

imstande sein wird, wie dies die Chemie und Physik tun können. Denn mehr als im Reich des Anorganischen tritt in den Erscheinungen des Lebens das Gewordene, das sekundär Vershobene in den Vordergrund und verschleiert uns den primären Zusammenhang des Geschehens. Dem Biologen bietet sich die Lebewelt, um an einen irgendwo von Ostwald in ähnlichem Zusammenhang gebrauchten Vergleich anzuknüpfen, lediglich in einem Querschnitt von heute dar. In das Dunkel der räumlichen Verkettung von Erscheinungen einzudringen — mag dem einen als vermessen Beginnen vorkommen, auf den anderen übt es unwiderstehlichen Reiz der Anziehung aus.

Basel, Zoolog. Institut der Universität, Anfang Mai 1906.

Über das Skelett des tierischen Spermiums.

Von N. K. Koltzoff.

(Aus dem vergleichend-anatomischen Institute der Moskauer Universität.)

I.

Vor drei Jahren habe ich in dieser Zeitschrift¹⁾ zum ersten Male meine Betrachtungen über das Problem der Zellengestalt veröffentlicht und einen Versuch gemacht, zu beweisen, dass jede Zelle, welche eine konstante äußere Form besitzt, aus einem flüssigen Plasmotropfen und einigen festen elastischen Skelettgebilden besteht: durch dieses feste Skelett ist die spezifische von der Kugelform abweichende Gestalt der Zelle verursacht. Ebenso sind feste Skelettgebilde in allen bewegungsfähigen Zellen, ausgenommen die amöboiden, zu entdecken: hier spielt das Skelett die Rolle eines Mechanismus, welcher aus einer ungeordneten amöboiden Bewegung eine geordnete (Flimmer- oder Muskel- u. s. w.) Bewegung macht. Demselben Problem der Zellengestalt habe ich meine „Untersuchungen über die Spermien der Decapoden“ gewidmet, welche als I. Teil der „Studien über die Gestalt der Zelle“ im Archiv f. mikr. Anatomie, Bd. 67, erschienen sind. Seitdem lenkte ich meine Aufmerksamkeit auf die Spermien anderer Tierklassen, sowohl auf die typischen — flagellatenförmigen — als auch auf die atypischen. Freilich ist die Struktur dieser Spermien meistens von mehreren erfahrenen Cytologen schon oft untersucht worden. Ich habe mir aber eine ganz spezielle Aufgabe gestellt: das Skelett der Spermien und namentlich das Skelett des Spermiumkopfes festzustellen und die Gestalt der Spermien zu erklären.

Eine genaue Beschreibung meiner Untersuchungsmethoden und aller meiner Beobachtungen über die Struktur der verschiedenen

1) N. Koltzoff, Über formbestimmende elastische Gebilde in Zellen. Biolog. Centralbl., Bd. XXIII, 1903.

Spermien (ich habe mehr als 100 Arten untersucht) beabsichtige ich bald, im II. Teile meiner „Studien über die Gestalt der Zelle“ zu veröffentlichen. Da aber einige von mir gewonnene Resultate vielleicht auch außerhalb des engen Kreises meiner Fachgenossen Interesse finden könnten, so will ich diese hier kurz zusammenstellen.

Bei einer neuen Bearbeitung eines Objektes, welches schon vielfach untersucht worden ist, spielen die Untersuchungsmethoden die wichtigste Rolle. Außer Beobachtung der lebenden Spermien und Spermatiden und gewöhnlichen Macerations- und Färbemethoden, habe ich bei meinen Spermienstudien die drei folgenden Untersuchungsmethoden angewandt, nämlich Experimente mit 1. Plasmolyse des Spermiums, 2. Quellung desselben und 3. der Löslichkeit der verschiedenen Spermiumbestandteile in manchen Reagentien. Die Experimente mit Plasmolyse und Quellung der Zelle geben uns das Mittel, das Volumen bezw. die Gestalt der lebenden oder toten Zelle künstlich zu verändern und auf diese Weise den Zusammenhang der flüssigen und festen Teile der Zelle festzustellen. Was aber die dritte Methode betrifft, so gelang es mir in vielen Fällen, mit starken Reagentien — Alkalien und Säuren — die verschiedenen Bestandteile des Spermiums einen nach dem anderen aufzulösen und so reine Spermiumskelette zu erhalten. Ich will meine Erörterungen nach der Reihenfolge dieser drei Untersuchungsmethoden vorführen.

