

Nachdruck verboten.
Übersetzungsrecht vorbehalten

Institut für experimentelle Biologie Moskau.

Über die Axopodien der Heliozoa und die Greiftentakeln der Ephelotidae.

Von
Gr. Roskin.

(Hierzu 9 Textfiguren.)

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
1. Einleitung	207
2. Histogenese der Axopodien von <i>Actinosphaerium Eichhorni</i>	208
3. Die Struktur des Axialfadens	210
4. Axopodien von <i>Actinophrys sol</i>	214
5. Greiftentakeln der Ephelotidae	215
6. Zusammenfassung	215
7. Literaturverzeichnis	216

Einleitung.

Die Literatur, welche dem Studium der Axialfäden und besonders des von *Actinosphaerium* gewidmet ist, ist nicht groß. Gewöhnlich beschränken sich die Forscher auf die aller kürzesten und oberflächlichen Bemerkungen über die Natur und die Struktur der Axialfäden.

Am genauesten untersuchte sie BRAND (1878) und DOFLEIN (1916). BRAND schreibt, daß die Axialfäden aus Ectosark differenzieren und daß dieser letztere sie alsbald wieder auflösen könne; BRAND behauptet, daß die Lösungsfähigkeit des Axialfadens sehr verschieden

sei und von der Zeit seiner Bildung abhängt und daß mit der Zeit diese Lösungsfähigkeit stark sinke. BRAND erklärt das dadurch, daß der neugebildete Axialfaden aus reinem „Vitellin“ bestehe, in welchen sich mit der Zeit irgendwelche Stoffe mischen, die die Resistenz des AuflöSENS bedingen. BRAND'S Beobachtungen sind ganz richtig: die Axialfäden sind wirklich temporäre Bildungen, welche bald verschwinden, bald wieder erscheinen, während des ganzen Lebenscyklus des *Actinosphaerium*.

Die Axopodien von *Actinosphaerium* wurden von DOFLEIN mittels Paraboloidkondensor untersucht und derselbe zeigte, daß der Axialfaden eine fibrilläre Struktur hat, was vollständig mit meinen Beobachtungen stimmt; DOFLEIN aber meint, daß die Axialfäden nur einfache fibrilläre Bündel sind; nach meinen Beobachtungen ist die Struktur der Axialfäden komplizierter.

Die Beobachtungen wurden an lebenden sowie auch an verschiedenen bearbeiteten Objekten ausgeführt. Die besten Resultate wurden bei der Fixierung nach der Methode MEWES und BOUIN erhalten, wobei wir die Schnitte mit Eisenhämatoxylin färbten und mit Toluidin-Alizarin (nach BENDA) sowie nach der Methode von MALLORY. Einen großen Nutzen zogen wir bei unserem Studium aus den Totalpräparaten von *Actinosphaerium*, die wir folgendermaßen erhielten: auf den Organismus, welcher auf den Objektträger mit möglichst wenig Flüssigkeit gebracht wurde, wurde von einer gewissen Höhe ein Deckgläschen geworfen, auf dessen unteren Fläche sich ein Tropfen Fixator befand; auf diese Weise entstanden gleichzeitig ein Zerdrücken des Organismus und eine Fixation desselben.

Histogenese der Axopodien von *Actinosphaerium Eichhorni*.

Von dem Körper des *Actinosphaerium* gehen in langen Strahlen die Axopodien ab, in welchen man deutlich die Axialfäden sehen kann, welche oft in unmittelbarer Nähe von dem Kern anfangen und bis zum Ende des Axopodiens in nadelförmigen Bildungen gehen. Auf der ganzen Ausdehnung außerhalb des Körpers sind die Axialfäden von Protoplasma bedeckt, dessen flüssige Eigenschaften wahrscheinlich denjenigen des Hyaloplasmas entsprechen.

