Zeitschrift: Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Bern

Herausgeber: Naturforschende Gesellschaft Bern

Band: - (1907)

Heft: 1629-1664

Artikel: Neue Anschauungen über die Natur der Astrosphären sowie einiger anderer Befruchtungs- und Teilungsvorgänge

Autor: Ries, Julius

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-319169

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 11.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Julius Ries.

Neue Anschauungen über die Natur der Astrosphären sowie einiger anderer Befruchtungs- und Teilungsvorgänge.

(Vorgetragen in der Sitzung der Naturforschenden Gesellschaft von Bern vom 9. Februar 1907.)

I. Der Samenfaden geht beim Eintritte ins Ei nicht zu Grunde, sondern wird nur unsichtbar.

II. Seine schraubenförmigen Bewegungen sind es, welche die Kopfdrehung hervorrufen, und die Astrosphären sind deren hinterlassene Spur.

III. Mit der Teilung des Centrosoms ist verbunden eine Teilung des Schwanzes (geschwänzte Centrosomen).

IV. Die doppelschwänzigen Spermien sind somit keine Missbildungen.

V. An geschädigte Zellkerne können sich von Polyspermie herrührende überzählige geschwänzte Centrosomen ansetzen (Atypische Kernteilung).

VI. Eine Protoplasmahülle überzieht Kopf, Mittelstück und Schwanz.

VII. Beim Reduktionsprozess wandern mit den beiden Polkörperchen die Centrosomen der Eizelle aus.

O. Hertwig beschreibt in seinem Lehrbuche der Entwicklungsgeschichte (1906, S. 50, 51) den inneren Befruchtungsakt beim Echinodermenei folgendermassen:

«Der (Sperma-) Faden hört zu schlagen auf und entzieht sich bald der Wahrnehmung, der Kopf aber dringt langsam weiter in den Dotter hinein und schwillt dabei durch Aufnahme von Flüssigkeit zu einem kleinen Bläschen an, das man, da sein wesentlicher Bestandteil das Chromatin des Samenfadenkopfes ist, kurzweg als Samenkern bezeichnen kann, wie er sich denn

auch in Karmin etc. sehr intensiv färben lässt. Unmittelbar vor ihm, an seiner nach der Eimitte zu gerichteten Seite ist von Boveri, Fol u. a. noch ein viel kleineres Körperchen, welches sich ausserordentlich schwer sichtbar machen lässt, nachgewiesen worden. Auf die Stelle, wo es im Ei liegt, wird die Aufmerksamkeit des Beobachters am meisten dadurch gelenkt, dass sich der Dotter in radiären Bahnen anzuordnen beginnt und eine allmählich immer schärfer ausgeprägte und auf grössere Entfernung hin ausgedehnte Strahlenfigur (einen Stern) bildet. Das Körperchen leitet sich von dem Mittelstück des Samenfadens ab und hat, wie von Boveri zuerst klargestellt worden ist, beim Befruchtungsprozess die Aufgabe zu erfüllen, die beiden Centrosomen für die erste Teilspindel des Eies zu liefern. Es kann daher als Centrosoma des Samenkerns oder Spermacentrum (Fol) bezeichnet werden. Dass es bald nach der Befruchtung von der Oberfläche des Eies weiter entfernt ist als der Samenkern, erklärt sich daraus, dass der Kopf des Samenfadens, unmittelbar nachdem er sich mit seiner Spitze in die Eirinde eingebohrt hat, eine Drehung ausführt; infolgedessen kommt sein Mittelstück oder das Spermacentrosom mehr nach dem Mittelpunkt des Eies zu liegen. Jetzt beginnt ein interessantes Phänomen das Auge des Beobachters zu fesseln. Ei- und Samenkern ziehen sich gleichsam gegenseitig an und wandern mit wachsender Geschwindigkeit durch den Dotter einander entgegen; der Samenkern, dem seine Strahlung mit dem in ihm eingeschlossenen Centrosom stets voranschreitet, verändert rascher seinen Ort, langsamer der Eikern. Bald treffen sich beide in der Mitte des Eies und werden hier zunächst von einem körnchenfreien Protoplasmahof, und nach aussen von diesem von einer gemeinsamen Strahlung eingeschlossen (Sonnenstadium und Aureola von Fol). . . . Gleich nach der Vereinigung der beiden Kerne beginnt sich das in ihrer unmittelbaren Nähe liegende Spermacentrum in die Länge zu strecken und sich in zwei kleinste Körperchen zu teilen, welche auseinanderrücken und, eingehüllt in je eine Protoplasmastrahlung, zu den Centrosomen der sich jetzt ausbildenden Kernteilungsfigur werden.»

Die Befruchtung des Wirbeltiereies beschreibt Hertwig auf Seite 57 des obenerwähnten Buches mit Sobottas Worten,

der den Befruchtungsvorgang des niedersten Wirbeltieres, des Amphioxus lanceolatus, eingehend untersucht hat. Er schreibt: «Bald nach dem Eindringen des Spermatozoon in das Ei gehen seine einzelnen Bestandteile Veränderungen ein. Der Schwanzfaden, soweit er mit eingedrungen war, entzieht sich bald spurlos den Blicken des Beobachters und wird wahrscheinlich im Eiplasma aufgelöst. Aus dem Kopf bildet sich ein chromatisches Körperchen, das allmählich Kerngestalt annimmt und dann den Samenkern darstellt; aus dem Verbindungsstück bildet sich ein meist von einer dichten Strahlung umgebenes Centrosom. Während letzteres anfangs am hinteren Ende des Spermatozoon liegt, erfolgt alsbald eine Drehung, so dass das Centrosom nun dem Eiinnern zugekehrt ist, ein Vorgang, der bei mehreren Vertebraten bereits in Uebereinstimmung mit vielen Evertebraten konstatiert worden ist.»

