

# Ueber pigmentirte Zellen und deren Centralmasse.

Von

B. Solger,

corr. Mitgl. der R. Accad. medica di Roma.

Hierzu Tafel I.

---

Die Ausbildung der von Boll in Rom begründeten Lehre vom Sehroth, die durch Kühne so wesentlich gefördert wurde, führte gleichzeitig zur Erweiterung unserer Anschauungen über das Pigmentepithel der Netzhaut. Auf experimentellem Wege wurde von Kühne<sup>1)</sup> an verschiedenen Wirbelthieren (an Fischen [*Abramis brama*], besonders aber an Fröschen) beobachtet, dass die Pigment- oder Fuscinkörner deutliche, gesetzmässige Ortsveränderungen eingehen, der Art, dass sie unter bestimmten Umständen nach der äussersten Peripherie der Zelle hinströmen, um unter geänderten Bedingungen wieder gegen das Centrum der Zelle sich zusammen zu drängen. Man kennt mehrere Factoren, die in der angegebenen Weise sich wirksam erweisen, aber alle werden von dem Einfluss von Licht und Dunkel übertroffen.

Um die Bewegungsvorgänge recht würdigen zu können, ist eine genaue Kenntniss der Form und Structur der pigmentirten Zellen Vorbedingung. Das Flächenbild wird durch das Studium der Profilansicht wesentlich ergänzt. Von der

---

1) Da mir die Arbeiten Kühne's und seiner Schüler im Augenblick leider im Originale nicht zugänglich sind, folge ich hauptsächlich Schwalbe's Darstellung (Lehrb. d. Sinnesorg.) und den Referaten des Jahresberichts.

Fläche gesehen erscheinen sie beim Menschen und bei den Wirbelthieren bekanntlich als zierliche, meist 6eckige, in einfacher Lage angeordnete Polygone, die einen, seltener zwei Kerne umschliessen. Das Gebiet des Kernes erscheint an ungefärbten Präparaten als heller Fleck<sup>1)</sup> rings umlagert von Pigmentkörnchen, die auch wohl in dünnerer Schicht über denselben sich hinwegerstrecken. Belichtung des Auges oder Ausschluss des Lichts hat wohl kaum einen merklichen Einfluss auf das Aussehen der von der Fläche betrachteten Zelle. Anders bei der Profilansicht. Man kann an der von der Seite gesehenen Pigmentzelle mit Schwalbe (Sinnesorgane, S. 110) drei Zonen unterscheiden, nämlich 1. die an die Chorioidea sich anschliessende Kuppe, 2. die Basis und 3. die wimperartigen Fortsätze. Das Aussehen der Kuppe ist im belichteten wie in dem im Dunkeln gehaltenen Auge wesentlich dasselbe; sie kann bei gewissen Thieren Einlagerungen verschiedener Art enthalten, aber sie ist stets frei von Pigmentschollen (H. Müller). An der Grenze zwischen Kuppe und Basis liegt der Kern. Das Wanderungsgebiet der Pigmentschollen, in dessen Bereiche sie sich zusammenballen und ausschwärmen, je nachdem das Thier im Dunkeln gehalten oder belichtet wird, umfasst die Basis und die wimperartigen Fortsätze.

Für unsere weitere Auseinandersetzung sind zwei Punkte von Interesse, einmal die Gestalt der Fuscinkörner, noch mehr aber zweitens die Frage nach der Structur der Basis und der wimperartigen Fortsätze, die M. Schultze mit einem Wald von Flimmerhaaren vergleicht. — Was den ersten Punkt anlangt, so wurde schon vor Jahren von Frisch darauf aufmerksam gemacht, dass die braunen Pigmentschollen bei niederen Wirbelthieren „langgestreckte prismatische Krystalle“ darstellen, die mit ihrer Längsaxe „sämmtlich sowohl in der Basis der Epithelzellen, als in deren wimperartigen Fortsätzen senkrecht zur Ebene der

1) Ein Centalkörperchen oder eine „Sphère attractive“ (Ed. Van Beneden), wie ich sie an Chromatophoren des Coriums der Knochenfische nachweisen konnte, scheint am Pigmentepithel der Retina noch nicht beobachtet worden zu sein.