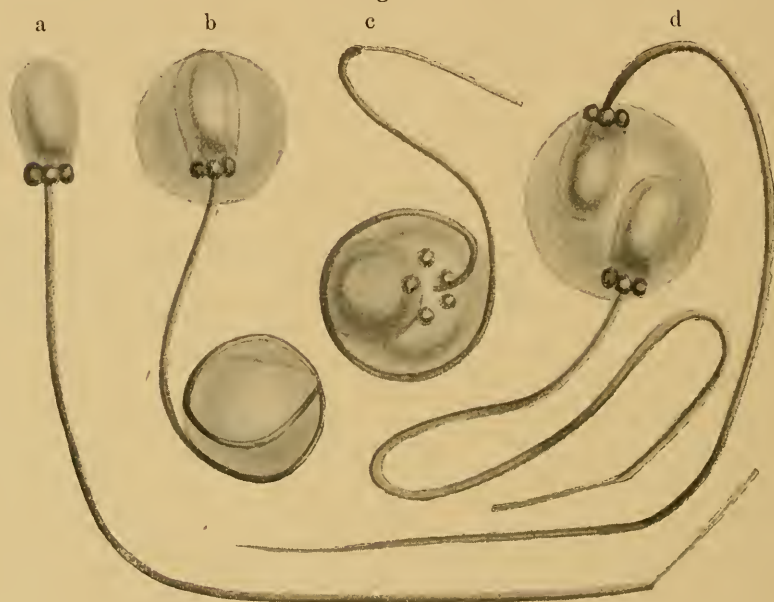
II.

In meinen oben zitierten Arbeiten brauchte ich den Namen „Plasmolyse“ in dem weiteren Sinne des Wortes, als Veränderung der Zellengestalt unter verschiedenen osmotischen Bedingungen. Beim Steigen des äußeren osmotischen Druckes zieht sich der plasmatische Zellkörper zusammen, bei seiner Verminderung strebt das Volumen des Plasmakörpers sich zu vergrößern. Bei den pflanzlichen Zellen, welche ein äußeres Skelett — die Cellulosemembran — besitzen, bemerken wir in hypertonen Lösungen eine typische Plasmolyse, indem der flüssige Plasmakörper sich zu einer Kugel zusammenzieht und von der festen Membran sich ablöst. Dagegen besitzen die tierischen Zellen meistens ein inneres Skelett, welches in hypertonen Lösungen samt dem Plasmakörper sich zusammenzieht und zwar in solcher Weise, dass die äußere Gestalt der Zelle noch ausgeprägter wird; in hypotonischen Lösungen aber bläht sich die Zelle auf, mehr und mehr die Kugelgestalt annehmend, und dabei löst sich oft die äußere Plasmaschicht vom inneren Skelette ab (das entspricht der Plasmolyse in eigentlichem Sinne des Wortes). Dementsprechend ist bei der Untersuchung der tierischen Zellen die Wirkung hypertoner Lösungen deswegen interessant, weil hier oft die festen Gebilde, wie Rippen auf einem

abgemagerten Wirbeltierkörper deutlich werden; die Wirkung hypotonischer Lösungen dagegen wird uns aus der Fig. 1 klar, welche die Plasmolyse des *Anodonta*-Spermiums darstellt.