Wir wollen jetzt den Bildungsprozeß der Axialfäden beobachten. Bei Untersuchung des Körpers des *Actinosphaerium* kann man zuweilen außer den gewöhnlichen strahlenförmigen, höchst elastischen Axopodien auch noch kleine, breite protoplasmatische Aussprünge

bemerken, in welchen man vergebens den Axialfaden suchte. In diesen Aussprüngen dehnen sich anstatt des Axialfadens, mitten in dem homogenflüssigen Plasma, in der Form eines breiten Säulchens Fäden eines dichteren, anders lichtbrechenden Plasmas aus. Diese Fäden sind allerdings keine festen Fibrillen, sondern eher auf bestimmte Weise orientierten Ströme des flüssigen Plasmas — die Fibrilloiden. Auf der Fig. A ist ein neu gebildetes, neu erschienenes Axopodium mit dem Anfangsstadium der Bildung des Axialfadens dargestellt.

Der fernere Prozeß der Formierung des Axialfadens geht folgendermaßen: der breite Auswuchs des soeben erschienenen Axopodiums verlängert sich allmählich; gleichzeitig wird es schmaler;



Fig. A.

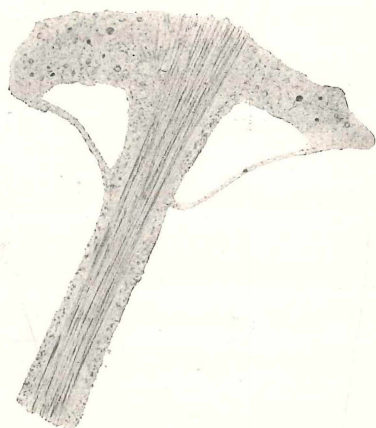


Fig. B.

die fadenartigen Ströme des Plasmas (Fibrilloiden), welche sich zuerst auf dem größten Teil der Axopodien verbreiteten, kondensieren sich jetzt in der Mitte, jeder einzelne Faden aber richtet sich auf und wird deutlicher. Diese Erscheinungen sind für das zweite Stadium der Formierung des Axialfadens charakteristisch (Fig. B). Dann kommen die einzelnen Fäden immer mehr zusammen, bis sie endlich zusammenfließen.

Vom Gesichtspunkte der Veränderung des Aggregatzustandes charakterisiert sich der Formierungsprozeß des Axialfadens durch einen Übergang der fadenartigen Ströme des Plasmas (Fibrilloiden) vom flüssigen Zustande in einen festen oder halbfesten Zustand.

Daß im Anfang die Fibrilloiden die Eigenschaften der Flüssigkeit haben, zeigt sich in ihrer Fähigkeit zusammenzufießen.

Im Laufe des Prozesses werden die flüssigen Eigenschaften der Fibrilloiden allmählich in den Hintergrund gedrängt und die Eigenschaften des festen Zustandes treten immer deutlicher hervor, aber immerhin sind die Eigenschaften des flüssigen Zustandes noch lange deutlich genug zu bemerken und die Elastizität des jungen Axialfadens ist im Anfang noch recht unvollkommen. Erst nach einiger Zeit verwandelt sich das gegen jeden Druck empfindliche Axopodium in eine gewöhnliche elastische Form. Schon in diesem Zustande ist der Axialfaden nur imstande, sehr langsame und recht einförmige Änderungen in seiner Form zu vollbringen. Immerhin beweisen diese beschränkten Bewegungen, daß der Axialfaden auch im erwachsenen Zustande nicht aus einem festen Stoff, sondern aus einem flüssigen mit überwiegenden festen Anzeichen besteht.

Die Struktur des Axialfadens.

Wie ist denn der Bau der gänzlich formierten Axialfäden?

Im erwachsenen Zustande erscheinen sie nicht als gleichartig gebaute Nadeln, sondern als Röhren, deren Wände ganz deutlich eine verschiedene Färbung von dem sie umgebenden Plasma haben (Fig. C a). Diese Röhren sind nicht porös, sondern mit Plasma

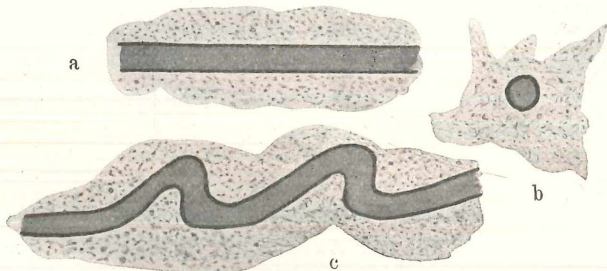


Fig. C.

gefüllt, welches sich mit gewöhnlichen sauren Farben färbt, nur bedeutend stärker und dichter ist als das Cytoplasma. Überhaupt ist zu bemerken, daß das Plasma, welches den Axialfaden füllt, eine sehr zähe Konsistenz hat. Die Zeichnungen der Querschnitte beweisen auch deutlich den röhrenförmigen Bau des Axialfadens (Fig. C b).

