

Der submikroskopische Bau des Chromatins.

III. Mitteilung: Über die Doppelbrechung der Isosporenkerne von *Thalassicolla*.

Von

Prof. W. J. Schmidt (Gießen, Zool. Institut).

(Hierzu Tafel 13.)

Inhaltsübersicht.

	Seite
Einleitung	611
Über die Doppelbrechung der Isosporenkerne von <i>Thalassicolla</i>	612
1. Zur Orientierung über Bau und Fortpflanzung von <i>Thalassicolla</i>	612
2. Die bisherigen Angaben über die Doppelbrechung von Kernen und anderen Teilen des Körpers bei <i>Thalassicolla</i>	613
3. Das Untersuchungsmaterial und -verfahren	614
4. Die Doppelbrechung der Kerne im natürlichen Zustand und unter dem Einfluß von Entquellung	616
5. Das Verhalten der Doppelbrechung unter mechanischen Einflüssen und die Fibrillenbildung des Chromatins	619
6. Bemerkungen über die Doppelbrechung anderer Teile des Körpers von <i>Thalassicolla</i>	622
Zusammenfassung der Hauptergebnisse	623
Tafelerklärung	624

Einleitung.

Wie schon in der zweiten Mitteilung¹⁾ kurz bemerkt, habe ich die Untersuchungen über die Doppelbrechung des Chromatins bei peripyleen Radiolarien auch auf Collodarien, auf *Thalassicolla*, ausgedehnt.

¹⁾ Arch. f. Protistenk. Bd. 77 (1932) p. 463. Vgl. weiter W. J. SCHMIDT, Die Ergebnisse der NÄGELI'schen Micellarlehre bei der Erforschung des Organismus, Die Naturwiss. Bd. 16 (1928) p. 900—906.

Freilich ist hier die Stärke der optischen Anisotropie bei den lebenden Kernen sehr viel geringer als bei den Sphaerozoen (vgl. S. 615 u. 618); aber im Ausgleich dazu bietet das Objekt nach anderer Richtung hin ungewöhnliche Vorzüge. Bei den Sphaerozoen läßt sich, im frischen Zustand, bestenfalls die Doppelbrechung der Kerne innerhalb einer einzelnen aus der Gallerte isolierten Zentralkapsel prüfen; denn bei dem Eröffnen der Kapsel erlischt die Doppelbrechung so gleich, weil das eindringende Wasser das Chromatin zum Quellen bringt. Der Inhalt der Kapsel ist aber zu winzig, als daß er ohne irgendeine Zusatzflüssigkeit eingehender mikroskopischer Untersuchung zugänglich wäre; hier könnte höchstens das Ausproben nicht Quellung erzeugender und auch im übrigen indifferenten Flüssigkeiten weiterführen.

Die Zentralkapsel von *Thalassicolla* dagegen, die sich bei ihrer Größe und Derbheit mit Leichtigkeit aus dem Körper des Tieres herauschälen läßt, birgt, wenigstens zur Zeit der Isosporenbildung, außer Hunderttausenden von Kernen und anderen festeren Einschlüssen reichlich Flüssigkeit von fast wässriger Beschaffenheit. Öffnet man also eine isolierte Kapsel auf einem trockenen Objektträger, so ergießt sich die Flüssigkeit mitsamt den Kernen darauf und kann nach Auflegen eines Deckglases ohne jeden Zusatz untersucht werden. Jeder einzelne der zahllosen Kerne freilich ist klein, wenn auch chromatinreich. Durch einen einfachen Kunstgriff aber (s. S. 622) lassen sich alle diese Kerne zu einer zusammenhängenden Masse vereinen, so daß nun frisches Chromatin in einer Reinheit und Menge vorliegt, wie es sonst wohl nirgendwo geboten ist. Mit dieser Chromatinmasse lassen sich dann die verschiedensten Versuche bequem anstellen.

Über die Doppelbrechung der Isosporenkerne von *Thalassicolla*.

1. Zur Orientierung über Bau und Fortpflanzung von *Thalassicolla*¹⁾.

Die von mir in der Hauptsache benutzte Form, *Thalassicolla nucleata* HUXLEY, ist kugelig, erreicht (ohne Pseudopodien) bis einen

¹⁾ Außer der älteren Arbeit von R. HERTWIG „Zur Histologie der Radiolarien“ Leipzig 1876 vgl. vor allem: K. BRANDT, Beiträge zur Kenntnis der Colliden. Arch. f. Protistenk. Bd. 6 (1905) p. 245—271; M. HARTMANN u. E. HAMMER, Untersuchungen über die Fortpflanzung von Radiolarien, Sitz.-Ber. Ges. naturf. Freunde, Berlin 1909, p. 228—248; W. HUTH, Zur Entwicklungsgeschichte der Thalassicollen, Arch. f. Protistenk. Bd. 30 (1913) p. 1—124; K. BELAR, Der Formwechsel der Protistenkerne, Fortschr. u. Ergebn. d. Zool. Bd. 6 (1926) p. 235—654 (vgl. insbesondere p. 336, 515—520, 523).

halben Zentimeter im Durchmesser und umschließt in der Mitte die Zentralkapsel, deren Wand von einer derben, polygonal gefelderten und von Poren durchsetzten Membran gebildet wird. Das intrakapsulare Protoplasma enthält außer dem (im vegetativen Zustand in Einzahl vorhandenen, großen bläschenförmigen) Kern zahlreiche Vakuolen, Ölkugeln und, eingehüllt in sog. Eiweißkugeln, Konkretionen. Der extrakapsulare Teil des Tieres besteht aus vakuolenreichem Protoplasma, aus dem die feinen, allseits radial ausstrahlenden Pseudopodien hervorgehen und in das reichlich Gallerte und, unmittelbar um die Zentralkapsel herum, schwarzes Pigment eingelagert ist.