Aehnlich schildert R. Hertwig die Befruchtung in seinem Lehrbuch der Zoologie (1907, S. 127). «Wenn das Spermatozoon in das Ei eingedrungen ist, dann sind von seinen Bestandteilen der Kopf und das das Centrosoma enthaltende Mittelstück noch erkennbar....., während der Schwanzfaden und das etwa vorhandene Protoplasma vom Dotter des Eies assimiliert worden sind. Im Protoplasma des Eies erzeugt das Centrosoma des Spermakerns eine intensive Strahlung, wie sie auch während der Teilung beobachtet wird. Die Strahlung voran, wandert der Spermakern auf den Eikern zu.»

Die drei angeführten Autoren stimmen in ihren Angaben gut überein, nach diesen verschwindet erstens der Schwanzfaden beim Eindringen des Spermatozoon ins Ei, dann vollführt der Kopf eine Drehung, indem das Mittelstück nach vorne kommt, und endlich wird der Spermakern bei seinem Vorwärtsdringen von einer Strahlung umgeben. Ganz richtig bemerkt O. Hertwig, dass auf die Stelle, wo das Mittelstück im Ei liegt, am meisten die Aufmerksamkeit des Beobachters gelenkt wird, da sich dort der Dotter in radiären Bahnen anzuordnen beginnt und eine allmählich immer schärfer ausgeprägte und auf grössere Entfernung hin ausgedehnte Strahlenfigur bildet. Wie entsteht aber diese Strahlenfigur?

Jacques Loeb[1]) versucht die Entstehung **chemisch** zu erklären, er schreibt: «Wenn wir die Zellteilung in einem befruchteten Ei verfolgen, so können wir drei bestimmte Phasen unterscheiden. Erstens die Bildung der Astrosphären, die Auflösung der Kernmembran, die Spaltung der Chromosomen, zweitens die Wanderung der letzteren und die Neubildung der Kerne und drittens die Zellteilung. Was den ersteren Vorgang betrifft, so bin ich geneigt, ihn mit dem Umstand in Zusammenhang zu bringen, dass das Wachstum der Chromosomen ein beschränktes ist, während die chemischen Vorgänge, welche zur Synthese der Chromatinsubstanz führen, kontinuierlich sind. Es muss daher, wenn die Chromosomen den ausgewachsenen Zustand erreichen, ein Zeitpunkt eintreten, wo die chemischen Vorgänge andere Wirkungen erzielen als die Vermehrung der Kernsubstanz. Das ist vielleicht ein Umstand, der bei der Astrosphärenbildung und der Verflüssigung der Kernmembran (vielleicht nur indirekt) mitwirkt.»

«Bei der Beurteilung dieser Vorgänge sollte man jedoch, wie mir scheint, berücksichtigen, dass das Ei oder gewisse Eier unmittelbar vor der Zellteilung ihre Form ändern; sie verlängern sich nämlich in der Richtung der Spindel. Das ist beispielsweise bei Seeigeleiern sehr deutlich. Man gewinnt den Eindruck, als ob kontraktile Kräfte bei der Zellteilung tätig seien. Diese kontraktilen Kräfte könnten, wie manche Autoren annehmen, von den Astrosphären geliefert werden.»

R. Lillie hat die Vermutung ausgesprochen, dass die Einstellung der Chromosomen in die Spindelstellung und die Bewegung der Chromosomen gegen die Zentren der Astrosphären auf elektrische Kräfte zurückzuführen sei. Wenn das der Fall wäre, so sollte es ein Leichtes sein, durch galvanische Ströme die Orientierung der Furchungsebene in Eiern zu beherrschen. Das ist aber nicht der Fall, wie Roux längst für das Froschei und ich für das Seeigelei festgestellt habe. Wir wissen bestimmt, dass es bis jetzt nicht gelungen ist, die Furchungsebene einer sich teilenden Zelle durch den galvanischen Strom zu beherrschen.

---

[1]) Vorlesungen über die Dynamik der Lebenserscheinungen (Leipzig. 1906 S. 102 u. f.)

Bei künstlicher Parthenogenese beginnt die Einschnürung bei der Furchung «nur auf einer Seite, und das Protoplasma fliesst oder bewegt sich .... in entgegengesetzter Richtung gegen die beiden Kerne..... Es ist aber auch recht gut möglich, dass hier kontraktile Kräfte im Spiele sind, welche das Protoplasma gegen das Zentrum der beiden Zellen ziehen. In dem Falle müssten die Astrosphären aus festem Material bestehen.»

Aus dem angeführten sieht man, dass es Loeb nicht gelungen, die Bildung der Astrosphären chemisch zu erklären.

Eine Hypothese, die ich in nachfolgenden Sätzen aufstellen will, beantwortet meiner Ansicht nach diese so interessante Frage.

O. Hertwig schreibt:[1]) «Der Schwanz ist der längste Teil des Samenfadens und sein Fortbewegungsorgan», und weiter:[2]) «Aeusseren Eingriffen gegenüber erweist sich der Samen sehr widerstandskräftig. Wenn man z. B. Samen gefrieren lässt und wieder auftaut, kehrt die Bewegung der Samenfäden wieder. Viele Salze, wenn sie nicht in zu starker Konzentration angewandt werden, wirken nicht schädigend. Narcotica in starker Konzentration und bei längerer Einwirkung machen die Fäden bewegungslos, ohne sie aber zunächst abzutöten; denn durch Entfernung des schädigenden Mittels kann man sie wiederbeleben.» — «Alkalische Lösungen regen in starker Verdünnung die Bewegung der Samenfäden an; Säuren dagegen, auch wenn sie sehr verdünnt sind, führen den Tod herbei. Demgemäss wächst auch in allen tierischen Flüssigkeiten von alkalischer Reaktion die Lebhaftigkeit der Bewegung, während sie in sauren Lösungen sehr bald erlischt.»