Das Faktum, daß wir in unseren Beobachtungen eine Unterbrechung hatten und zwar zwischen dem Kondensationsstadium der

Fäden und des vollständig formierten Axialfadens, zwang uns, irgendwelche indirekten Andeutungen darauf zu finden, daß die Wände des Axialfadens tatsächlich aus Fibrillen bestehen. Und in der Tat, es gelang uns bald, auf den Abschnitten derartiges zu entdecken, was unsere Vermutung bekräftigte, namentlich ist es in den gebrochenen oder scharf verbogenen Axopodien an den Stellen der größten Krümmung deutlich sichtbar, wie der Axialfaden in ein Bündel einzelner Fibrillen übergeht (Fig. D).

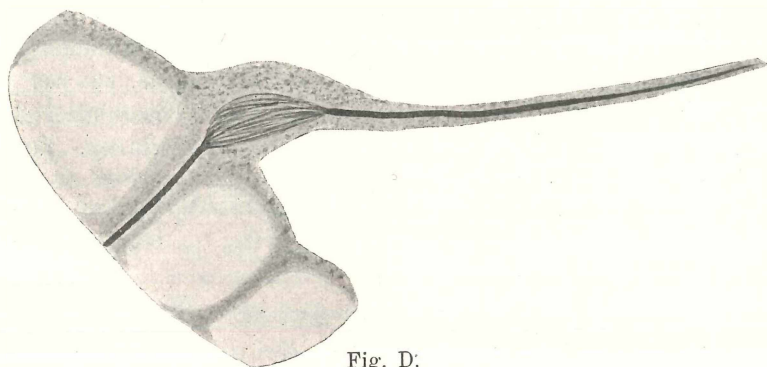


Fig. D.

Außerdem kann man auf den Präparaten, welche man zuerst eine kurze Zeit mit schwacher Essigsäure bearbeitete und dann nach der Methode MEWES fixiert und mit Eisenhämatoxylin gefärbt hatte, das Zerfallen des Axialfadens in Fibrillen und zwar auf recht

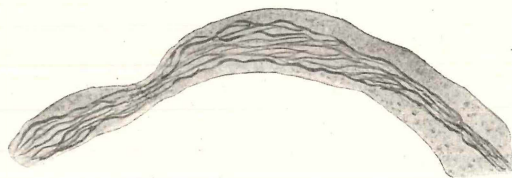


Fig. E.

großen Abschnitten beobachten (Fig. E). Es ist bemerkenswert, daß diese Fibrillen sich durch ihre dicke Struktur von der fadenartigen Struktur der Anfangsstadien der Formierung unterscheiden, außerdem durch ihre Massigkeit und durch ihren dementsprechend größeren Farbenglanz auf den Präparaten.

Die letzte Beobachtung kann als Hinweis auf die Wahrscheinlichkeit dafür dienen, daß die Prozesse der Auflösung, des Verschwindens der Axialfäden in verschiedenen Perioden des Lebens

der Actinosphaerien das Stadium eines vorläufigen Zerfallens in einzelne Fibrillen durchmachen müssen, wenn auch dieses Stadium sehr kurz ist. Mit dem Zerfallen des Axialfadens verschwindet auch die Elastizität der Axopodie. Es war uns höchst interessant, das Abwechseln der Zustände der Axopodien mit der ähnlichen, aber bedeutend rascheren Verwandlung bei der heliozoaähnlichen Form der *Vampyrella lateritia* der gewöhnlichen Pseudopodie in eine elastische Form zu vergleichen, obgleich man in vivo bei *Vampyrella* keine besondere Struktur bemerkt, welche die Erscheinung der Elastizität bei dem Pseudopodium bedingen würde.