Die in manchen, für unser Vorhaben freilich in wesentlichen Einzelheiten noch nicht restlos geklärte Fortpflanzung vollzieht sich durch begeißelte Schwärmer, die BRANDT als Isosporen und Anisosporen unterscheidet. Beider Bildung geht von dem bläschenförmigen Kern des vegetativen Individiums aus und führt schließlich zu überaus zahlreichen kleinen Kernen, welche die Zentralkapsel erfüllen und um deren jeden eine gewisse Menge intrakapsularen Protoplasmas sich abgliedert. Abgesehen von der hier nicht näher interessierenden Art, in der die Sporenkerne aus dem vegetativen Kern hervorgehen, und von Einzelheiten im Verhalten der Mitosen, die zur Vermehrung der Kerne führen, unterscheiden sich Iso- und Anisosporenbildung dadurch, daß die Kerne bei der letzten während ihrer Vermehrung in radial gelagerten Schläuchen in der Zentralkapsel angeordnet erscheinen; bei der Isosporogonie dagegen tritt eine derartige Gruppierung in keinem Stadium der Entwicklung auf.

2. Die bisherigen Angaben über die Doppelbrechung von Kernen und anderen Teilen des Körpers bei *Thalassicolla*.

K. BRANDT, der Entdecker der Doppelbrechung bei den Isosporenkernen der Sphaerozoen, hat auch als erster die optische Anisotropie von Kernen bei *Thalassicolla* festgestellt. Doch sind seine diesbezüglichen Angaben sehr kurz gehalten, beschränken sich auf die Bemerkung, daß die Isosporen der Colliden sich von jenen der Sphaerozoen in bemerkenswerter Weise dadurch unterscheiden, daß der Kern stets nur sehr schwach doppelbrechend ist (1905, a. a. O. p. 253).

W. HUTH (1913, a. a. O. p. 9) sagt in seiner Arbeit zur Entwicklungsgeschichte der Thalassicollen: „Untersuchungen in polarisiertem Licht ergeben fast durchweg negatives Resultat, nur die bei zwei-

kernigen *Thalassicollen* beschriebenen büschelförmigen Kristallkörper waren doppelbrechend.“ Er fügt aber hinzu, daß er an lebenden Objekten keine diesbezüglichen Beobachtungen anstellen konnte.

So scheint es dann, als ob ebenso wie die wertvollen Beobachtungen BRANDT's über die Isosporenkerne der Sphaerozoeen, so auch seine entsprechenden Feststellungen bei *Thalassicolla* von späteren Untersuchern nicht mehr nachgeprüft wurden.

Weiter teilt BRANDT (a. a. O., p. 247 u. 248) mit, daß die Konkretionen in den Eiweißkugeln doppelbrechend sind.

3. Das Untersuchungsmaterial und -verfahren.

Das Sammeln und Untersuchen des frischen Materials geschah im März und April 1928 an der Zoologischen Station Neapel. Die *Thalassicollen* waren nicht gerade im Überfluß erreichbar; jedoch erwies sich der Umstand als günstig, daß weitaus die meisten Tiere sich in Sporenbildung befanden. Da ich nun mehrere Wochen hindurch täglich einige Exemplare erhielt, konnte ich doch die Beobachtungen genügend ausbauen und die wichtigeren Versuche mehrmals wiederholen.

Das Material bestand fast nur aus *Thalassicolla nucleata* HUXLEY, leicht kenntlich an dem blauschwarzen, mehr oder minder dicht um die Zentralkapsel herum angehäuften Pigment.

Nur wenige Tiere befanden sich in vegetativem Zustand, d. h. umschlossen in ihrer Zentralkapsel einen, großen bläschenförmigen Kern mit wurstähnlichen „Nucleolen“. An solchen Kernen habe ich niemals Doppelbrechung wahrgenommen, weder im frischen Zustand, noch nach Behandlung mit absolutem Alkohol.

Die meisten Individuen dagegen enthielten in der Zentralkapsel zahllose kleine Kerne neben reichlichen oder spärlichen Ölkugeln und Konkretionen, eingebettet in ein sehr flüssiges Protoplasma. Da ich in keinem Falle auch nur Andeutungen einer schlauchartigen Anordnung der Kerne gesehen habe, muß ich diese Stadien als zur Isosporenbildung gehörig betrachten (s. S. 615). Ein sicherer Entscheid hätte sich freilich in manchen Fällen nur an gefärbten Schnitten des Objektes treffen lassen oder auch an reifen Schwärmern, denen ich indessen bei *Thalassicolla nucleata* niemals begegnete. Weil ich aber für die Untersuchung der Doppelbrechung im wesentlichen auf die frische Zentralkapsel angewiesen war, würde es auch wenig geholfen haben, wenn ich diese oder jene Zentralkapsel geschnitten

hätte, da dann der Befund bei den frisch untersuchten immer noch zweifelhaft geblieben wäre.

Daß die Gebilde, an denen die später zu beschreibende Doppelbrechung wahrnehmbar war, tatsächlich die Kerne sind, habe ich mehrfach dadurch sichergestellt, daß ich einen Teil des Inhalts einer Zentralkapsel frisch untersuchte, einen anderen Teil derselben Kapsel fixiert (mit absoluten Alkohol oder Sublimat) und gefärbt (mit Hämalaun oder Boraxkarmin oder Gentiaviolett). Stets ergab sich, daß die Gebilde, welche im frischen Zustand die charakteristische Doppelbrechung zeigten, gemäß ihrem färberischen und strukturellen Verhalten Kerne sind. Besonders deutlich wurde das bei alkoholfixierten Boraxkarminpräparaten, da hier auch nach der Färbung die Doppelbrechung bei vielen Kernen erhalten blieb, ähnlich wie es BRANDT für die doppelbrechenden Kerne der Sphaerozoen geschildert hat. Und wenn andererseits in dem Zentralkapselinhalt die zahlreichen kugeligen Gebilde mit der charakteristischen Doppelbrechung fehlten, so waren in demselben Objekt auch nicht mittels Färbung Kerne nachweisbar.