G. Retzius berichtet: «Die menschlichen Spermien sind wundervoll resistent; obwohl sie in Flüssigkeiten (0,7 % Kochsalzlösung), wo die Fäulnis schon in drei oder vier Wochen vorsichging, maceriert waren, zeigten sie (trotz vielfacher Versuche) keinen Zerfall.»[3])

E. Bumm schreibt in seinem Grundriss zum Studium der Geburtshilfe (1902, S. 39): «Der Cervikalkanal ist wie die Ge-

---

[1]) O. Hertwig. Lehrbuch der Entwicklungsgeschichte 1906, S. 21.
[2]) L. c. S. 25.
[3]) Biologische Untersuchungen von G. Retzius. N. F. Bd. X. 1902, S. 53.

bärmutterhöhle und die Tuben mit einem Flimmerepithel ausgestattet, dessen Wimperhaare in der Richtung nach dem Ausgang des Geschlechtskanales, also von oben nach unten schlagen. Um vorwärts und dem Ei entgegen zu kommen, müssen die Samenfäden somit auf dem ganzen Wege durch Uterus und Tuben gegen den Strom schwimmen. Das Hindernis wird durch die energische und unermüdliche Eigenbewegung der Fäden überwunden.»

Wir sehen also, wie widerstandsfähig ein Spermatozoon ist und welche kolossale Strecken er mittelst seines Schwanzes zurücklegen kann! Warum sollte jetzt beim Eindringen in den weder alkalischen noch sauren, sondern wie alle lebendigen Gewebe neutralen Dotter der Samenkern plötzlich seinen Schwanz verlieren? Warum das Vordringen im Dotter andern Kräften zuschreiben, wenn der Samenkern doch sein eigenes Fortbewegungsorgan — den Schwanz — besitzt! Nach dieser Ueberlegung nehme ich an, dass der **Samenfaden nicht verschwindet**, sondern aus irgend einem Grunde unsichtbar wird.[1])

Und wirklich sind in letzter Zeit von verschiedenen Seiten Beobachtungen publiziert worden, die meine hypothetische Ansicht bestätigen, so schreibt Gerlach.[2])

«Ich habe Grund zu der Annahme, dass der Spermatozoenkopf, nachdem er die Zona durchsetzt hat, meistens sich noch im Ooplasma, in geringer Entfernung sich von der Zona haltend, eine Strecke lang weiterbewegt. Dies kann er nur mittels seines Schwanzfadens bewerkstelligen, der demnach zu einem grossen Teile in das Eiinnere gelangt. Derselbe geht keineswegs so rasch zugrunde, wie Sobotta anzunehmen scheint, sondern sein Kopfende bleibt mit dem Spermakern durch das Mittelstück in Verbindung und rückt mit ihm später von der Peripherie ab. Sehr häufig konnte ich die Schwanzfäden, welche sich durch Hämatoxylin ganz dunkelschwarz gefärbt hatten, durch mehrere Schnitte hindurch bis zum Samenkern verfolgen.

---

[1]) Samenkern und Eikern bestehen aus Chromatin und sind im Eiprotoplasma sichtbar. Der Samenfaden besteht aus Protoplasma und kann schon aus diesem Grunde im Eiprotoplasma unsichtbar werden.

[2]) Ueber die Bildung der Richtungskörper bei Mus Musculus von Dr. L. Gerlach, o. ö. Professor der Anatomie an der Universität Erlangen. Wiesbaden, Verlag von J. F. Bergmann, 1906. S. 27.