In dieser Figur links (a) ist ein reifes lebendes Spermium, wie es in der Flüssigkeit der Mantelhöhle ($\Delta = c. -0,5^{\circ}$) beobachtet wird, gezeichnet. Wir sehen einen ovalen zusammengepressten Kopf, hinter ihm 4—5 Schwanz- oder Halskugeln und eine Geißel mit ihrem Endstück. Wenn wir unter das Deckgläschen einige Tropfen destilliertes Wasser zufließen lassen, so verändert sich die Gestalt aller Spermien, indem ihr Volumen sich vergrößert. Vier solche Spermien sind auf der Fig. 1 b—d dargestellt.

Fig. 1.



1. Die erste Tatsache, welche durch dieses Experiment bewiesen wird, ist das Vorhandensein einer Plasmahaut, welche, als eine dünne ununterbrochene Schicht die Oberfläche des Spermiums bedeckt. In hypotonischer Lösung bildet sich zwischen dieser Plasmahaut und dem festen Skelette eine Vakuole, indem die Plasmahaut, vom inneren Skelette sich ablösend, zu einer Kugel sich aufbläht. Gewöhnlich bildet sich eine solche Kugel zuerst um den Kopf herum und dann wird sie allmählich größer, indem das feste Skelett des Schwanzes sich auf ihrer inneren Oberfläche in mehreren Windungen zusammenrollt. Das Endresultat ist, dass das ganze Spermium kugelig wird. In dem destillierten Wasser kann der innere Turgor des Spermiums so hoch steigen, dass die äußere

Plasmahaut platzt; die Deformation des festen Skelettes, welche durch Ausdehnung der Plasmahaut bedingt war, wird jetzt beseitigt und das Spermium, von seiner semipermeablen Plasmahaut befreit, kehrt wieder zur Normalgestalt zurück. Ebenso kann das kugelig gewordene Spermium auch seine normale Gestalt wieder annehmen, wenn es vor dem Platzen der semipermeablen Membran in die isotonische Lösung wieder zurückgebracht wird. Freilich ist hier die Reversibilität der plasmolytischen Reaktion nicht so vollkommen, wie ich bei *Inachus*-Spermien (eines Decapoden) beschrieben habe; denn bei den *Anodonta*-Spermien, ebenso wie bei den meisten von mir untersuchten flagellatenförmigen Spermien, wird das Skelett durch Plasmolyse mehr oder weniger beschädigt und kann deswegen in der isosmotischen Lösung seine normale Gestalt nicht wiedergewinnen.

Die Plasmolyseversuche mit den *Anodonta*-Spermien erlauben uns, noch drei weitere Tatsachen festzustellen:

2. Die semipermeable Plasmahaut bedeckt hier die ganze Oberfläche des Spermiums sowohl im Kopfteile als auch im Schwanz bis zu dessen Endstück. Zuweilen entstehen gleichzeitig zwei unabhängige Vakuolen, wie auf Fig. 1 b.

3. Diese semipermeable Plasmahaut ist flüssig und entbehrt jeglichen eigenen festen Skelettes. Es kommt nämlich oft vor, dass zwei Vakuolen von zwei verschiedenen Spermien während des Experimentes zusammenstoßen; in diesem Falle können sie zusammenfließen und so entsteht eine große kugelige Vakuole mit einer gemeinsamen Plasmahaut (Fig. 1 d).

4. Der Kern bildet ein besonderes osmotisches System mit einem festen, im Leben unsichtbaren, äußeren Skelette. Die Elastizität dieses Skelettes ist so groß, dass der Kern bei der Plasmolyse seine Gestalt nur wenig ändert. Es kann aber auch vorkommen, dass unter starker Volumenzunahme der Kern selbst kugelig wird; wahrscheinlich wird in diesem Falle das Skelett ganz oder teilweise zerstört (Fig. 1 c).