Die Untersuchung am frischen Material erfolgte in der bereits S. 614 kurz angedeuteten Art. Eine herausgeschälte Zentralkapsel kam auf einen trockenen Objektträger und ihr Inhalt wurde durch Drücken mit einem aufgelegten Deckglas oder Anstechen zum Ausfließen gebracht. Er breitete sich dann zu einer dünnen Schicht aus, in der, wenn überhaupt, die generativen Kerne massenhaft neben wechselnden Mengen von Öltropfen, Konkretionen und Eiweißkugeln vorhanden waren. So ließ sich der frische Zentralkapselinhalt ohne Beigabe von Zusatzflüssigkeiten zwischen gekreuzten Nikols bei beliebiger Vergrößerung untersuchen und verschiedenen Eingriffen unterwerfen.

Zur Herstellung von Dauerpräparaten bewährte sich wie beim Chromatin der Spermien und Sphaerozoen absoluter Alkohol als ein Fixierungsmittel, das die Doppelbrechung erhält bzw. verstärkt (während Sublimat sie alsbald aufhebt). Der Objektträger mit dem soeben ausgeflossenen und dünn ausgebreiteten Zentralkapselinhalt wird für einige Minuten in einen Zylinder mit absolutem Alkohol eingestellt und dann das Präparat sogleich über Xylol in Kanadabalsam übergeführt oder gegebenenfalls vorher noch gefärbt (s. o.). Auch Schnitte alkoholfixierter Zentralkapseln wurden untersucht.

Außer *Thalassicolla nucleata* fanden sich im Material einige Stücke von *Thalassicolla gelatinosa* BRANDT, gekennzeichnet durch das bräunliche Pigment um die Zentralkapsel. Die daran erhobenen Befunde

stimmen im Rahmen unserer Betrachtung mit denen der erstgenannten Form überein, so daß ich sie im folgenden nicht mehr besonders herausheben werde.

Bei einem Individuum von *Thalassicolla gelatinosa* erwies sich die Zentralkapsel von tausenden in lebhafter Bewegung begriffenen Schwärmern gleicher Größe erfüllt, während Ölkugeln fehlten und die Konkretionen sehr klein und spärlich waren. Die ellipsoidalen Schwärmer trugen an dem bei der Bewegung vorausgehenden Ende zwei lange Geißeln; der kugelige isotrope Kern lag im entgegengesetzten Teil des Plasmaleibes. Außerdem umschloß das Plasma leicht grünliche schwach doppelbrechende Körnchen. Auch nach Behandeln der Schwärmer mit absoluten Alkohol konnte ich an den Kernen keine Doppelbrechung wahrnehmen. Nach Färbung mit Hämalaun traten in den Kernen chromosomenartige Gebilde hervor. Einzelne Schwärmer hingen (im Dauerpräparat) paarweise so zusammen, als wenn ihre Teilung noch nicht ganz durchgeführt gewesen wäre.

4. Die Doppelbrechung der Kerne im natürlichen Zustand und unter dem Einfluß von Entquellung.

Wie bereits BRANDT (s. S. 615) hervorgehoben hat, zeigen die Isosporenkerne der Colliden im Gegensatz zu denen der Sphaerozoen stets nur schwache Doppelbrechung. Ich selbst konnte nur in einem Falle an dem frisch entleerten Kapselinhalt deutliche optische Anisotropie der Kerne wahrnehmen, die aber noch erheblich hinter den entsprechenden Verhältnissen der freilich auch viel größeren Sphaerozoenkerne zurückblieb. In der Regel fand ich die Doppelbrechung der Kerne so schwach, daß sie nur unsicher zu beobachten war; ja oft ließ sie sich überhaupt nicht feststellen.

Wenn aber die Kerne entquillen, so tritt stets merkliche, ja oft kräftige Doppelbrechung auf und selbst dann, wenn sich in frischem Zustand keine Spur davon darbot.

Trocknet z. B. der auf dem Objektträger ausgeflossene Zentralkapselinhalt (ohne Deckglas) ein, dann beginnen die Kerne allmählich im dunklen Sehfeld des Polarisationsmikroskops aufzuleuchten und erreichen schließlich grauweiße Interferenzfarbe. Daß die Wirkung des Eintrocknens tatsächlich auf Entquellung beruht, wird weiter unten durch besondere Versuche dargetan (s. S. 620).

Weit energischer ist die entquellende Wirkung des absoluten Alkohols. Der Zentralkapselinhalt füllt bei seiner geringen Masse immer nur einen Teil des Raumes zwischen Objektträger und Deckglas; setzt man nun am Rande des letzten Alkohol zu, so macht sich,

wo er mit dem Zentralkapselinhalt in Berührung kommt, sogleich Doppelbrechung der Kerne bemerkbar. Daß der Alkohol entquellend wirkt, spricht sich augenfällig in der beträchtlichen Volumverminderung aus, welche die doppelbrechend gewordenen Kerne zeigen. Zugleich beginnen die Kerne in der Peripherie des Tropfens, den der Zentralkapselinhalt darstellt, zu doppelbrechenden radial verlaufenden Fasermassen zu verschmelzen, die negativ in bezug auf die Länge wirken und oft mit den Vordringen des Alkohols sich zonenhaft gliedern.

Um diesen leicht eintretenden und später (s. S. 621) näher zu betrachtenden Verschmelzungsprozeß der Kerne zu verhindern, stellt man den Objektträger mit dem in dünner Schicht ausgeflossenen Zentralkapselinhalt sogleich in einen Cylinder mit absolutem Alkohol für einige Minuten ein. Die Kerne entquillen dann augenblicklich maximal; die beim vorher geschilderten Verfahren unvermeidlichen Strömungen im Präparat unterbleiben, so daß die Kerne nicht miteinander in Berührung kommen, und also auch nicht sich vereinen können.