Retina stehen“ (Schwalbe, l. c. — Morano, 1871). Bezüglich der Structur der Basis und der von ihr ausgehenden Fortsätze, die wahrscheinlich immer bis zur Membrana limitans externa reichen, wird angegeben, sie sei die gleiche, beide beständen aus „Protoplasma“ (im ursprünglichen Sinne); allein man hat — es liegt das an der Beschaffenheit des Objects, das solchen Untersuchungen nicht geringe Schwierigkeiten entgegensetzt — bisher nicht mit Sicherheit feststellen können, ob auch hier, wie in so manchen anderen Zellen, eine Differenzirung in eine Filarmasse, (Flemming, Protoplasmanasse, Kupffer, Spongioplasma Leydig) und eine Interfilarmasse (Flemming, Hyaloplasma, Leydig, Enchelym, Carnoy) Platz gegriffen hat. Bei Fischen (*Abramis brama*) enthalten nun die betreffenden Fortsätze, wie Kühne und Sewall fanden, reichliche Massen von Guanin; es ist dies eine bemerkenswerthe Thatsache, deren Bedeutung wir sogleich kennen lernen werden. Untersucht man die Netzhaut von Thieren, die im Dunkeln gehalten wurden (Frösche, Fische), so findet man, wie schon angedeutet, die wimperartigen Fortsätze frei von Pigment (oder man trifft doch nur spärliche Mengen derselben hier an). Unter dem Einfluss des Lichts beginnt dagegen die Wanderung der Pigmentkörperchen, sie rücken in grosser Menge im Innern der Wimpern (Angelucci) centralwärts und können sich schliesslich zu einer zweiten Pigmentzone an der Grenze der Innen- und Aussenglieder ansammeln. Die Wanderung erfolgt also auf präformirten, feststehenden Strassen, die Wimpern werden nicht erst, wie man vielleicht meinen könnte, nach Art amöboider Fortsätze ausgestreckt und wieder eingezogen, sondern sie persistiren, wie besonders aus der Untersuchung der Fischretina erhellt; denn die Guaninpartikeln im Innern der Fortsätze bleiben unverrückt an Ort und Stelle und zeigen dieselbe Anordnung in dem einen wie in dem andern Falle. — Belichtung von genügender Dauer bringt dagegen deutliche Formveränderungen der Stäbchen und Zapfen hervor. Erstere quellen dabei auf und werden dicker (Ewald und Kühne, 1878)<sup>1)</sup> während die

1) Bewegungserscheinungen an Stäbchen-Aussengliedern nach Belichtung beobachtete ferner Angelucci (1885).

4 *B. Solger: Ueber pigmentirte Zellen und deren Centralmasse.*

Zapfeninnenglieder sich dabei verkürzen (van Genderen Stort, 1887).

Ich wende mich nun zu den pigmentirten Zellen der Haut und zwar besonders der Haut der Fische, die ich bei meinen Untersuchungen in erster Linie berücksichtigte. Das Pigmentepithel der Retina mit den farbstoffhaltigen Zellen des Integuments, die entweder fixe<sup>1)</sup> Bindegewebszellen oder Wanderzellen darstellen, zusammenzubringen, mag demjenigen, der ausschliesslich vom onto-histogenetischen Standpunkte aus die Gewebe betrachtet, etwas gezwungen erscheinen. Dafür besteht aber 1. eine vollkommene Uebereinstimmung in der Structur des peripheren Theils der Zelle (Fortsätze) und 2. ein eigenthümlicher functioneller Connex, der wohl im Allgemeinen längst bekannt ist, dessen antagonistischer Character aber, soviel ich weiss, bisher von Niemandem hervorgehoben wurde. Hiervon soll zunächst gehandelt werden.

