kreuzt; also dem Längsdurchmesser des Eies entspricht. Sie läuft durch die Einschnürungsstelle beider Kerne und nimmt mit der fortschreitenden Einschnürung derselben an Deutlichkeit zu. Endlich ist diese Einschnürung zur vollständigen Theilung geworden. Das Ei ist in vier gleiche Theile getheilt, wovon jeder mit einem Kern versehen ist. Es kann übrigens auch der Fall eintreten, dass die eine Hälfte der Dottermasse schon die Theilung vollendet hat, während die andere sie erst beginnt, oder dass selbst in anderer Richtung verlaufende Theilungslinien statt der beschriebenen auftreten.

Die Vorgänge, die sich zunächst anschliessen, bestehen in einer Fortsetzung der eben beschriebenen Theilungsweise. Der Kern nämlich, anfangs noch an der Theilungslinie gelegen, die ihn durchschnitten hatte, rückt in das Centrum seines Dotterquadranten. Seine runde Form wird wieder elliptisch und schnürt sich ein.

während eine neue Theilungslinie auch den Dotter halbt. Das Ei enthält nun, wenn die Furchung eines jeden Viertheils der Dottermasse auf ähnliche Weise (was wenigstens möglich ist) stattgefunden hat, 8, dann 16 etc. Dotterkugeln, die sich gegenseitig abplatten und je einen mit Dottermasse umgebenen Kern in sich schliessen.

Es ist mit diesen Veränderungen ein Vorgang beschrieben worden, mit welchem die Eier sehr vieler anderer Thiere ebenfalls ihre Entwicklung beginnen. Man pflegt diesen Vorgang die Furchung des Dotters zu nennen. Das Ende desselben ist ein Entwicklungszustand, der unter dem Namen des maulbeerförmigen Dotters bekannt ist. Der Dotter ist in diesem Stadium bereits in eine grosse Menge von zusammenhängenden Kugeln aufgelöst, deren Durchmesser $\frac{1}{360}'''$ beträgt. Sie sind wahre Zellen und das Material, aus welchem alle Theile des Embryo aufgebaut werden.

Die Dotterfurchung ist bei gewöhnlicher Zimmertemperatur schon nach 24 Stunden vollendet. — Die Eier der Tardigraden bearkunden übrigens ihre Herkunft auch dadurch, dass sie, wie die Tardigraden selbst, eine Lebensenergie besitzen, die vielen äussern Einflüssen widersteht. Sie lassen sich, wenn sie stets mit Wasser versehen werden, wochenlang zwischen zwei Glasplatten aufbewahren, ohne in ihrer Entwicklung gestört zu werden. Sie sollen sogar das vollständige Eintrocknen ohne Nachtheil aushalten.

Die Dotterfurchung der Tardigraden ist bei *Macrobiotus Hufelandii* auch von v. Siebold beobachtet worden. Eine Angabe darüber findet sich in seinem Lehrbuch.

Bald nachdem die Furchung des Dotters vollendet ist, wird an einer oberflächlichen Stelle der Dot-

termasse eine leichte Einknickung wahrgenommen, die sich nach einiger Zeit etwas tiefer eingräbt. Diese Stelle zeichnet die Lage des künftigen Embryo vor. Um nämlich soviel Raum als möglich zu ersparen, war es nöthig, dass derselbe in eine gekrümmte Lage gebracht werde, so zwar, dass Kopf und Hinterleib gegen die Bauchseite sich umschlagen und einander bis zur Berührung nahe kommen. Jene Einknickung entspricht nun der Stelle, wo diese Berührung später stattfinden soll; sie bezeichnet also auch die künftige Bauchseite.

Diese Veränderung bildet den Uebergang zu einem zweiten Hauptstadium der Entwicklung. Es ist dies die Bildung der sogenannten Keimscheibe. Das Auftreten derselben geschieht im Allgemeinen so, dass sich, von jener Einknickungsstelle ausgehend, über den ganzen Dotter durch weitere Theilung seiner oberflächlichsten Zellen eine hellere Schicht, die Keimscheibe, ausbreitet, langsam nach allen Seiten um sich greift und nachdem sie an dem der Bauchseite entgegengesetzten Pole zusammengeslossen ist, den ganzen Dotter umschliesst.