Die oben beschriebenen plasmolytischen Erscheinungen sind mehr oder weniger in allen tierischen Spermien zu beobachten. Es ist mir gelungen, fast alle von mir untersuchten flagellatenförmigen Spermien in die Kugelgestalt überzuführen. Man braucht nur zu diesem Zweck mehr oder weniger stark verdünnte Lösungen eventuell destilliertes Wasser, einwirken zu lassen: sofort werden alle vorher sich rasch bewegendenden Spermien kugelig und bewegungslos. Diese Reaktion ist so beständig und so leicht auszuführen, und das Material für dieses Experiment so leicht zugänglich, dass sein Gebrauch bei verschiedenen Untersuchungen nicht warm genug zu empfehlen ist. Es genügt, nur zwei Beispiele, wo dasselbe angewandt werden könnte, zu nennen.

1. Wenn man die Wirkung der Zellgifte untersuchen will, so ist es notwendig, den Moment des Todes der Zelle genau zu bestimmen. Die Plasmolyse der Spermien gibt uns ein Mittel dazu: so lange diese im destillierten Wasser kugelig zu werden imstande sind, sind sie noch lebend, denn ihre Plasmahaut ist noch semipermeabel. Die Beweglichkeit der Spermien erlischt viel eher, als die Semipermeabilität der Plasmahaut; nach ihrem Erlöschen kann die Beweglichkeit durch Wirkung gewisser Reizmittel aber wieder erweckt werden, so lange nur die Plasmahaut noch lebt und semipermeabel bleibt. Ebenso ist es leicht zu ersehen, dass auf dem oben beschriebenen plasmolytischen Wege leicht zu bestimmen ist, ob dieser oder jener Farbstoff *intra vitam* oder *post mortem* in die Zelle eindringt.

2. Viele Vorteile hat das Objekt auch bei Untersuchungen über Permeabilität der Plasmahaut für verschiedene Stoffe. So ist es leicht zu beweisen, dass, z. B., für den Harnstoff die Spermien permeabel sind: in einer isotonischen Harnstofflösung werden sie allmählich kugelig. Die Frage über den Stoffwechsel in den Spermien ist bis jetzt kaum berührt. Ich bin überzeugt, dass bei der Lösung dieser Frage die plasmolytische Methode eine wichtige Rolle spielen wird.

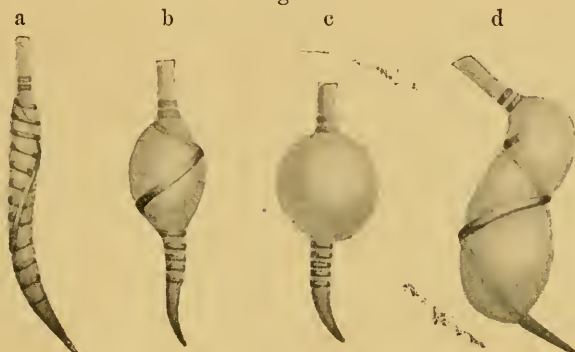
III.

Die Plasmolyse der *Anodonta*-Spermien legt uns klares Zeugnis dafür ab, dass hier der Kopf, wie der Schwanz, ein festes Skelett besitzen. Das Skelett des Kopfes sehen wir bei plasmolytischen Erscheinungen nur in seltenen Fällen. So ist bei Spermien von *Helix*, von *Opilio*, von Turbellarien etc. das Kopfskelett in Gestalt von einer oder mehreren Spiralfäden, welche den verlängerten Kopf mit engen Spiralwindungen umschlingen, sogar in isotonischer und noch besser in hypertotonischer Lösung zu sehen. Meistens aber ist es nötig, die Spermien zu färben, indem man für das Chromatin einen basischen Anilinfarbstoff und für die Skelettfasern einen sauren anwenden muss. Glänzende Färbungen habe ich mit Biondigemisch bekommen, welches das Chromatin grün, das Skelett aber rot färbt. Auf diese Weise habe ich das Kopfskelett fast in allen von mir untersuchten Spermien gesehen. Es besteht gewöhnlich: 1. aus einem Längsfaden, welcher vom Perforatorium beginnt und unter der Oberfläche des Kopfes geradlinig oder in weiteren Spiralwindungen zum Halsstück absteigt, und 2. aus einer oder mehreren parallelen Spiralfasern mit engen Spiralwindungen. Diese letzte Spirale gibt dem Chromatintropfen die Gestalt einer Säule, der Längsfaden aber bestimmt die zylinderartige oder event. schraubenförmige Gestalt der Säule. — Das ist sozusagen ein Schema des Kopfskelettes, welches verschiedenartigen Variationen unterliegt. Was aber das Hals- und Schwanzskelett

betrifft, so waren hier schon längst verschiedene faserige Strukturen bekannt, von welchen die meisten die Rolle von Skelettgebilden spielen.