Zur Orientirung möchte ich bemerken, dass ich dem Vorgange Leydig's (Arch. f. micr. An. XII, S. 148) und dem Beispiele Meyerson's (Virch. Arch., Bd. 118, S. 197) folgend die Bezeichnung „Chromatophoren“ nur für die fixen, in präformirte Hohlräume (Leydig) des Coriums eingebettete Pigmentzellen verwende. Die verzweigten pigmentirten Zellen, die man bei Fischen, Amphibien und Reptilien in den verschiedensten Lagen der Epidermis und ebenso auch in dem Corium findet, und welche als Wanderzellen in hohem Grade activer und passiver Gestaltveränderungen fähig sind, lassen wir einstweilen bei Seite. Es giebt übrigens bekanntlich nicht nur schwarze oder dunkelbraune Chromatophoren, sondern mehrere verschieden gefärbte Arten derselben. So macht u. A. Fr. Heincke<sup>2)</sup> für den *Gobius Ruthensparri* der Kieler Bucht nicht weniger als vier Arten namhaft, nämlich ausser den schwarzen noch gelbe bis grünlichgelbe, rothgelbe bis rothe Chromatophoren und endlich solche mit metallisch schimmernden Flitterchen, die entweder eine

---

1) Nach Leydig steigen sie freilich auch auf und ab.

2) Fr. Heincke, Bemerkungen über den Farbenwechsel einiger Fische, Schriften des naturw. Ver. f. Schleswig-Holstein, Bd. I, 3. Heft, Seite 262.

eine ganze Zelle ausschliesslich erfüllen oder nur die äusseren Parteen einer gefärbten Zelle. Alle diese „Chromatophoren“ genannten Zellen des Bindegewebes können sich, wie Heincke sich ausdrückt, ausdehnen und wieder contrahiren; er spricht ausdrücklich den „Zellen“ die Fähigkeit zu, sich abwechselnd in mannigfach verzweigte sternförmige Figuren auszudehnen und wieder auf einen kleinen rundlichen Raum zu contrahiren.“ Der im Protoplasma der Zelle suspendirte Farbstoff folgt diesen Bewegungen, er wird im ersteren Falle über eine grosse Fläche vertheilt, „die Wirkung des Farbstoffs kommt zur Geltung“; oder es wird sämmtliches Pigment dicht zusammengehäuft, es wird „unscheinbar, der Fisch erblasst“. Für die Chromatophoren mit metallisch schimmernenden Flittern gilt jedoch das Umgekehrte: „Je grösser die Contraction, um so lebhafter, je grösser die Ausdehnung, um so matter der Glanz“ (p. 265).

Von einer bestimmten Färbung oder von bestimmten Färbungen eines Fisches, die für ihn typisch wäre, kann man eigentlich streng genommen nicht sprechen. Das Colorit ist ja abhängig von dem oft recht rasch (häufig innerhalb einer Minute) wechselnden „Ausdehnungszustand der Chromatophoren“ (oder der Pigmentmasse, wie ich dafür lieber sagen möchte), wenn die Erscheinung des Farbenwechsels auch nicht immer so augenfällig ist, wie bei *Gobius Ruthensparri* oder bei den Syngnathen. Dieses Phänomen vollzieht sich nun aber -- und damit gewinnt es den Werth einer wichtigen Schutz Einrichtung — in engem Anschluss an die Farbe des Untergrundes, auf dem das Thier sich jeweils befindet, mit anderen Worten, die genannte Species von *Gobius* — und Gleiches gilt von den Syngnathen, von den Schollen und anderen Formen — „besitzt in hohem Grade die Fähigkeit, in relativ ausserordentlich kurzer Zeit ihre Farbe der des Untergrundes anzupassen. Ist diese Farbe derart, dass ihr entsprechende Chromatophoren vorhanden sind, so dehnen sich diese möglichst aus; sind keine entsprechenden Farbzellen vorhanden, so contrahiren sich sämmtliche Chromatophoren und so wird durch Durchsichtigmachung des Körpers derselbe Zweck der Anpassung erreicht.“ Man schliesse, empfiehlt Heincke, ein zur Laichzeit gefangenes

Thier in seinen lebhaften Farben nur auf einige oder wenige Minuten vom Lichte ab, es wird statt des bunten Kleides ein gleichmässig braunschwarzes oder schwarzgrünes Colorit zur Schau tragen, das unter -nun wieder zur Geltung gelangenden Wirkung des Lichts sichtlich sich von Neuem verändert.