Bei den Tardigraden lässt sich ein solches langsames Umsichgreifen nicht erkennen. Die Keimscheibe scheint hier vielmehr in ihrem ganzen Umfange fast gleichzeitig zu entstehen. Sie ist zwei Tage nach vollendeter Dotterfurchung rings um das Ei herum schon ganz deutlich zu erkennen.

Wenn die Keimscheibe vollständig entwickelt ist, so sticht sie, unter dem Mikroskop gesehen, als eine ziemlich breite, helle, scharf abgegrenzte Zone von der innern dunkeln Masse, die noch aus Dotterzellen besteht, ab und schliesst sich, mit Ausnahme der eingeknickten Stelle, ringsum der Eihülle an.

Aus der Keimscheibe gehen, indem ihre Zellen zu

einer doppelten Haut, einer äussern und innern, verschmelzen, zwei sogenannte Schleimblätter hervor, von welchen das äussere, in Uebereinstimmung mit den Entwicklungszuständen höherer Thiere, als seröses, das innere als muköses Blatt anzusehen ist. Das innere Blatt ist die erste Anlage der Wandungen des Verdauungskanals und seiner Anhängsel; das äussere dagegen geht über in die Haut, in das Nerven- und Muskelsystem.

Die Verwandlung des innern Blattes der Keimscheibe geschieht, soweit die Beobachtung an so kleinen Eiern reichen konnte, auf die Weise, dass die Dottermasse in der Mitte des Eies an gewissen Stellen körnig wird, wodurch mehrere hellere Flecken entstehen, die nach und nach sich verlängern und endlich zusammenfliessen. Daraus geht ein enger, bogenförmig gekrümmter Kanal hervor, dessen concave Seite der künftigen Bauchseite zugekehrt ist. Dieser Kanal erweitert sich, während das muköse Blatt als seine künftige Wandung von der Keimscheibe sich losmacht und durch dieses Auseinanderweichen den Raum entstehen lässt, der beim entwickelten Thiere die Ernährungsflüssigkeit enthält. Dadurch verliert die Keimscheibe ihre früher so scharfe Abgrenzung gegen die Dottermasse.

Gehen wir nun eine Stufe weiter, so zeigen sich bereits die ersten Spuren der Extremitäten. Es sind von dem serösen Blatte gebildete durchsichtige Höcker, die sich zu beiden Seiten des Embryo paarig hervortreiben. Von diesen Höckern werden zuerst die vordersten und erst nach und nach die übrigen sichtbar. — Vorn und hinten lässt sich, wenn man das Ei so lange wälzt, bis die Bauchseite nach oben zu liegen kömmt, ganz deutlich daran erkennen, dass von den beiden umgeschlagenen Enden des Körpers das eine Ende dicker ist. In diesem

dickern Theile sieht man später den Zahnapparat sich entwickeln; es muss also das Kopfende sein.

An Eiern, die sich soweit entwickelt haben, lässt sich noch recht deutlich die mittlere dunkle Masse von der äussern durchsichtigen unterscheiden. Dotterzellen jedoch kann man nunmehr in der dunkeln Masse des Eies nicht mehr erkennen. Sowie die Entwicklung weiter schreitet, geht auch der Unterschied zwischen dunkler und heller Masse verloren. Der ganze Embryo wird allmählig durchsichtiger; seine einzelnen Theile erhalten ein gleichartiges Ansehen, wodurch es unmöglich wird, ihre Abgrenzung zu erkennen. Auch die äussern Umrisse sind nicht mehr an die frühere bestimmte Form gebunden; das ganze Gebilde ist, indem die zellige Anordnung in Membranen übergegangen, weicher und beweglicher, so dass es das Innere der Eihülle so vollständig als möglich ausfüllt.