Dem Leser kann es scheinen, dass ich ganz willkürlich alle diese Fasern als feste formbestimmende Skelettgebilde betrachte; man wird einen Beweis fordern, dass es nicht kontraktile event. nervöse Strukturen seien. Diesen Beweis geben, wie mir es scheint, einige Experimente mit der Wirkung von Quellung. Die Spermienköpfe quellen unter Einwirkung von verschiedenartigen Reagentien; als Beispiel können fast alle Säuren und Alkalien, starke Lösungen von Anilinfarbstoffen, verschiedene Fixierungsflüssigkeiten u. s. w. genannt werden. Beim Quellungsprozess wird der Turgor des Chromatintropfens so stark, dass einige Skelettfasern, wie Reifen auf einem überfüllten Fass, springen und der Spermiumkopf jetzt bloß durch intakt gebliebene Skelettgebilde zurückgehalten wird, eine vollkommen kugelige Form anzunehmen. Von den verschiedenen Reagentien,

Fig. 2.



welche das Quellen verursachen, benutzt man am bequemsten ohne irgendwelche vorherige Fixierung der Spermien das starke unverdünnte Biondigemisch, da dieses zugleich die gequollenen Spermien färbt.

Auf der Fig. 2 a—d sind Spermien von einer Schlange (*Coronella austriaca*) in verschiedenen Quellungsgraden abgebildet. Fig. 2 a stellt den Spermiumkopf im normalen Zustande dar. Man sieht, dass der Kopf nicht zylindrisch ist, sondern in einer leichten schraubigen Windung von etwa $\frac{3}{4}$ Umgängen gewunden ist. Dementsprechend macht auch der Längsfaden eine ebensolche Windung; die Spirale mit mehreren engen Umgängen, das Perforatorium und zwei Zentralkörperringe sind auch vorhanden. Im Anfangsstadium der Quellung (Fig. 2 b) bricht gewöhnlich die enggewundene Spirale teilweise auseinander, und an der Stelle, wo die Spirale geplatzt ist, dehnt sich der flüssige Chromatininhalt zu einer Blase aus; der intakt gebliebene feste Längsfaden aber erlaubt nicht dem Chromatin-

tropfen kugelige Gestalt anzunehmen. In dem Falle dagegen, dass auch der Längsfaden teilweise zerstört wird, sehen wir einen schönen kugeligen Chromatintropfen (Fig. 2 c). Noch lehrreicher ist Fig. 2 d: durch den höchsten Grad der Quellung ist die ganze enggewundene Spirale vernichtet, der Längsfaden aber bleibt intakt. Jeder, wer diese Figur sieht, kann ihr keine andere Erklärung geben als die, dass hier nur eine feste Faser den flüssigen Tropfen die Kugelgestalt anzunehmen verhindert.

Aus der Sammlung meiner Zeichnungen will ich hier nur noch eine Abbildung veröffentlichen. Fig. 3 a—c stellt ein normales und zwei, durch Quellung in starker Biondilösung veränderte Geißelstücke von *Planorbis*-Spermien dar. Die Geißel des normalen Spermiums (a) besteht aus einem axialen Strang, welcher von drei parallelen Spiralfasern umwickelt ist. Von diesen drei ist eine

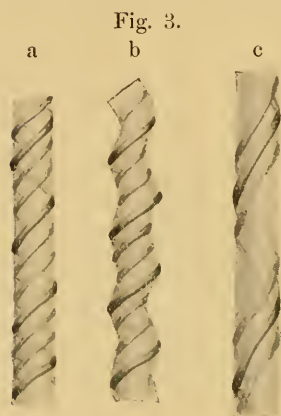


Fig. 3.