So gewinnt man Präparate wie das in Taf. 13 Fig. 1 dargestellte: im ganzen Sehfeld des Polarisationsmikroskopes leuchten zahllose kleine Gebilde weiß auf und nehmen beim Einschalten einer Gipsplatte Rot I teils blaue, teils gelbe Farbe an. Jedes dieser Gebilde ist ein Kern. Meist finden sich in den Präparaten auch mehr oder minder reichlich doppelbrechende Konkretionen, die sich aber durch ihre kugelige Form, beträchtliche Größe, die ungemein starke Doppelbrechung und das scharf ausgeprägte Sphaeritenkreuz mit Leichtigkeit von den Kernen unterscheiden lassen (Taf. 13 Fig. 1).

Gewöhnlich ist der einzelne Kern, mit starker Vergrößerung zwischen gekreuzten Nikols geprüft, bei keiner Stellung des Objektisches als ganzes zur Auslöschung zu bringen. Vielmehr erscheint er meist aus mehreren hellen und dunklen Abschnitten zusammengesetzt, die beim Drehen des Objektisches ihren Platz vertauschen (Taf. 13 Fig. 2); teils verlaufen die dunklen Linien regellos durch den einzelnen Kern, teils treffen sie sich zu zwei oder mehr in seinem Mittelpunkt, so daß ein an Sphaeritenkreuze erinnerndes Aussehen zustande kommt. Die Regellosigkeit in Form, Größe, Zahl und Anordnung der selbständig auslöschenden Kernanteile spricht deutlich dagegen, daß sie etwa Chromosomen wären. Vielmehr erzeugt der absolute Alkohol eine Verklumpung der chromatischen Kernelemente, die mit der natürlichen Kernstruktur nur wenig mehr gemein hat. Unter diesen Umständen ist auch eine Angabe des optischen Charakters des Chromatins nicht gut möglich. Immerhin läßt sich feststellen,

daß deutlich längsgestreckte Chromatinbrocken negativ in bezug auf die größte Achse wirken. Auch die Stärke der Doppelbrechung läßt sich angesichts der unregelmäßigen Lage und Dicke der Chromatinbrocken nicht messen; doch mag bemerkt werden, daß ich an einzelnen Kernen Gangunterschiede bis $38 \mu\mu$ feststellen konnte.

Auch an Schnitten durch die mit absolutem Alkohol fixierte Zentralkapsel erscheinen die Kerne doppelbrechend, bei schwächerer Vergrößerung als feinste hellaufleuchtende Pünktchen, untermengt mit den stark aufleuchtenden Konkretionen (Taf. 13 Fig. 3).

Gemäß den voraufgegangenen Darlegungen erzeugen also Eintrocknen und absoluter Alkohol in gleicher Weise Doppelbrechung bei Kernen, die im Leben isotrop waren oder nur Spuren optischer Anisotropie darboten. Daß diese Wirkung auf Entquellung beruht, ergibt sich, abgesehen von dem bereits über die Volumverminderung der Kerne Gesagten (S. 619), aus folgenden weiteren Versuchen:

Sowohl eingetrocknetes als auch mit Alkohol behandeltes Kernmaterial verliert die gewonnene Doppelbrechung (teilweise) wieder, wenn es erneut mit Wasser zusammengebracht wird. Nochmaliges Austrocknen oder Zufügen von Alkohol bringt die Doppelbrechung wieder zum Vorschein, oft freilich nicht mehr so schön wie beim ersten Male. Immerhin zeigen die Versuche, daß die durch Alkohol oder Eintrocknen erzeugte Veränderung des Kapselinhaltes mehr oder minder reversibel ist. Damit erscheint ein chemischer Einfluß des Alkohols hinsichtlich des hier behandelten Phänomens ausgeschlossen.

Der gleichwertige Einfluß von Alkohol und Austrocknen folgt auch aus der Tatsache, daß die Doppelbrechung maximal ausgetrockneter Kerne durch Zufügen von Alkohol sich nicht mehr steigern läßt. Nur so lange das Material noch Wasser enthält, das ihm durch Alkohol entzogen werden kann und solange es genügend weich ist, um mit Strukturänderung auf die Wasserabgabe reagieren zu können, erzeugt Alkohol die geschilderte Wirkung.

Das Überführen ausgetrockneten oder mit Alkohol entwässerten Chromatins in Xylol oder Kanadabalsam ruft keine merkliche Änderung der Doppelbrechung mehr hervor. So müssen wir annehmen, daß wie in allen früher untersuchten Fällen doppelbrechenden Chromatins auch hier Eigendoppelbrechung vorliegt.

Bereits in der ersten und zweiten Mitteilung hatten wir Beobachtungen beigebracht, die den Zusammenhang zwischen dem Auftreten der Doppelbrechung und der Entquellung des Chromatins höchst wahrscheinlich machten. Die oben mitgeteilten Befunde befestigen

diese Auffassung, ja erheben sie zur Gewißheit. Und der auffallende Unterschied in der Stärke der Doppelbrechung der Isosporenkerne bei den Sphaerozoen einerseits, den Colliden andererseits ist demnach so zu deuten, daß im letzten Falle das Chromatin im Laufe der Sporogenese weniger entquillt.

5. Das Verhalten der Doppelbrechung unter mechanischen Einflüssen und die Fibrillenbildung des Chromatins.

Die Isosporenkerne von *Thalassicolla* besitzen eine große Neigung, sich miteinander zu vereinen, wenn sie zur Berührung kommen, was auf ihren halbflüssigen, einer sehr weichen Gallerte ähnlichen Zustand hinweist.