Diese Veränderungen haben den Embryo auf das Ende seiner Entwicklungszeit vorbereitet. Inzwischen hat sich jedoch noch ein Körpertheil geschaffen, der jetzt vor allen andern hervortritt. Es ist der Zahnapparat. Schon sind alle seine einzelnen Theile deutlich zu erkennen; auch die Saugscheibe schimmert hindurch; die Haken, womit die Füsse bewaffnet sind, können, wenn man aufmerksam betrachtet, unterschieden werden. — Nun liegt der Embryo fertig gebildet da. Er hat nur nöthig, die engen Grenzen seines Aufenthaltes zu durchbrechen, um ein neues Leben beginnen zu können. Er regt sich, seine äussern Umrisse werden verändert, einzelne Theile des Körpers verschoben. Der Zahnapparat geräth in Bewegung; seine Zuckungen hören wieder auf, um nach kurzer Zeit wieder zu beginnen. Ob nun durch die Thätigkeit des Zahnapparates, oder durch die

Ausdehnung des ganzen Körpers, oder durch beide zugleich das endliche Bersten der Eihülle herbeigeführt werde, mag dahingestellt bleiben. Den Austritt des jungen Thieres aus dem Ei habe ich mehrmals zu beobachten Gelegenheit gehabt. — Das letzte Entwicklungsmoment, wo der Zahnapparat schon vorhanden ist, sowie das Auskriechen von Embryonen hat auch Doyère beobachtet.

Was die Zeit betrifft, während welcher die Eier der Tardigraden ihre ganze Entwicklung durchlaufen, so beträgt sie nach den Beobachtungen von Schultze und Doyère 24—25 Tage. Es ist sehr wahrscheinlich, dass eine mässig erhöhte Temperatur die Entwicklungsvorgänge beschleunigt.

Der junge Tardigrade ist den Eltern in allen Theilen vollkommen gleich; nur in seinen Dimensionen steht er ihnen nach. Er erreicht höchstens $\frac{1}{3}$ der Leibeshöhe eines ausgewachsenen Thieres.

Bemerkenswerth scheint es mir, dass bei eben ausgeschlüpften Tardigraden die Kugeln der Ernährungsflüssigkeit gerade die Grösse der Kugeln des maulbeerförmigen Dotters ($\frac{1}{360}'''$) besitzen, während sie sonst $\frac{1}{216}'''$ — $\frac{1}{173}'''$ messen. Es ist daher, besonders wenn man berücksichtigt, dass sie noch sehr sparsam vorhanden sind, wohl anzunehmen, dass sie unmittelbar aus Dotterkugeln hervorgegangen seien, wodurch ihre ernährende Thätigkeit noch wahrscheinlicher gemacht würde.

Von Siebold führt in seinem Lehrbuche der vergleichenden Anatomie unter der Entwicklungsgeschichte der Arachniden an, dass die Emydien als sechsbeinige Thierchen aus den Eiern hervorschlüpfen. Dieser Angabe widersprechen aber zwei in Doyère's Abhandlung (tom. 14, pag. 281 u. 358) enthaltene Stellen, die sich dahin aus-

sprechen, dass den Emydien zwar ein Theil ihrer fadenförmigen Anhängsel und an jeder Gliedmasse zwei Haken (zwei sind schon vorhanden) erst später nachwachsen, dass sie aber mit vollzähligen Füßen zur Welt kommen. — Es sind diese Verhältnisse um so wichtiger, als sie bei der systematischen Stellung der Tardigraden berücksichtigt werden müssen.

Fassen wir nun die Entwicklungsgeschichte der Tardigraden kurz zusammen, so ergibt sich Folgendes: Nach dem Verschwinden des Keimbläschens wird der Dotter einem totalen Furchungsprozess unterworfen. Dann folgt, ausgehend von einer bestimmten, eingeknickten Stelle oder vielleicht von der ganzen Oberfläche der Dottermasse, ein noch weiter fortgesetzter, aber nur oberflächlicher Zerklüftungsprozess, durch welchen eine klare feinkörnige Schicht, die Keimscheibe, gebildet wird, die zuletzt die Dottermasse vollkommen in sich schliesst. Dort, wo die Keimscheibe zuerst erschien, ist die Bauchseite, ihr gegenüber die Rückenseite des Embryo gelegen. Es lässt sich ein äusseres seröses und ein inneres muköses Schleimblatt unterscheiden; letzteres wird zum Verdauungskanal mit seinen Anhängseln, das erstere geht über in Haut, Muskeln und Nerven. Die Extremitäten erscheinen, zuerst die vordern, später die hintern, als paarige Höcker und sind Ausstülpungen des serösen Blattes. Ist endlich der Zahnapparat angelegt, so verlässt der Embryo, den Alten in allen wesentlichen Theilen gleich gebildet, das Ei.