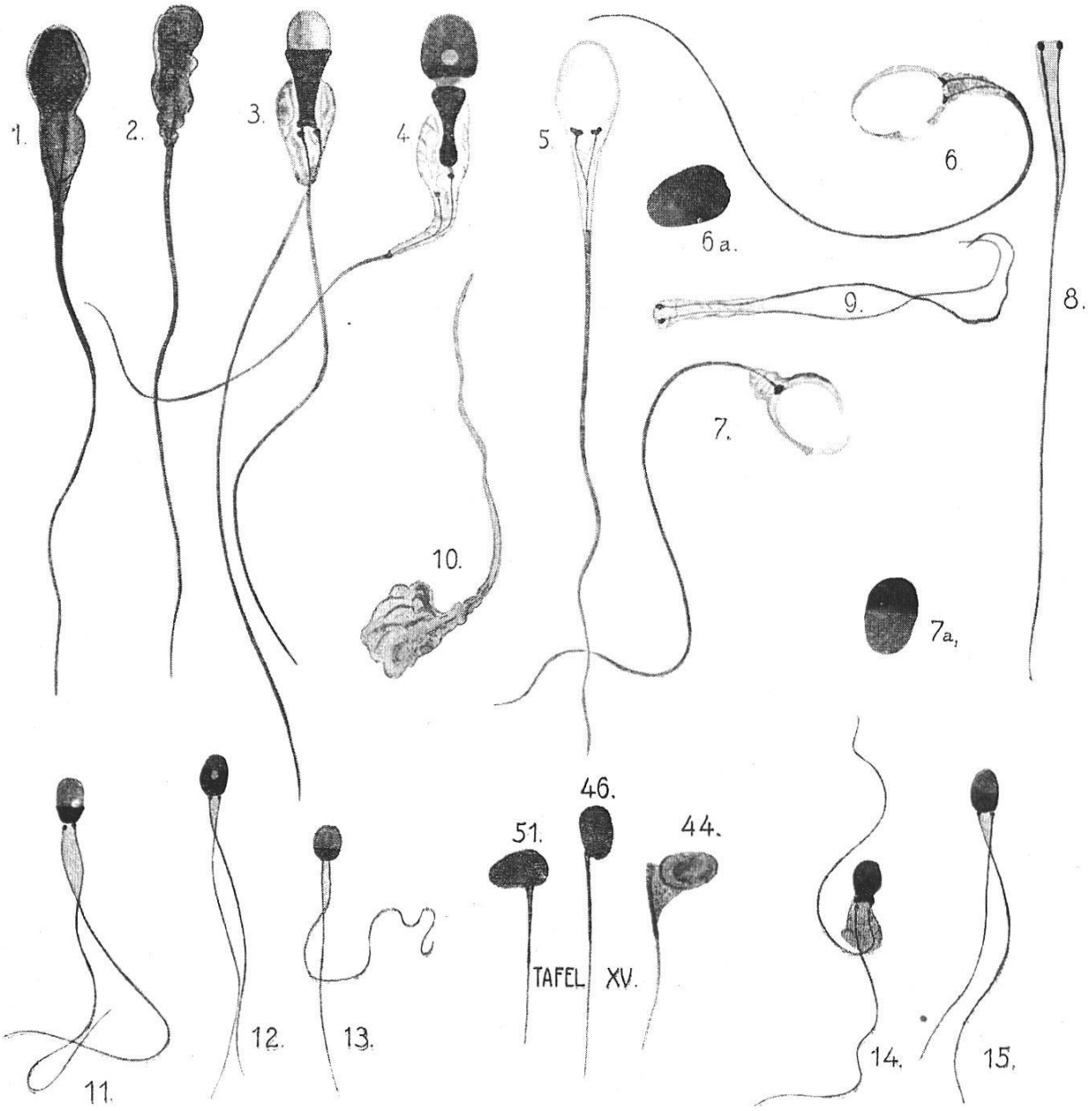
Die Spermatozoenschwänze habe ich noch im Ooplasma bemerkt, als der erste Furchungsmonaster sich ausgebildet hatte. Vor vier Jahren hat van der Stricht Aehnliches im Ei der Fledermaus beobachtet.»

Sobotta bespricht[1]) eine Arbeit Rubaschkin's über Reifungs- und Befruchtungsprozesse des Meerschweineies. Bei diesen Eiern wurde das Eindringen des Samenfadens nicht beobachtet. «Jedoch scheint das ganze Spermatozoon, **einschliesslich des Samenfadens einzudringen,** da neben dem Spermakopf und dem aus ihm entstandenen Spermakern häufig (nicht immer) ein fadenförmiges, dem Schwanzfaden des Spermatozoon ähnliches Gebilde gefunden wurde.»

Durch die Annahme eines Samenfadens im Dotter wird die Entstehung der Aureola verständlich. Die Strahlung ist meiner Ansicht nach nichts anderes als die im dickflüssigen Dotter hinterlassene Spur der Schwanzbewegung. Nach dem Eindringen des Spermatozoon ins Ei vollführt sein Kopf und Mittelstück die oben übereinstimmend beschriebene Drehung. Um diese Drehung des Kopfes auszuführen, muss der von mir als bestehend angenommene Schwanz eine Rotationsbewegung im Raume ausführen, wobei der Kopf immer im Zentrum verbleibt. Stellen wir uns eine Kugel vor und in deren Zentrum den Spermakopf, sowie den vom Mittelstück ausgehenden Faden als Radius zu einem Pole der Kugel. Mit der Spitze des Fadens beschreiben wir vom Pole ausgehend eine Spirale an der Oberfläche der Kugel über den Aequator zum andern Pole. Der am Faden befestigte Kopf (den wir uns im Zentrum wie in einem Kugelgelenke bewegt denken können) hat der Schwanzbewegung folgen müssen, hat eine Drehung vollführt und sein Mittelstück ist dem andern Pole zugekehrt. Wenn wir durch die von dieser Schraubenbewegung im Dotter hinterlassene Spur einen Querschnitt machen, erhalten wir am fixierten Präparat die Aureola. Im unfixierten Ei verschwindet allmählich die Strahlung, wie jede Spur in einem dickflüssigen Medium, durch Zusammenfliessen.

---

[1]) Jahresbericht über die Leistungen und Fortschritte in der Anatomie und Physiologie (W. Waldeyer und C. Posner.) Bericht für das Jahr 1905. Berlin 1906. S. 92.



Menschliche Spermien.

Fig. 1—10 Zeiss, Apochromat. 2, Compens. oc. 18.
„ 11—15 „ „ 2, „ 6.
„ 44, 46, 51 nach G. Retzius: Biolog. Untersuch. N. F. X 1902, Tafel 15.

Fig. 1. Eine Hülle überzieht Kopf, Hals und Schwanz.
» 2. Hülle durchgerissen, Schneide tritt unverändert durch, der dunklere rückwärtige Teil zieht sich in die Länge.
» 3. Kern zum Teil ausgeschlüpft, d. rückwärtige Teil noch mehr in die Länge gezogen als in Fig. 2.
» 4. Kern bestehend aus Schneide, Brücke u. rückwärt. dunkl. Teil, der beim Austritte aus der Hülle bisquitförmig ausgezogen wurde.
» 5, 6 u. 7. Kern ausgeschlüpft.
» 6a u. 7a. Die aus 6 u. 7 ausgeschlüpften Kerne, die wieder ihre gewöhnliche Form angenommen haben.
» 8, 9. Kopf abgerissen. Feste Verbindung zwischen Centralkörperchen und Schwanz.
» 10. Leerer Protoplasmamantel einer Spermie. Diese Hüllen, welche bei der Befruchtung nicht ins Ei eindringen, wurden für die Spermienschwänze gehalten.
» 11—15. Spermien mit Doppelschwänzen.