Z. B. finden sich gelegentlich im Präparat Luftblasen. Die Kerne, die an deren Rand geraten, verschmelzen hier alsbald zu einer Masse, die einheitliche Doppelbrechung zeigt und wie ein stark aufleuchtender Ring die Luftblasen umgibt. Dieser Ring ist von einem dunklen, den Schwingungsrichtungen des Nikols entsprechenden Kreuz durchsetzt (Taf. 13 Fig. 4); seine positiven Quadranten nehmen beim Einschalten einer Gipsplatte Rot I steigende (blaue), die negativen sinkende (gelbe) Farbe an, woraus folgt, daß das Chromatin in bezug auf die Tangente der Luftblasen negativ wirkt. Zugleich macht sich in der tangentialen Richtung eine leicht faserige Differenzierung des Chromatins bemerkbar. Wir können also den optischen Befund auch so formulieren, daß das Chromatin in bezug auf die Faserungsrichtung optisch negativ sich verhält. Offenbar ist es die Oberflächenspannung an der Grenze Luft — Flüssigkeit, welche die Kerne zum Zusammenfließen bringt.

Vereinigung und faserige Differenzierung des Chromatins läßt sich auch, wie bereits kurz erwähnt (s. S. 619), bei Zusatz von Alkohol zum Zentralkapselinhalt fast stets mehr oder minder beobachten; muß man doch den S. 619 erwähnten Kunstgriff anwenden, um diesen Vorgang nach Möglichkeit zu verhindern. Taf. 13 Fig. 5 gibt eine Stelle aus einem alkoholfixierten Präparat wieder, an der einzelne Kerne nur in die Länge gestreckt erscheinen, die meisten aber zu strangartigen feinfaserigen, negativ in bezug auf die Länge wirkenden Massen sich vereinigt haben. Vermutlich sind es die beim Zusatz von Alkohol entstehenden Strömungen, welche das Zusammenfließen der Kerne veranlassen.

Die Einzelheiten dieses Vorganges lassen sich am besten an gefärbten Präparaten verfolgen (Taf. 13 Fig. 6); teils erscheinen

hier die Kerne noch vollkommen isoliert und unverändert, teils aber gestreckt und zugleich in dieser Richtung faserig differenziert; und schließlich verschmelzen sie zu ausgedehnten faserigen Massen, an denen die von den einzelnen Kernen herrührenden Anteile sich nicht mehr sondern lassen. Die starke Färbbarkeit der entstandenen Fibrillen mit Kernfarbstoffen belegt ihren chromatischen Charakter.

Noch viel auffälliger werden die Erscheinungen aber, wenn das Deckglas über dem allmählich eintrocknenden Kapselinhalt in derselben Richtung mehrmals hin und her geschoben wird. Die Kerne kommen nach und nach in gegenseitige Berührung, verschmelzen miteinander und liefern schließlich eine einbeitliche gallertige und fadenziehende Chromatinmasse, die man durch Bewegen des Deckglases wie eine Teigkugel hin und her rollen und kneten kann.

Diese Gallerte ist zunächst isotrop. Allmählich aber erscheinen in ihr beim Schieben des Deckglases *homogene doppelbrechende Streifen* von negativem optischem Charakter in bezug auf die Schubrichtung. Unterbleibt jetzt das Schieben des Deckglases, dann verschwinden sie wieder, treten jedoch bei wiederholter Bewegung von neuem hervor. Wenn die Gallerte durch allmähliches Eintrocknen zäher geworden ist, bleiben die doppelbrechenden Streifen dauernd bestehen und werden durch das weitere Austrocknen fixiert. Läßt man jetzt die Gallerte durch Zusatz von Wasser aufquellen, so geht die Doppelbrechung wieder verloren, kann aber durch erneutes Schieben wiedererzeugt werden.

Übt man auf die bereits ziemlich stark eingetrocknete Gallertkugel einen kräftigen *scherenden Druck* aus, so differenziert sie sich ausgesprochen fibrillär (Taf. 13 Fig. 8). Die einzelnen Fibrillen erscheinen bei guter Ausbildung gerade und vollkommen glatt, manchmal äußerst fein. Sie sind kräftig doppelbrechend, löschen nach der Länge aus und erweisen sich als negativ in bezug auf diese Richtung. Dort wo die Fibrillen zu parallelen Bündeln und Strängen übereinanderliegen, sah ich die Interferenzfarbe bis Gelbrot I ansteigen. Gewöhnlich findet man in der Fibrillenmasse noch einzelne Kerne, die nicht in der Fadenbildung aufgegangen sind (Taf. 13 Fig. 8).

Sehr eindrucksvoll ist schließlich noch folgender Versuch. Man läßt den Kapselinhalt auf den Objektträger ausfließen und wartet, bis die Kerne durch beginnendes Eintrocknen schwache Doppelbrechung zeigen. Streicht man jetzt mit einem Holzstäbchen leicht über diese Masse hin, so entsteht ein kräftig doppelbrechender, negativ in bezug auf die Strichrichtung wirkender Streifen von undeutlich faseriger Beschaffenheit (Taf. 13 Fig. 7).

Die beschriebenen Versuche lehren, daß alle möglichen mechanischen Einwirkungen Doppelbrechung des Chromatins hervorrufen, oder die bereits bestehende verstärken. Sie gelingen nur, wenn das Chromatin bereits bis zu einem gewissen Grade entquollen ist. Ist die Gallerte noch zu weich, dann läßt sich keine oder bestenfalls vorübergehende Doppelbrechung erreichen. Die Erscheinungen können wohl nur unter der Annahme erklärt werden, daß die doppelbrechenden Feinbausteine des Chromatins anisodiametrisch geformt sind und durch die mechanische Bewirkung eine Ausrichtung erfahren: sie stellen sich mit der Länge parallel der Richtung des Ausstreichens oder des scherenden Druckes. Solange die Micelle noch durch reichliches Quellungswasser voneinander getrennt sind, geht infolge ihrer Beweglichkeit und ungenügender Annäherung die erzielte Orientierung nach einiger Zeit wieder verloren. Ist aber der Gehalt an Quellungswasser gering, berühren sie sich inniger, so kommen ihre ordnenden Kräfte zu maximaler Entfaltung, die erteilte Orientierung bleibt bestehen.