Faser dicker als die zwei anderen, der Länge nach aber sind sie alle gleich. Die Spiralfasern wie der axiale Strang sind quellungsfähig. Die Quellung äußert sich hier darin, dass die Fasern dicker und kürzer werden. Das Resultat der Quellung kann verschiedenartig ausfallen: entweder bleibt die Konfiguration der Spiralfasern dieselbe wie am lebenden Spermium, oder es nähern sich die Fasern, auf der Oberfläche des axialen Stranges gleitend, einander (Fig. 3 c). Es kann auch geschehen, dass die dünneren Fasern bei der Quellung sich mehr verkürzen als die dickere; in diesem Falle, wie leicht zu verstehen ist,

kann der axiale Strang nicht seine frühere zylindrische Gestalt beibehalten und wird schraubenförmig, was wir in der Tat in manchen Fällen beobachten (Fig. 3 b).

Aus den oben beschriebenen Quellungsveränderungen der *Planorbis*-Spermien können wir außer der Grundtatsache, dass die Spiralfasern hier wirklich fest und formbestimmend sind, noch die drei folgenden Schlussfolgerungen ziehen.

1. Die quellungsfähigen Fasern müssen eine besondere innere Struktur haben und ihrerseits aus einem festen Skelett und aus inneren, von einer Flüssigkeit gefüllten, Zwischenräumen bestehen. Die Hypothese, dass die Fasern eine wabige Struktur besitzen, macht ihre Quellungsfähigkeit vielleicht am meisten verständlich. Bekanntlich zerfallen in mehreren Fällen die Fasern des Spermiengeißels in Fibrillen; auch diese Tatsache beweist, dass sie eine feinere Struktur haben, widerspricht aber der Hypothese ihrer Wabenstruktur nicht. Doch kann aber in diesem Falle auch die

Anschauung von F. Meves¹⁾ gelten, nach welcher der von ihm in den roten Blutkörperchen beschriebene, formbestimmende und ebenso, wie es scheint, quellungsfähige Randreifen aus einem Bündel durch Querverbindungen (Quermembranen) zusammengehaltener Fasern besteht.

2. Die Spiralfasern gleiten auf der Oberfläche des axialen Stranges frei, d. h., sie sind durch keine feste Membran miteinander verbunden; denn sonst würden wir auf den Stadien der Fig. 3 b und 3 c irgendwelche Falten und zerrissene Stellen in dieser Membran sehen, wenn sie vorhanden wäre.

3. Eine schraubenförmige Gestalt kann das Resultat einer verschiedenen Länge von zwei oder mehr spiraligen Skelettfasern sein. Und in der Tat ist das oft die Ursache der oft vorkommenden schraubigen Gestalt des normalen Spermiumkopfes (z. B. bei *Paludina viripara*). Der Längsfaden des Spermiumkopfes von *Coronella* ist ebenfalls doppelt und besteht aus einem dickeren und einem dünneren Faden.

IV.

Da das Skelett des Spermiums fest ist, so liegt der Gedanke nahe, dass es auch der chemischen Wirkung verschiedener Reagenten gegenüber widerstandsfähiger als andere Bestandteile des Spermiums sein muss. Dass dem so ist, beweisen die Resultate sogen. Macerationen (besonders die Arbeiten von E. und K. Ballowitz); wenn man die Spermien irgendwelcher Art in isotonischen oder hyper-tonischen Salzlösungen längere Zeit liegen lässt, so bekommt man feine fibrilläre Strukturen (Spermiumskelette): alle anderen Bestandteile lösen sich auf. Nachdem ich mehrere Versuche mit der dauernden Wirkung von verschiedenen Salzlösungen angestellt habe, kam mir der Gedanke, die Wirkung einiger stärkerer Reagentien — Säuren und Alkalien — zu probieren. Die Resultate dieses Versuchs waren sehr günstig: es gelang mir in vielen Fällen, auf diese Weise sehr feine Spermiumskelette rasch herauszupräparieren. Eines von solchen Experimenten will ich hier beschreiben.