Das Pigment der Haut-Chromatophoren breitet sich also aus, wenn der Fisch vom Lichte abgeschlossen ist; für den braunen Farbstoff des Pigmentepithels der Retina gilt, wie man sich erinnern wird, das Umgekehrte.<sup>1)</sup> Es besteht somit, wie ich oben schon andeutete, ein antagonistisches Verhältniss zwischen beiderlei Gebilden. — Leydig (Arch. f. micr. Anat., Bd. 12, S. 179) machte darauf aufmerksam, dass der eigentliche Sitz des Pigments, „soweit es die Lederhaut betrifft, immer der aus dem lockeren Bindegewebe gebildete Theil“ sei, also die obere und untere Grenzsicht des Coriums und ebenso die zur Verbindung beider Schichten aufsteigenden Züge oder Bündel.<sup>2)</sup> Blanchard verlegt ihren Sitz in die „matière amorphe, peu consistante, qui se trouve située au — dessous de l'épiderme“ (Bull. soc. zool. de France, VII.).

Man hat ausser dem directen Einfluss des Lichts noch andere Factoren in causale Beziehung zur „Contraction und Expansion der Chromatophoren“ (resp. des Pigments) gebracht, z. B. mechanische Reizung der Haut, psychische Erregungen des Thieres. So werden nach Leydig (Arch. f. micr. Anat., Bd. 12, S. 237) Eidechsen, Blindschleiche, Ringelnatter, glatte Natter, Frösche, Kröten und Tritonen im Sonnenlicht, in der Wärme und bei Wohlbehagen hell, bei

---

1) Nach Wenckebach (Arch. f. micr. Anat. Bd. 28, S. 240) verhalten sich die Pigmentzellen, welche in pelagischen Fischembryonen (Pleuronectiden) um die im Dotter befindliche Oelkugel gelagert sind, in demselben Sinne gegen das Licht, wie die der Retina; sie treiben nämlich in hellem Licht sehr lange Fortsätze und ziehen dieselben im Dunkeln fast gänzlich wieder ein. „Diese Neigung,“ fügt W. hinzu, „wird vielleicht ihren Grund haben in Lichtbrechungserscheinungen, welche die runde, stark lichtbrechende Oelkugel erzeugt.“

2) Leydig nimmt übrigens auch noch einen Ortswechsel der Chr. in senkrechter Richtung, ein Auf- und Absteigen derselben an.

Entziehung des Lichts und Herunterstimmung des Nervensystems, z. B. durch Schreck oder niedere Temperatur dunkel (schwarz). Solche „bewegliche Farbzellen“ finden sich übrigens ausser bei den genannten Wirbelthieren und den Cephalopoden noch, wie Leydig (l. c. S. 235) hinzufügt, bei Schnecken, Krebsen<sup>1)</sup> und Insecten.