Wie wir bereits früher (s. S. 618) hörten, genügt Entquellung für sich, um Doppelbrechung, d. h. also Orientierung der Micelle, herbeizuführen; bei hinreichender Annäherung ordnen sich die Micelle von selbst. Der Selbstordnungsvorgang wird aber befördert durch die mechanischen Einwirkungen.

Die ausgesprochene Neigung des Chromatins, sich fibrillär zu differenzieren, wird verständlich durch die stäbige Form der Micelle¹⁾. Alle bisher genauer untersuchten fibrillären Gewebestrukturen (z. B. kollagene und Muskelfibrillen) sind charakterisiert durch stäbige Feinbausteine, die mit dem längeren Durchmesser untereinander und der Faserachse parallel liegen. Die fädige Form der Chromosomen und ihre Längsspaltbarkeit gehen ebenso auf diese feinbaulichen Züge des Chromatins zurück wie die langgestreckte Kopfform der meisten Spermien.

Bei dem Chromatin von *Thalassicolla* bot sich keine Möglichkeit, die Richtung der optischen Achse durch Beobachtung festzustellen, wie das beim Spermienkopf oder den Isosporenkernen der Sphaerozoen

¹⁾ Daß das Chromatin sich auch außerhalb der Mitose unter geeigneten Umständen fädig zu differenzieren vermag, wurde gelegentlich auch von anderen Autoren beobachtet. So hat G. SWINDLE (On the genetic relation of neurofibrillae to chromatin, Zool. Jahrb. Abt. f. Anat. Bd. 39 (1916) p. 79—86) vermutlich als Folge ungeeigneter Fixierung an Nervenzellen vom Salamander Auswüchse des Kernes mit parallel geordneten Chromatinfasern beobachtet, die er mit der Bildung von Neurofibrillen in Zusammenhang bringen möchte.

infolge besonders günstiger Umstände gelang. Da aber die Chromatinfibrillen von *Thalassicolla* gleich den Spermienköpfen und den gestreckten Chromatinbrocken von Sphaerozoen stets negativ in bezug auf die Faserrichtung wirken, die dort optische Achse ist, so kann kein ernstlicher Zweifel bestehen, daß es sich auch hier so verhält. Und wir dürfen also die feinbaulichen Befunde am Chromatin von *Thalassicolla* unbedenklich so fassen, daß ebenfalls hier das Chromatin aus negativ einachsigen stäbigen Micellen besteht, bei denen die optische Achse nach der Länge der Micelle verläuft¹⁾.

6. Bemerkungen über die Doppelbrechung anderer Teile des Körpers von *Thalassicolla*.

Betrachtet man eine lebende *Thalassicolla* bei schwacher Vergrößerung zwischen gekreuzten Nikols, so leuchtet das Extrakapsularium zwischen den Vakuolen weißlich auf. Und beim Einschalten einer Gipsplatte Rot I läßt sich durch Vergleich der beiden Diagonallagen feststellen, daß die dicken Pseudopodienstränge im Extrakapsularium, freilich sehr schwach, positiv doppelbrechend sind.

Wie ich bereits an anderen Stellen²⁾ ausführlich dargelegt habe, muß im allgemeinen solartiges Protoplasma, dessen Submikronen in ständiger regelloser Bewegung begriffen sind, isotrop wirken; und damit stimmen die Angaben aller Beobachter überein. Tritt aber in Solen Orientierung anisodiametrischer Teilchen ein, so ist das stets mit dem Auftreten von Doppelbrechung verknüpft. Z. B. sind, um einen dem Protoplasma ähnlichen Fall zu wählen, tierische und pflanzliche Schleime isotrop, die daraus gezogenen Fäden aber doppelbrechend. So wird man auch annehmen dürfen, daß im Protoplasma

¹⁾ F. RINNE (Grenzfragen des Lebens, Leipzig 1931), bemerkt für den Spermienkopf, daß „wohl der Gehalt an Eiweiß die negative Doppelbrechung bedingt“ (p. 62). Demgegenüber möchte ich darauf hinweisen, daß tierische Fibrillen aus eiweißartigen Substanzen in allen bisher bekannten Fällen sich also positiv doppelbrechend in bezug auf die Länge erwiesen haben, wie auch Eiweißlösungen nach der Untersuchung von G. BOEHM und R. SIGNER (Über die Strömungsdoppelbrechung von Eiweißlösungen, Helvetica chimica acta Bd. 14, 1931, p. 1371—1403) positive Strömungsdoppelbrechung zeigen. Die charakteristisch negative Doppelbrechung des Chromatins wird daher nicht der Eiweiß-, sondern der Nucleinsäurekomponente der Nucleoproteide zuzuschreiben sein. Dafür sprechen auch Versuche, die ich an der Gallerte des α -thymonucleinsäuren Natriums anstellte und über die ich in einer vierten Mitteilung berichten werde.

²⁾ W. J. SCHMIDT, Rheoplasma und Stereoplasma, in „Protoplasma“, Bd. 7 (1929) p. 353—394. Vgl. ferner meine in Anm. 1 S. 613 genannte Arbeit.

stäbige Micelle vorhanden sind, die für gewöhnlich ungeordnet liegen, bei der Bildung der schnurgeraden und auffallend stabilen Pseudopodien, wie sie den Radiolarien und manchen anderen Protozoen eigen sind, aber sich achsenparallel zusammenscharen; die so gewonnene Feinstruktur des Pseudopodiums ist die Ursache seiner auffallenden mechanischen Eigenschaften.