Es handelt sich wahrscheinlich um rasche Änderungen des Aggregatzustandes der inneren Schichten des Plasmas, in welchen abwechselnd bald die Eigenschaften eines festen Zustandes, bald diejenigen eines flüssigen Zustandes zu dominieren beginnen. Ferner bemerkten wir bei Beobachtungen von *Actinosphaerium* in sehr schwachen Essigsäurelösungen, daß in den isolierten Axialfäden infolge des Zerfallens (resp. des Auflörens) des protoplasmatischen Körpers unter dem Einfluß der Säure Erscheinungen des Schwellens stattfinden (Fig. F), welche sehr den analogen Erscheinungen bei den Spermatozoiden gleichen (KOLTZOFF 1905 und 1907). Diese Erscheinungen des Schwellens fangen mit einem lokalen Schwellen an und endigen mit dem Zusammendrehen des Axialfadens. Um eine größere Klarheit in den Schilderungen zu erhalten, hatten wir die verschiedenen Stadien der Änderung der isolierten Axialfäden gefärbt, indem wir Triacidlösung nach BIONDI-EHRLICH unter dem Deckgläschen durchleiteten.

Jetzt werden wir die Form beobachten, in welcher die Leistung der Axialfäden vor sich geht, denn diese letztere kann nicht nur als Nachprüfung der Erklärung über die Axialfädenprüfung dienen, sondern alle Einzelheiten des Prozesses selbst können auf die Existenz neuer morphologischer Besonderheiten hinweisen. Schon längst weiß man, daß *Actinosphaerium* bestimmte Bewegungen ausführen kann, und BÜTSCHLI, indem er die Vermutungen der Ursachen dieser Bewegung kritisch auseinandersetzte, schloß sich der Meinung von KOHN, CLAPARÈDE und LACHMANN an, welche behaupteten, daß die Ursache der Bewegung in der Verkürzung der Axopodien liege. In der letzten Zeit haben PÜTTER und SCHUBERG die Vermutung ausgesprochen, daß die Bewegung der Axopodien aus der Abwechslung der Kontraktion des flüssigen Plasmas mit dem durch die elastische Achse ausgeführten Widerstand zustande kommt. Auf diese Weise erscheinen die Axialfäden nach der Theorie von PÜTTER

und SCHURERG als feste, ausgeschlossen formbestimmende Fibrillen, „von deren Verkürzung durchaus keine Rede sein kann“, wie es BIEDERMANN behauptet (1909).

HEIDENHAIN (1911), der keine bestimmte Theorie betreffend der Bewegung der Axopodien ausspricht und die Thesen von PÜTTER und SCHUBERG kritisiert, schließt auf Grund seiner Beobachtungen über verschiedene Pseudopodien folgendes: „Daß die Differenzierung in Achse und Rinde, wie sie gelegentlich vorkommt (Heliozoen, einige Radiolarien usw.) und wie sie SCHUBERG nunmehr auch für die Cilien zunächst der Infusorien in Anspruch nimmt, von sekundärer Bedeutung ist und eventuell einem anderen biologischen Zwecke dient. Man könnte beispielsweise daran denken, daß in der beweglicheren Rindensubstanz diejenigen Stoffe geführt werden, welche bei der Cilienbewegung als Kraftquelle dienen.“

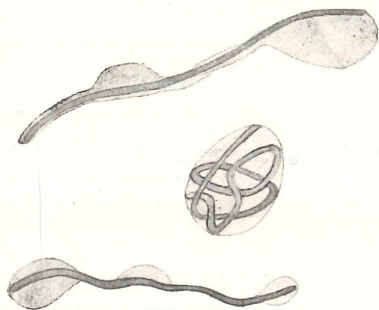


Fig. F.

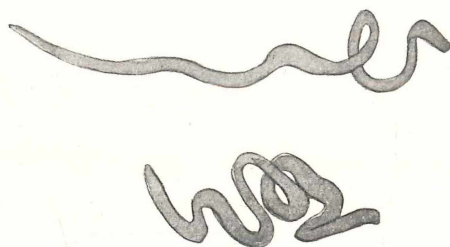


Fig. G.