Auf der Fig. 4 a ist ein mit dem verdünnten Biondigemisch gefärbtes Spermium von *Siredon pisciformis* abgebildet. Man sieht den Kopf mit dem Perforatorium, den Hals, welcher hier von dem riesigen proximalen Zentralkörper gebildet ist, und den vorderen Schwanzteil mit dem Achsenfaden und dem Nebenfaden. Fig. 4 b zeigt uns ein anderes Axolotlspermium, welches in starkem Biondigemisch gefärbt ist. Hier sind zwei Skelettfaden des Kopfes, welche denen von *Coronella* entsprechen, zu sehen. Die von dem Spiralfaden umwickelte Chromatinmasse ist stark gequollen, indem sie nicht nur viel dicker, sondern auch länger geworden ist. Sie hat

1) Anatomischer Anzeiger, 1906.

sich von dem Längsfaden teilweise abgelöst; diese Tatsache deutet auf die selbständige formbestimmende Bedeutung der Fäden beider Arten hin. Wenn man frische Spermien in Alkoholäther kocht, ist

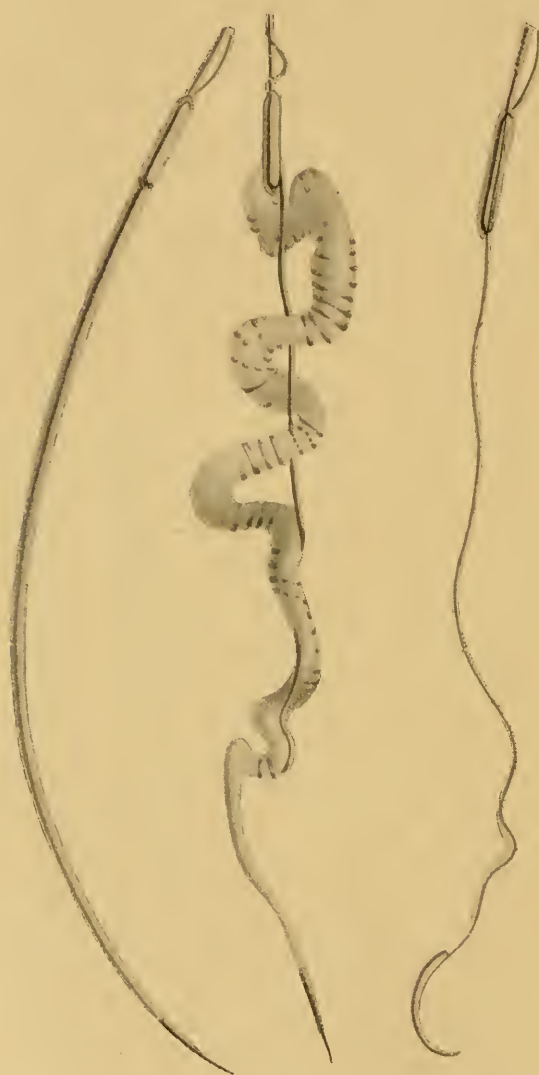
keine Gestaltsveränderung zu merken; das bedeutet, dass Lecithin und Fette, welche dabei gelöst werden, in der Gestaltsbestimmung keine Rolle spielen. In verdünnten KOH-Lösungen geschieht sofort starke Quellung, und allmählich löst sich das Chromatin auf; dagegen bleiben der Spiralfaden, ebenso wie der Längsfaden, der Hals und beide Geißelfäden bestehen. Keine weitere Veränderung des Spermiumskelettes bemerken wir nach der Wirkung der 5⁰/₀-, 10⁰/₀-, 20⁰/₀- und 50⁰/₀-iger Ätzkalilösung. Ebensowenig können das Spermiumskelett verdünnte Mineralsäuren (HCl, H₂SO₄, HNO₃) zerstören. Erst konzentrierte Säuren lösen die in KOH gequollene spiralförmige Kopfmembran auf. Andere Teile des Spermiumskelettes bleiben aber sogar in den rauchenden Mineralsäuren unverändert bestehen und können nach solcher Behandlung mehrere Male