Ueber die zoologische Stellung der Tardigraden.

(Vorläufige Mittheilung.)

Die ersten Naturforscher, die Tardigraden beobach-

tet haben, sind Eichhorn und Göze. Sie wussten das sonderbare Thierchen nirgends hinzustellen und nannten es den Wasserhär. Einige Jahre später machte der bekannte Däne Otto Fried. Müller im Archiv von Füssli eine Abhandlung über ein ähnliches Thier bekannt, welche mit vortrefflichen Abbildungen begleitet ist. Er machte unter Anderem darauf aufmerksam, dass das Thier in Bezug auf seine Häutung mit den Insekten übereinstimme und nannte es wegen seiner Aehnlichkeit mit den Milben *Acarus Ursellus*. Unter diesem Namen wurde dasselbe auch später von Gmelin in seiner Ausgabe von Linné's *Systema naturae* als Milbe aufgeführt. Als man aber später die Sache wieder näher untersuchte, stiess man doch auf viele von dem Bau der Milben abweichende Punkte. Dujardin namentlich machte aufmerksam auf gewisse Aehnlichkeiten, die die Tardigraden mit den Räderthieren gemein haben, vereinigte beide und stellte sie unter der gemeinschaftlichen Benennung *Systoliden* in die Klasse der Würmer. Doyère ist dieser Eintheilung gefolgt und seither blieb es ungewiss, ob die Tardigraden für Würmer oder für Arthropoden zu halten seien.

Wir wollen es einstweilen übergehen, die Gründe zu erörtern, die Dujardin und Doyère für ihre Ansicht aufgestellt haben. Wir halten die Tardigraden nicht für Würmer, sondern für Arthropoden und verlassen uns hiebei auf folgende Thatsachen:

1) Die Entwicklungsgeschichte der Tardigraden stimmt vollkommen überein mit derjenigen der Arthropoden; sie weicht dagegen ab von derjenigen der Räderthiere. Die Abweichung betrifft hauptsächlich das Auftreten der Keimscheibe. Dieses Entwicklungsstadium kömmt bei den Eiern der Räderthiere, nach den Untersuchungen, die Hr. Prof. Frey an Rotifer und *Philodina* angestellt hat, nicht vor,

während sie in der Klasse der Arthropoden ganz allgemein beobachtet wurde.

2) Die Haut der Tardigraden besteht aus Chitin. Das Chitin, eine in ätzendem Kali unlösliche Verbindung, ist bekanntlich eine Substanz, die ausschliesslich den Arthropoden zukömmt. Um über diesen wichtigen Punkt uns vollkommen in's Klare zu setzen, wurden die genauesten Versuche vorgenommen. Tardigraden, die, in eine heiderseits zugeschmolzene Glasröhre eingeschlossen, drei volle Tage mit concentrirter Kalilauge bei einer Temperatur von 70° — 80° C. behandelt wurden, liessen ihr Hautskelet mit allen seinen einzelnen Theilen zurück. Eine solche Behandlung erträgt die Haut der Würmer nicht; sie löst sich vielmehr längstens nach 2—3 Stunden vollständig.

Est ist nicht nöthig darauf einzugehen, dass die Tardigraden mit ihren saugenden Mundtheilen, mit ihrem entwickelten Nervensystem, mit ihren, wenn auch nicht deutlich gegliederten Extremitäten sehr wesentlich von den Rädertieren abweichen. Die angeführten Gründe sind schon hinreichend, ihre Stellung unter den Arthropoden zu fixiren.

**Hs. Landolt. — Ueber das Stibmethyl und seine
Verbindung. Erste Abhandlung.**

(Vorgetragen den 2. März 1851.)

Herr Prof. Löwig veranlasste mich, unter seiner Leitung eine Untersuchung über das Stibmethyl vorzunehmen, deren wichtigste Ergebnisse ich in Folgendem mittheile. Es soll jedoch dieses nur als eine vorläufige Notiz betrachtet werden, und ich behalte mir vor, spä-