Die Doppelbrechung der Pseudopodienstränge von *Thalassicolla* erhielt sich auch in Dauerpräparaten.

Neben dem Protoplasma selbst scheinen auch die in ihm befindlichen Körnchen Doppelbrechung zu besitzen.

Deutliche Doppelbrechung zeigt auch die Zentralkapselwand; sowohl im Leben als auch an Balsam-Dauerpräparaten erweist sie sich als positiv doppelbrechend in bezug auf die Tangentialrichtung der kugeligen Kapsel, so daß diese auf dem optischen Durchschnitt ein negatives Kreuz darbietet.

Ganz ungewöhnlich stark doppelbrechend sind die Konkretionen im interkapsularen Protoplasma. Schon BRANDT (s. S. 616) hat ihre optische Anisotropie beobachtet; jedoch erwähnt er nichts davon, daß diese Gebilde Sphärökrystalle sind; jede Konkretion bietet aber in polarisiertem Lichte ein zierliches dunkles, den Schwingungsrichtungen des Nikols entsprechendes dunkles Kreuz und dazu konzentrische Interferenzringe dar (Taf. 13 Fig. 9). Der Charakter des Kreuzes ist negativ. Da ich die Konkretionen an anderer Stelle ausführlich behandle¹⁾, begnüge ich mich hier mit der kurzen Bemerkung, daß diese Gebilde, nicht wie bisher angenommen, aus einem Kalksalz bestehen, sondern höchstwahrscheinlich aus Purinverbindungen; damit erscheint ihre physiologische Rolle als Exkretstoffe geklärt.

Zusammenfassung der Hauptergebnisse.

1. Die Angabe BRANDT's, daß die Isosporenkerne von *Thalassicolla* im Leben (öfter) schwach doppelbrechend sind, wird bestätigt.

2. Diese Doppelbrechung läßt sich durch Entquellung (mittels Eintrocknens oder Alkohol) erheblich steigern; auch im Leben isotrope Kerne werden durch Entquellung doppelbrechend. Die Entquellung ist reversibel; wird sie rückgängig gemacht, so schwindet auch die Doppelbrechung wieder.

¹⁾ W. J. SCHMIDT, Optische Erscheinungen an den Konkretionen von *Thalassicolla*. Zeitschr. f. wiss. Mikr. Bd. 49 1932.

3. Die frischen Kerne zeigen große Neigung sich zu einer Gallerte zu vereinen. Die so gewonnene Chromatinmasse läßt sich bequem zu verschiedenen Versuchen über die Abhängigkeit der Doppelbrechung von mechanischen Einwirkungen benutzen, falls sie bis zu einem gewissen Grade entquollen ist: scherender Druck und Ausstreichen erzeugt in der zunächst isotropen Gallerte Doppelbrechung und fibrilläre Differenzierung. Der Charakter der Doppelbrechung ist negativ in bezug auf die Richtung des Ausstriches bzw. auf die Länge der Chromatinfibrillen. Die Erscheinungen lassen sich erklären unter der Annahme, daß die Micelle des Chromatins stäbig sind und sich durch die mechanische Bewirkung parallel stellen. Die Doppelbrechung der Chromatinmicelle ist Eigendoppelbrechung und nach Analogie mit den in der I. und II. Mitteilung erhobenen Befunden, muß auch hier die Längsrichtung der Micelle als ihre optische Achse gelten.

4. Die Pseudopodien von *Thalassicolla* wirken schwach positiv doppelbrechend in bezug auf die Länge, die Zentralkapselwand negativ in bezug auf den Radius der Kapsel; die Konkretionen sind negative Sphärokristalle einer Purinverbindung.

Tafelerklärung.

Tafel 13.

Alle Figuren beziehen sich auf *Thalassicolla nucleata* und sind nach Balsam-Dauerpräparaten hergestellt.

Fig. 1. Zentralkapselinhalt auf dem Objektträger ausgeflossen, dann sogleich mit absolutem Alkohol fixiert und in Balsam überführt, zwischen gekreuzten Nikols: zahlreiche kleine Kerne und einige Konkretionen (Sphäriten) leuchten auf. 230:1.

Fig. 2. Ein ähnliches Präparat wie in Fig. 1 bei stärkerer Vergrößerung zwischen gekreuzten Nikols: die ungleichmäßige Auslöschung vieler Kerne sichtbar. 325:1.

Fig. 3. Schnitt durch eine mit absolutem Alkohol fixierte Zentralkapsel zwischen gekreuzten Nikols: die Kerne erscheinen als winzige aufleuchtende Pünktchen, die Konkretionen als größere helle Körnchen. 70:1.

Fig. 4. Zentralkapselinhalt auf dem Objektträger ausgeflossen, dann der Eintrocknung überlassen zwischen gekreuzten Nikols: die Kerne doppelbrechend geworden, besonders stark angehäuft und fädig zusammengeflossen um drei Luftblasen herum, deren Umrahmung von einem dunklen den Schwingungsrichtungen der Nikols entsprechenden Kreuz durchsetzt ist. 70:1.

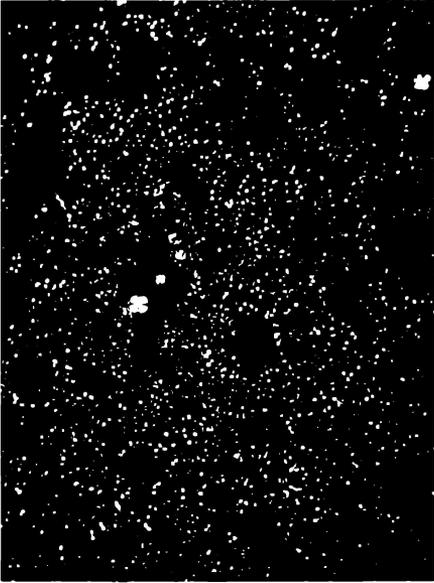
Fig. 5. Zentralkapselinhalt auf dem Objektträger ausgeflossen, dann mit absolutem Alkohol behandelt zwischen gekreuzten Nikols: die doppelbrechenden Kerne größtenteils zu Fibrillen vereint. 380:1.