Nachdem wir zahlreiche Beobachtungen über die Bewegung der Axopodien ausführten, fanden wir, daß bei gewöhnlichen Bedingungen diese Bewegungen sehr gering sind und stets von wellenartigen Einziehungen der Teile der Axialfäden begleitet sind, die innerhalb des Körpers verlaufen (Fig. Cc). Die vom Fixator hervorgerufenen sehr scharfen Bewegungen führen ein spirales Drehen der Axopodien und Axialfäden herbei (Fig. G).

Darauf gelang es uns, die Axialfäden ganz abzusondern, indem wir das *Actinosphaerium* in starke Glykoselösung legten, da die Axialfäden unter diesen Bedingungen eine ganze Reihe von Veränderungen durchmachen.

Zuerst schwellen die Axialfäden an den Spitzen an, darauf erscheinen Schwellungen in verschiedenen Teilen des Fadens, gleichzeitig entstehen Biegungen (Torsionen), sowie auch Trennungen in einzelne Teile, und endlich zerfallen diese Teile in Tropfen (Fig. H).

In diesen Veränderungen ist sehr charakteristisch die Leichtigkeit, mit welcher die Axialfäden ihre Festigkeit verlieren, rasch erweichen und die Fähigkeit gewinnen, die wunderlichsten Formen anzunehmen.

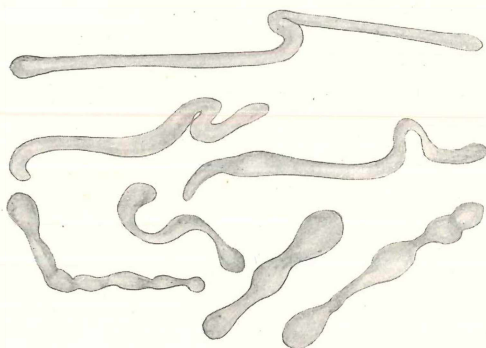
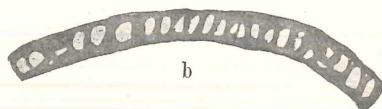


Fig. H.

ches vor der Fixierung auf kurze Zeit mit einer schwachen Essiglösung oder Glykoselösung behandelt wurde, kann man die Anfangs-



a



b

Fig. J.

stadien des Prozesses der Vakuolisierung der inneren Schicht des Plasmas der Axialfäden sehen (Fig. J).

kontraktile Stiel von *Zoothamnium* (KOLTZOFF 1910), in Muskelfasern von *Hydra* oder in den Myonemen von *Stentor* (ROSKIN 1923).

Die Axopodien von *Actinophrys sol.*

Die Axopodien von *Actinophrys* stimmen in ihrem Bau mit den Axopodien von *Actinosphaerium* überein. Die Axialfäden von *Actinophrys* stellen hohle nadelförmige Gebilde vor. Ihre Außenschicht besitzt fibrilläre Struktur und der innere Hohlraum ist mit homogenem Protoplasma (Kinoplasma) ausgefüllt. Die Axialfäden stützen sich unmittelbar auf die Kernmembran, welche infolgedessen zum Skelettsystem dieser Zelle mitgerechnet werden kann.¹⁾

¹⁾ Hier muß ich auf die wertvollen Untersuchungen von K. BĚLAŘ (1923) über *Actinophrys* hinweisen.

In Lösungen von NaCl (0,75 proz.) fanden analoge Erscheinungen statt, aber in diesem Falle bleiben die einzelnen Tropfen lange miteinander verbunden, wobei die Verbindungsstellen an der Stelle ihres Ansatzes an die Tropfen etwas breiter werden.

Auf Schnitten durch ein *Actinosphaerium*, wel-

ches vor der Fixierung auf kurze Zeit mit einer schwachen Essiglösung oder Glykoselösung behandelt wurde, kann man die Anfangs-

stadien des Prozesses der Vakuolisierung der inneren Schicht des Plasmas der Axialfäden sehen (Fig. J).

Diese Zerfallerscheinungen des Axialfadens in Tropfen oder das Erscheinen einer Reihe von Vakuolen in seinem inneren flüssigen Plasmasäulchengleichen den analogen Prozessen in dem

Die Greiftentakeln der Ephelotidae.