Nach der Drehung müssten die Strahlen (Spuren) am Mittelstückende frischer und länger sein, was noch durch die jetzt beginnende Ablösung des Mittelstückes vom Kopfe vermehrt würde. Ob die Annäherung des Eikerns durch rücklaufende Wirbelströme des Dotters zum Spermakopfe, die durch die Bewegung des Fadens zustande kommen, geschieht, will ich dahingestellt lassen, sicher ist aber, dass das Mittelstück nach seiner Ablösung vom Kopfe sich teilt, und ich sehe absolut keinen Grund ein, warum sich nicht auch der Faden in zwei an die Centrosomen befestigte Fäden teilen sollte. Dass sich der Faden teilen kann, ersehe ich aus Tafel 35 des «Handatlas der Entwicklungsgeschichte des Menschen» von Julius Kollmann (1907). Die Figur zeigt Spermafäden vom Menschen normaler und abnormer Beschaffenheit, unter letzteren sind zwei Spermien mit Doppelschwänzen verschiedenen Grades abgebildet an zwei andern Figuren derselben Tafel sieht man, wie die Teilung am Kopfende beginnt und zum Schwanzende fortschreitet.

Hier will ich noch auf das monumentale Werk von G. Retzius[1]) verweisen, aus welchem Julius Kollmann die obenerwähnten Abbildungen entnommen hat, und gebe im Nachfolgenden die Erklärung wieder, die Retzius für die Doppelschwänze findet: «Die allergewöhnlichsten von den atypischen Spermien sind die zweischwänzigen (S. 47.)... sie sind so zahlreich, dass ich sie auf 1—2 % veranschlagen darf. (S. 55.)

Wenn man die ausgeprägtesten Doppelschwänze betrachtet, so ist es a priori nicht sogleich klar, wie man diese **Missbildung** zu erklären hat. (S. 53.)

Ich habe schon seit meiner ersten Bekanntschaft mit diesen Spermien eine Erklärung für ihre Entstehung gefunden, nämlich durch **Spaltung** des Schwanzes. Meine erneuerten Untersuchungen haben diese meine Auffassungsweise befestigt.

Erstens giebt es eine ganze Reihe von Uebergangsformen zwischen den typisch einschwänzigen und den atypisch doppelschwänzigen; diese Uebergangsformen repräsentieren die verschiedensten Stufen der Spaltung des Schwanzes, von der leisesten Andeutung einer Zweiteilung des Verbindungsstückes des Achsen-

[1]) Biologische Untersuchungen v. G. Retzius. Neue Folge. Bd. X. 1902.

fadens bis zur vollständigen Teilung des ganzen Schwanzes. Diese Spaltung lässt sich aber in ungezwungener Weise dadurch erklären, dass der Achsenfaden nicht nur bei verschiedenen Säugetieren, sondern mit grosser Wahrscheinlichkeit auch beim Menschen aus zwei typisch miteinander dicht verbundenen Fädchen besteht, welche Fädchen aber in einzelnen Fällen mehr oder weniger getrennt angelegt sein können, und zwar bald nur im Verbindungsstück, oder einem Teil desselben, bald auch in einem kleineren oder grösseren Teil des Hauptstückes und sogar des Endstückes.

Zweitens fand ich bei allen diesen Uebergangsformen zwischen den einschwänzigen und den doppelschwänzigen, gerade wie bei den typischen einschwänzigen, stets nur zwei proximale Zentralkörperkörner. Dies spricht nach meiner Ansicht in hohem Grade für die Anschauung, dass diese Gruppe von Doppelschwänzen hinsichtlich ihrer Entstehung auf eine Spaltung des Achsenfadens des Schwanzes zurückzuführen ist. (S. 59.)

In manchen normalen typischen Spermien bemerkt man, vor allem wenn die Hülle des Verbindungsstückes ausgebildet oder oben abgerissen ist, dass das obere Ende des Achsenfadens dieses Stückes eine mehr oder weniger ausgesprochene Andeutung zur Zweiteilung darbietet. Zu **jedem** von diesen beiden Teilfäden gehört ein Centralkörperkorn, welches oft gewissermassen als «Endknopf» über dem Faden gelegen ist. Diese beiden, mehr oder weniger distincten Fäden laufen aber in den typischen Spermien zu einem Faden zusammen. (S. 53.)

Bekanntlich hat man auch an den menschlichen Spermien eine Kopfkappe beschrieben. In der Tat erkennt man bei geeigneter Färbung, vor allem nach Heidenhain, an den meisten Spermien eine dünne Hülle, welche, wie Broman angiebt, etwa die vorderen zwei Drittel oder drei Fünftel des Kopfes dicht anliegend bedeckt; bald reicht sie noch weiter hinab, bald hüllt sie nur die obere Hälfte oder das obere Drittel oder sogar noch weniger ein.» (S. 49.)

Nachdem ich die Beschreibung und Erklärung dieser sogenannten Missbildungen (die für meine Hypothese so wichtig sind) den «Beiträgen zur Kenntnis der Spermien des Menschen» von Retzius entnommen habe, gehe ich nur ganz kurz auf einige

meiner eigenen Beobachtungen ein. Vor allem ist das Vorkommen der zweischwänzigen Spermien ein ungemein häufiges und sehe ich dieselben nicht als Missbildung an — sondern als eine vorzeitige Teilung des Schwanzes, durch Verschwinden der die Axenfäden zusammenhaltenden Hülle.