Fig. 6. Zentralkapselinhalt auf dem Objektträger ausgeflossen, mit absolutem Alkohol fixiert und mit Gentianaviolett gefärbt: die Kerne haben sich zum Teil fädig differenziert und sind zu fibrillären Massen verschmolzen. 390:1.

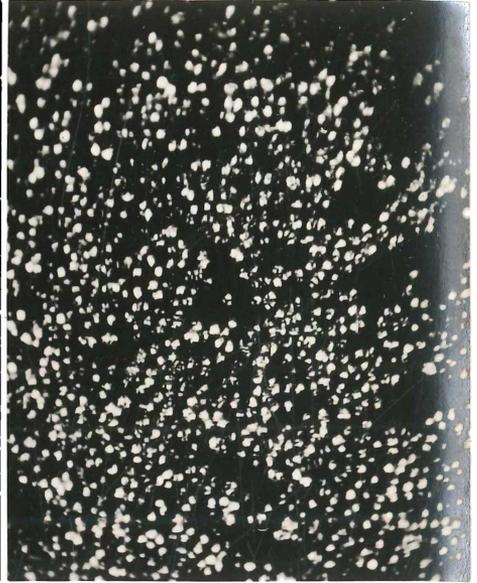
Fig. 7. Zentralkapselinhalt (Chromatin) auf dem Objektträger ausgeflossen und eben angetrocknet, dann mit einem Holzstäbchen leicht ausgestrichen, zwischen gekreuzten Nikols: die ausgestrichene Stelle stark doppelbrechend; die hellen Pünktchen außen sind Konkretionen. 70:1.

Fig. 8. Zentralkapselinhalt auf dem Objektträger ausgeflossen, die darin enthaltenen Kerne durch Hin- und Herschieben des Deckglases vereint und in eine fibrilläre Masse umgewandelt, gekreuzte Nikols. 70:1.

Fig. 9. Teil einer Zentralkapsel, von deren Inhalt beim Ausfließen fast nur die Konkretionen zurückgeblieben sind, zwischen gekreuzten Nikols: Sphäritenkreuze der Konkretionen. 70:1.



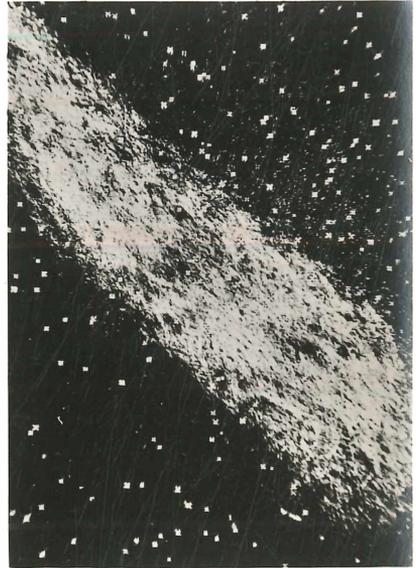
1



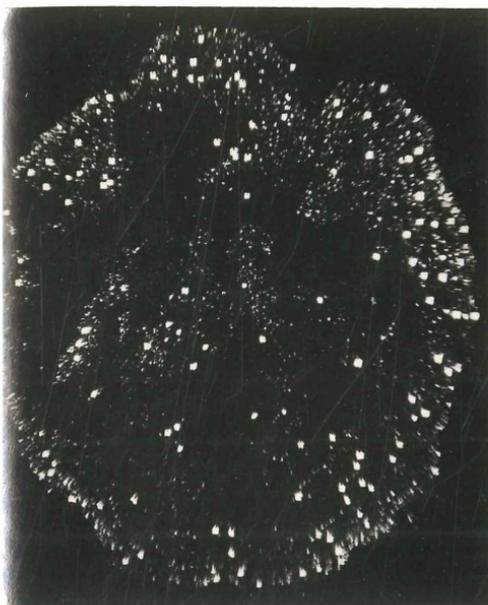
2



6



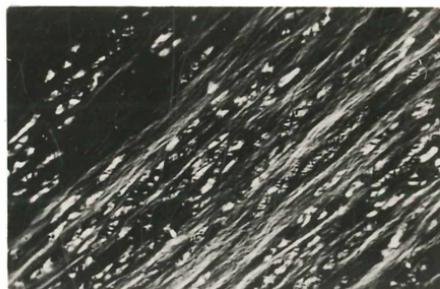
7



3



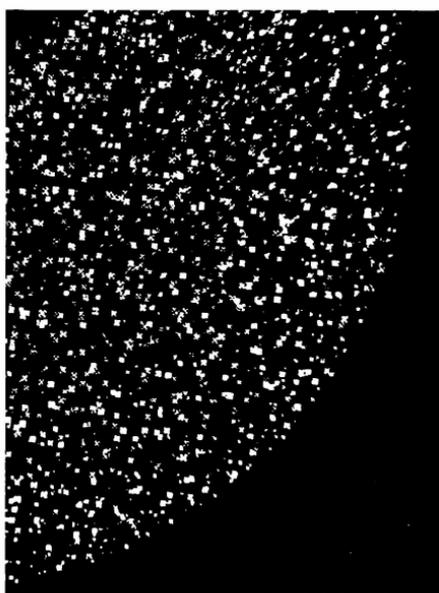
4



5



8



9

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1932

Band/Volume: [78_1932](#)

Autor(en)/Author(s): Schmidt Walter Josef

Artikel/Article: [Der submikroskopische Bau des Chromatins. III. Mitteilung: Über die Doppelbrechung der Isosporonenkerne von Thalassicolla. 613-627](#)