Wir haben auch die Axialfäden der Greiftentakeln von *Ephelota gemmipara* beobachtet und wir können bestätigen, daß diese Organoiden auch dieselbe Struktur wie die der Heliozoa haben. Die Axialfäden der Ephelotidae gleichen einem Röhrchen, welches gegen das Ende zu enger wird (einer Nadel ähnlich). Die Wände des Röhrchens sind fest, und man kann darin eine fibrilläre Struktur entdecken; das Röhrchen ist mit flüssigem Protoplasma gefüllt (Kinoplasma), dessen Aggregatänderungen die Axialfäden in Bewegung bringen. Alles, was von der Struktur der Heliozoa erwähnt wurde, kann auch ohne jegliche Veränderung von den Greiftentakeln gesagt werden. Also wird die Vergleichung der Axialfäden der Heliozoa mit Axialfäden der Greiftentakeln, welche schon längst von ISCHIKAWA hypothetisch behauptet wurde, ihre Bestätigung finden.

Zusammenfassung.

Die Erscheinung des Tropfenzerfallens oder die Erscheinung von Vakuolen in der flüssigen inneren Schicht des Plasmas erinnern an die ähnlichen Prozesse in dem Stiele von *Zoothamnium* (KOLTZOFF 1910), in den Muskelfasern von *Hydra* oder in den Myonemen der Infusoria (ROSKIN 1923).

Der Axialfaden ist, ähnlich allen obenerwähnten Organoiden, ein kleines Röhrchen mit Plasma gefüllt, dessen Wände sehr ausgesprochene skeletartige Eigenschaften besitzen, was in enger Beziehung mit einer sehr geringen Kontraktilität der Axialfäden steht.

Die Kontraktilität der Axialfäden ist mit einer gewissen Erweichung der Wände des Röhrchens verbunden, was vollständig mit der Fähigkeit, ihren Aggregatzustand rasch zu ändern, übereinstimmt.

Ähnlich wie die Erscheinungen, die wir bei den Muskelfasern von *Hydra*, bei den Myonemen der Infusoria (ROSKIN 1923) usw. beobachtet hatten, ist die Kontraktilität des Axialfadens auch ebenso mit der flüssigen inneren Plasmaschicht verbunden.

In den Axialfaden haben wir ein Beispiel eines Organoides, in welchem auf engste Weise die kontraktilen und die formbestimmenden Eigenschaften verbunden sind.

Literaturverzeichnis.

- BIEDERMANN: Vergleichende Physiologie der irritablen Substanzen. *Ergebn. d. Physiol.* 1909.
- BRAND: Über Axenfäden der Heliozoa. *Sitz.-Ber. d. Ges. Nat. Freunde zu Berlin* 1878.
- DOFLEIN: Protoplasma und Pseudopodien der Rhizopoden. *Zool. Jahrb.* 1916.
- KOLTZOFF: Studien über die Gestalt der Zelle. I. *Arch. f. Anat.* 1906.
- : Studien über die Gestalt der Zelle. III. *Arch. f. Zellf.* 1912.
- LEWIS, M.: Reversible gelation in living cells. *Bull. John Hopkins Hosp.* 1923.
- PUETTER: Die Flimmerbewegung. *Ergebn. d. Physiol.* 1904.
- ROSKIN: La structure des myonèmes des infusoires. *Bull. Biol. France Belgique* 1923.
- : Die Cytologie der Kontraktion der glatten Muskelzellen. *Arch. f. Zellforsch.* 1923.
- SCHUBERG: Über Cilien und Trichocysten. *Arch. f. Protistenk.* 1905.
- SEIFRIZ: The structure of Protoplasma and of inorganic gels: an analogy. *Brit. Journ. of exp. Biol.* 1924.
-

Die Fig. A, B, C, E, F, G, H, J sind mit Apochr.-Immers. 1,5 mm in Verbindung mit Comp. Oc. 12 entworfen. Die Fig. D ist mit Apochrom.-Immers. 1,5 mm in Verbindung mit Comp. Oc. 6 entworfen.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1925

Band/Volume: [52 1925](#)

Autor(en)/Author(s): Roskin Gr.

Artikel/Article: [Über die Axopodien der Heliozoa und die Greiftentakeln der Ephelotidae 207-216](#)