Bei menschlichen Spermien, die nach Gram'scher Methode behandelt und mit Fuchsin nachgefärbt wurden, konnte ich deutlich statt einer von vielen Autoren beschriebenen Kopfkappe einen richtigen «Sack» unterscheiden, in welchem ein zusammengesetzter Kern, den ich weiter unten beschreiben will, lag. Dass ich mich nicht täusche, ersehe ich aus Spermien, die man in jedem Anstrichpräparat leicht finden kann und bei denen der Kopf vom Mittelstückende abgerissen ist. An solchen kernlosen Spermien sieht man häufig den leeren Kopfsack in kontinuierlicher Verbindung mit den bekannten Protoplasmahüllen des Spermien-Halses und -Fadens. Einmal sah ich sogar den leeren Protoplasmamantel einer Spermie, in welchem weder Kopf, Zentralkörperchen noch Achsenfaden nachzuweisen waren. Ich konnte auch einzelne Uebergangsformen finden, bei welchen der zusammengesetzte Kopfkern den zerrissenen Sack verlässt und machte dabei die interessante Beobachtung, dass 1) beim Austritte der vordere Teil (die heller gefärbte Schneide) unverändert ist; 2) die Schneide mit dem rückwärtigen dunklen Teile mittels einer Brücke verbunden, und 3) dieser rückwärtige Teil sicher elastisch ist, da er beim Auswandern sich verlängert, Bisquitform annimmt und im völlig ausgeschlüpften Zustande wieder die normale Kopfform besitzt. An meinen Präparaten sieht man von den beiden Zentralkörperchen Brücken zum Kopfende ziehen (die aber nicht mit den Achsenfäden zu verwechseln sind). Bei einer Spermie, bei welcher der Kopf gerade abreisst, ist sein hinteres dunkles Ende mit einem Centrosom durch eine Brücke verbunden, während die andere gerissen ist; fast immer konnte ich bei vorhandenen doppelten Centrosomen auch einen, wenigstens teilweise, gespaltenen Faden nachweisen.

Wenn der Kern von den Centrosomen sich trennt — der Kopfsack aber intakt bleibt — so kann der Kern im Sacke eine beliebige Lage einnehmen, und wir erhalten Bilder, in welchen der Kopf dem Verbindungsstück seitlich ansitzt. Mit anderen

Worten: der Kern balanciert in der gemeinsamen Hülle auf den Endknöpfen des Achsenfadens. Wir sehen weiter viele Bruchstücke, in welchen Zentralkörperchen und Faden vereint sind und nur der Kopf abgetrennt erscheint. Aus alldem glaube ich schliessen zu dürfen, dass zwischen Mittelstück und Schwanz eine festere Verbindung besteht als zwischen ersterem und Kopf. Bei der Befruchtung trennt sich auch, vor der Vereinigung des Ei- und Samenkernes, das Mittelstück vom Kopfe ab. Und ich wiederhole hier nochmals meine Meinung, der Schwanz verschwindet nicht, er bleibt vereint mit dem Mittelstück und bewegt sich weiter. Die Bewegung einer Spermie geht aus von dem Protoplasma des Mittelstücks und des Schwanzes, welche auch losgelöst vom Kopfe, für sich der Bewegung fähig sind (Eimer). Diese Erscheinung kann man in jedem lebenden Sperma beobachten.

Ich komme zur Beschreibung der nun folgenden Kernteilung. Im Kern kommt meist das Chromatin in feinen Körnchen vor, die dem Netzwerk zarter Fäden, die aus Linin gebildet sind, aufgelagert sind und sich von ihm durch ihre starke Färbbarkeit, namentlich in Lösungen basischer Kernfarbstoffe unterscheiden. Das Chromatin des Kerns wandelt sich bei der Teilung in eine Anzahl von feinen Fadenabschnitten um, die Chromosomen genannt werden. Ich nehme nun an, dass den Chromosomen die feinen Lininfäden (welche bei der Umwandlung des Kerns verschwunden sind) auflagern. An diese Fäden setzen sich nun die beiden polständigen, von einer Strahlung umgebenen, **geschwänzten Centrosomen** an, und indem diese mit ihren Schwänzen spiralige Bewegungen, die wahrscheinlich der Bewegung der Schrauben zweier Schraubenschiffe, die mit Contredampf auseinander fahren, ähneln, ziehen sich die Lininfäden und die Chromosomen zu den Kernspindeln aus.

Dass solche geschwänzte Centrosomen als physiologisch vorhandene Zellorgane vorkommen, finde ich in der ungemein interessanten Arbeit K. W. Zimmermann's[1]) «Beiträge zur Kenntnis einiger Drüsen und Epithelien.» (S. 693.)

---

[1]) Archiv für mikroskopische Anatomie und Entwicklungsgeschichte Band 52. 1898.

«Das Mikrozentrum zeigt die Form der «Zentralgeissel» in sämtlichen Nierenkanälchen mit Ausnahme der Sammelröhrchen, in dem Ausführungsgangsystem des Pankreas, in den Samenblasen . . . . Es unterliegt keinem Zweifel, dass die in neuerer Zeit von mehreren Autoren (jüngst von Meves für den Menschen) angegebenen Befunde an Spermatiden, bestehend in einem Diplosoma, von dem ein Zentralkörper die Zelloberfläche unmittelbar berührt, und von dem ein Faden, die erste Anlage des Axenfadens, frei über die Zelloberfläche vorragt, identisch sind mit meiner «Zentralgeissel».