aus der konzentrierten H₂SO₄ in 50⁰/₀ige KOH-Lösung und umgekehrt, ohne merklich verändert zu sein, übergeführt werden (Fig. 4 c). Beim Kochen in Säuren und Alkalien werden auch diese resistenten Teile in wenigen Minuten gelöst.

Fig. 4.

a b

c



Die Resistenz des Spermiumskelettes der Wirkung so starker Reagentien gegenüber hat gewiss nichts überraschendes. Diese Eigenschaft ist für alle Gerüstsubstanzen bekannt und unter den Eiweißstoffen charakterisiert dieselbe eine sehr interessante Gruppe der Albuminoide (Glutin, Elastin, Keratin, Cornein etc.) und der Albumoide von Mörner und Hammarsten, welche nach der Meinung einiger Chemiker (M. Siegfried) von allen komplizierten Eiweißstoffen vielleicht am meisten komplizierte Verbindungen enthält.

Dem Umfang und vielleicht dem Gewichte nach nimmt die erste Stelle im Spermiumskelette der Fig. 4c wahrscheinlich der proximale Zentralkörper ein. Es ist zu bemerken, dass der Achsenfaden und vielleicht auch der Nebenfaden des Schwanzes aller Wahrscheinlichkeit nach sich aus den Zentralkörpern entwickeln.

Wie der Längsfaden des Kopfes entsteht, weiß man nicht sicher, das Perforatorium aber entwickelt sich wenigstens teilweise aus der Centrotheke. An den anderen Objekten gelingt es, auch das Kopfskelett von dem echten Zentralkörperskelette auf chemischem Wege zu trennen. In diesem Falle wäre es möglich, reines Centralin für makrochemische Untersuchung zu bekommen.

Bis jetzt hat man nur einen Bestandteil der Zelle — Chromatin — auf chemischem Wege untersucht. In der angegebenen Methode, glaube ich, haben wir die Möglichkeit, auch den anderen, nicht weniger wichtigen Bestandteil der Zelle — den Zentralkörper — makrochemisch genau zu untersuchen.

Zur Physiologie der Pigmentzellen.

Von R. F. Fuchs¹⁾.

(Aus dem physiologischen Institute der Universität Erlangen.)

Die reiche Literatur über den Farbenwechsel der Amphibien und anderer Tiere zeigt wohl am deutlichsten, welches Interesse diese Erscheinung den Biologen abgewonnen hat; aber diese große Zahl von Arbeiten lehrt nicht minder deutlich, wie viele strittige Anschauungen auf diesem Forschungsgebiete sich noch gegenüber stehen und wie vieler Arbeit es noch bedürfen wird, um zu befriedigenden Anschauungen über die schwierigen Fragen des Farbenwechsels zu gelangen. Es kann nicht meine Aufgabe sein, an dieser Stelle eine Literaturübersicht über die ganze Pigmentforschung zu geben, welche mit den klassischen Untersuchungen Brücke's²⁾ beginnt, dann durch die hervorragenden Arbeiten

1) Erweiterter Abdruck aus der Festschrift für J. Rosenthal. Leipzig, G. Thieme 1906.

2) Brücke, Ernst, Untersuchungen über den Farbenwechsel des afrikanischen Chamäleons. Denkschriften der kaiserl. Akademie der Wissenschaften zu Wien. Math. naturw. Klasse, IV. Bd. 1852.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Biologisches Zentralblatt](#)

Jahr/Year: 1906

Band/Volume: [26](#)

Autor(en)/Author(s): Koltzoff N.K.

Artikel/Article: [Über das Skelett des tierischen Spermiums. 854-863](#)