Gerade der Umstand, dass die Zentralgeissel der Spermatiden sich zum Bewegungsorgan der Spermatozoen ausbildet, beweist, dass ich mit meiner Vermutung, in dem fraglichen Gebilde eine Geissel, also einen ursprünglich bewegten Apparat sehen zu müssen, Recht gehabt habe. Dass bei den Zellen, an denen ich die Zentralgeissel gefunden habe, die letztere wirklich auch Bewegungen ausführt, ist damit noch nicht bewiesen . . . Schliesslich wäre es ja auch möglich, dass das Gebilde überhaupt nicht mehr funktioniere, sondern nur ein phylogenetisches Ueberbleibsel sei. Es wird jedenfalls eingehender Untersuchungen an lebendem und fixiertem Material bedürfen, um die Frage nach der Bedeutung des fraglichen Zellorgans zu lösen.»

Ueber die Bedeutung der Zentralkörper im allgemeinen und zur Sekretion im speziellen berichtet Zimmermann:

«Ich kam zum Schlusse, dass das Mikrozentrum wahrscheinlich das Zentrum für die das Austreiben des Sekrets aus der Zelle verursachende Protoplasmakontraktion in der Sekretssammelstelle sei.»

«Fassen wir die Hauptmomente dessen zusammen, was wir über die Zentralkörper wissen, so ergibt sich folgendes: Sie liegen bei der Kernteilung in Zentren motorischer Vorgänge, die die **Beförderung** der geteilten Chromatinmassen gegen die Zentren hin zur Folge haben etc. Bei nicht in Teilung begriffenen Zellen finden wir immer die Zentralkörper möglichst nahe an Stellen motorischer Vorgänge . . . . . Ich glaube aus alledem den Schluss ziehen zu dürfen, dass, ganz allgemein

gesprochen, das Mikrozentrum das motorische Zentrum, also das «**Kinozentrum**» der Zelle sei.»

Auf Abbildungen, die Zimmermanns Arbeit beigegeben sind, sehe ich Zentralkörperchen, die von einer Astrosphäre umgeben sind und solche, die geschwänzt sind, keine Sphäre besitzen. Diese Bilder widersprächen anscheinend meiner Ansicht, doch denke ich mir, dass in einer ruhenden Zelle die Zentralgeissel auch bewegungslos ist, wie z. B. ohne chemischen Anreiz der Samensäfte (Prostatasaft, etc.) die Spermien im Hoden ruhig daliegen. Wenn aber beispielsweise die Zelle reif wird, die Kernmembran platzt — so tritt der Kernsaft aus und dient den Zentralgeisseln als Reiz; die Bewegung beginnt, es bilden sich durch dieselbe Sphären, und wir bekommen das Bild der Kernteilung.

Wenn auf diese Weise die Entstehung der normalen Kernspindel und der nachfolgenden Teilung verständlich wird, so wirft dieselbe Hypothese ein gewisses Licht auf die atypischen, mitotischen Figuren (z. B. Triaster der malignen Tumoren). Zur Begründung der nachfolgenden Behauptungen zitiere ich wieder O. Hertwig. Er schreibt auf S. 62, 63 seines obenerwähnten Lehrbuches:

«Bei geschädigter Beschaffenheit der Eizelle jedoch erfolgt Überfruchtung durch zwei oder mehr Samenfäden (Polyspermie). Man kann Überfruchtung künstlich hervorrufen, wenn man die Eizelle auf experimentellem Wege schädigt, sei es, dass man sie vorübergehend in eine höhere oder niedere Temperatur bringt und so in Wärme- oder Kältestarre versetzt, sei es, dass man sie durch chemische Mittel beeinflusst, sie **chloroformiert** oder mit Chloralhydrat, Morphium, Strychnin, **Nikotin**, **Chinin** etc. behandelt, sei es, dass man sie auf mechanischem Wege (durch Schütteln) verletzt. Interessant ist es, bei allen diesen Mitteln zu sehen, wie der Grad der Überfruchtung gewissermassen zu dem Grad der Schädigung in einer Proportion steht, wie Samenfäden sich z. B. in Eier, die schwach mit Chloral behandelt sind, in geringer Anzahl, dagegen zahlreicher in stärker narkotisierte Eier einbohren. Ausser der pathologischen Überfruchtung scheint bei manchen Tierarten, welche sehr dotterreiche Eier besitzen, auch normalerweise eine Überfruchtung

sehr häufig oder sogar in der Regel eintreten zu können; sie könnte daher der ersteren als physiologische Überfruchtung zur Seite gestellt werden. So ist für viele Arthropodeneier das häufige Eindringen mehrerer Samenfäden durch Blochmann und Henking, für die Eier von Amphibien durch Kupffer, Fick und Michaelis, für die Eier von Selachiern und Reptilien durch Rückert und Oppel nächgewiesen worden. Die beiden letztgenannten Forscher haben hierbei die interessante Beobachtung gemacht, dass auch beim Eindringen vieler Samenfäden in das Ei doch nur ein Samenkern mit dem Eikern kopuliert, und dass von ihrem Verschmelzungsprodukt, dem Keimkern, die Kerne aller Embryonalzellen abstammen, während die übrigen in Mehrzahl vorhandenen Samenkerne ausserhalb der Keimscheibe im Dotter liegen bleiben und hier den später zu erwähnenden Merocyten[1]) zum Teil den Ursprung geben.»

Ich stelle mir aber vor, dass, wenn ein Ei geschädigt wird, diese überzähligen Spermatozoen gefährlich werden können, indem sich am Linin-Chromatinknäuel nicht wie normalerweise zwei geschwänzte Centrosomen anheften, sondern 3, 4, 5 und so die Chromatinsubstanz nach drei (Triaster) oder mehreren Richtungen gezogen wird. Selbstverständlich geht dann die Kernteilung immer schneller vorwärts.

Nach dieser Abschweifung ins pathologische Gebiet gehe ich am Schlusse zu der Frage nach dem Verbleibe des geschwänzten Centrosoms der Eizelle über. Auf Seite 42 erklärt O. Hertwig den Reduktionsvorgang wie folgt: «Der Reifeprozess besteht nun darin, dass die in einer Vierergruppe vereinigten Kernsegmente auf vier Zellen verteilt werden, von denen jede ein Segment erhält. Es geschieht dies durch zwei

---

[1]) Meiner Ansicht nach ist bei normalen, nicht geschädigten Eiern die Blutbildung (Wanderzellen), so wie sie Hertwig auf Seite 247 bespricht, sehr gut möglich. Er schreibt: «Bei Selachiern bildet sich der vordere Rand der Keimscheibe zuerst zur Gefässzone um. Hier konnten Rückert und Hoffmann unzweideutige Belege finden, dass die eigentümlichen, oben beschriebenen, mit grossen Kernen versehenen Zellelemente des Dotters (MEROCYTEN) zur Bildung von Blutinseln beitragen, indem sie in Haufen kleiner Zellen zerfallen, sich vom dotterhaltigen Teil des untern Keimblattes ablösen und sich einerseits in die Wandzellen der ersten Gefässe, anderseits in Blutkörperchen sondern.»

Zellteilungen, die sich unmittelbar aufeinander folgen, ohne dass der Kern in den bläschenförmigen Zustand der Ruhe übergeht, und ohne dass dabei eine erneute Spaltung der schon im Keimbläschen vorbereiteten Segmente eintritt.»

Ich nehme nun an, dass das geschwänzte Centrosom der unreifen Eizelle sich beim Reifeprozess in zwei teilt; eines von diesen nimmt die Hälfte der Kernsegmente und führt sie als erste Polzelle aus dem Ei, das zweite geschwänzte Centrosom übernimmt ein Viertel und bildet die zweite Polzelle. Das verbliebene Viertel ist die Chromatinmasse des reifen Eies, und da beide Centrosome mit den Polzellen ausgewandert sind, enthält die reife Eizelle kein eigenes Centrosoma. Die Centrosomen der ersten Furchungsspindel werden daher durch den Spermatozoon bei der Befruchtung in das Ei neu eingeführt.

Bei Eiern, die sich ohne Befruchtung entwickeln können, bildet sich nur ein Polkörperchen. Im Ei bleibt also die Hälfte der Chromatinsubstanz und ein geschwänztes Centrosom, welches die Astrosphäre, die sonst nach meiner Hypothese bei der Parthenogenese unmöglich wäre, bildet.

Wenn die Protoplasmastrahlungen nichts anderes als die im Dotter hinterlassene Spur der Schwanzbewegung sind — so müsste man annehmen, dass auch der Samenkopf eine solche Spur ziehen müsste; in pigmentlosen Eiern ist aber keine sichtbar — weil der Faden (entsprechend dem Fuchsschwanze) die Spur verwischt.

Durch die verschiedene Konsistenz des Protoplasma erklärt sich auch ohne weiteres das Ausbleiben der Sphärenbildung, indem in zu flüssigem Plasma selbstverständlich keine Spuren zurückbleiben können, während im Zentrum der Eikugel, wo sich die Vorkerne vereinigen, das Protoplasma dichter als an der Peripherie ist und um die Centrosomen sieht man auch daher die Sphärenbildung.

Bei der Befruchtung des Eies von Ascaris megalocephala bivalens kann man die Drehung des plumpen, langsam sich bewegenden Samenschwanzes im Protoplasma beobachten, es treten keine Sphären auf. Während der Vereinigung der beiden Kerne teilt sich Mittelstück und Schwanz, dadurch wird er

dünner, zieht sich in die Länge und bei der Furchung sieht man um die Centrosomen je eine Sphäre.

Die Hypothese von der Entstehung der Astrosphären durch hinterlassene Protoplasmaspuren des Spermienschwanzes hoffe ich zu beweisen, indem ich:

1. die Samenzellen intravital, ohne sie zu schädigen, zu färben suche und auf diese Weise die Bewegungen des Schwanzes während der Befruchtung von durchsichtigen Eiern beobachte, während welcher die Astrosphären ja entstehen. Dass überhaupt strahlenförmige Figuren von der Bewegung eines Fadens zustande kommen können, lässt sich noch durch folgendes einfache Experiment zeigen. Zwischen Deckglas und Objektträger wird eine dünne Schicht eines körnchenhaltigen (Kreide) Stärkekleisters ausgebreitet. An eine Kante des Deckglases bringt man Zuckerlösung, an die andere einen Wassertropfen mit langschwänzigen Flagellaten, die durch den Kleister zum Zucker wandern. Die Strahlen werden hier immer nur an einer Seite zu finden sein, da sich eben der Kopf nicht dreht wie im kugeligen Ei;
2. die Reihenfolge der Entstehung der einzelnen Aureolastrahlen verfolge und
3. durch Betrachtung im polarisierten Lichte den Schwanz sichtbar zu machen suche.

Im kommenden Frühjahre hoffe ich an der Internat. Zoolog. Station Neapel einen Arbeitsplatz zu bekommen und werde mich bemühen, die aufgeworfenen Fragen zu lösen.