Bleiben wir bei dem zuerst genannten Momente stehen! — Unter den Fischen mit exquisiter Thätigkeit, die Färbung zu wechseln und derjenigen des Untergrundes anzupassen, werden auch die Schollen aufgeführt. Die asymmetrische Anordnung ihrer Augen ist allgemein bekannt. Sie pflegen mit der augenlosen Körperhälfte dem Meeresgrunde aufzuliegen; eben diese Seite entbehrt auch der Chromatophoren, sie ist hellgrau oder weiss. Die augentragende Körperhälfte dagegen ist gefärbt und erscheint in grauer oder brauner Farbe von verschiedener Intensität. Farbenton und Grad der Sättigung wechseln eben, je nach dem Colorit des Grundes, auf welchem die Thiere liegen. Ihre Haut blasst ab, wenn man sie in ein Bassin mit hellem Grunde einsetzt, sie wird dunkel, wenn der Grund des Behälters von dunkler Farbe ist. Freilich muss eine Bedingung erfüllt sein, die ja bei normalen Thieren von selbst gegeben ist: sie müssen sich ihrer Sehkraft erfreuen. Geblendete Thiere und ebenso spontan blinde Individuen haben die Fähigkeit, die Färbung ihres Integuments derjenigen der Umgebung anzupassen, ein für allemal verloren (Pouchet, 1872). Das Nervensystem spielt also auch hier eine bedeutsame Rolle. Die Thiere nehmen vermittelst ihrer Sehorgane Kenntniss von der Farbe und dem Grade der Helligkeit ihrer Umgebung. Der von der Netzhaut aufgenommene Reiz wird durch den Sehnerven zunächst dem centralen Nervensystem übermittelt und gelangt von hier, auf nervösen Bahnen, welche im Einzelnen zu verfolgen zu weit führen würde, wieder zur Peripherie, zur Lederhaut. In der That liegen eine Reihe von Angaben vor — sie beziehen sich hauptsächlich auf Reptilien und

1) Angaben über diese Thiere machten, wie ich einer Zusammenstellung von M. Weber (Arch. f. micr. Anat., Bd. 19) entnehme, Fritz Müller, S. O. Sars (1867), Pouchet (1872), Jouardin (1878), Paul Mayer (1879), Haller (1879), Schmidlein (1879).

8 *B. Solger: Ueber pigmentirte Zellen und deren Centralmasse.*

Amphibien (Leydig für *Lacerta* 1872, Ehrmann für den Frosch 1881) —, nach denen ein directer Zusammenhang zwischen Hautnerven und Chromatophoren anatomisch demonstrirt worden wäre. Was die Fische betrifft, so ist es mir, trotz vielfältiger Versuche bisher noch nicht gelungen, Präparate zu erhalten, welche für obigen Zusammenhang den unzweideutigen Beweis lieferten. Selbst ein so günstiges Object, wie die Infraorbitalgegend des Herings, lieferte nach dieser Richtung hin kein ganz befriedigendes Ergebniss. Doch lassen sich hier wenigstens sehr nahe topograpische Beziehungen zwischen Chromatophoren und Nervenfasern mit dünnster Markscheide erkennen.

In der Infraorbitalgegend des Herings stehen nämlich die Chromatophoren ziemlich vereinzelt, häufig durch weite pigmentlose Felder von einander getrennt. Die pigmentführenden Zellen sind entweder mit schwarzem Farbstoff erfüllt, oder mit gelbem. Beide, namentlich aber erstere, können ganz isolirt vorkommen, sehr häufig findet man aber paarweise je ein Individuum von jeder Art dicht neben einander gelagert. Feine Bündel von Nervenfasern, welche in Form eines weitmaschigen Netzes das Corium durchziehen, verlaufen nun in allernächster Nähe jener Zellenpaare; manchmal scheinen sie einer Nervenfaser sogar unmittelbar aufzuliegen. Allein von einem directen Zusammenhang zwischen Nervenfaser und Chromatophore konnte ich mich überzeugen.

Eine enge Beziehung zwischen beiden Gebilden scheint allerdings ein theoretisches Postulat zu sein, weil nur durch Annahme einer solchen die Erscheinung des Farbenwechsels sich erklären lässt, doch braucht dieselbe nicht gerade in Endigung einer Nervenfaser oder — Primitivfibrille in einer Zelle zu bestehen, es muss mit anderen Worten keineswegs durchaus ein „Continuitäts-Verhältniss“ vorliegen. Ich darf hier recht wohl auf v. Kölliker's Ausspruch Bezug nehmen, zu dem er (s. Sitz-Ber. d. phys. med. Ges. z. Würzburg, 23. Nov. 1889) auf Grund der von ihm bestätigten Angaben von Ramón y Cajal über die Verästelung der kleinen Nervenzellen in der Molecularschicht (besonders in der tieferen Hälfte derselben) des Kleinhirns und weiter über

Beziehungen zu den Purkinje'schen Zellen gelangte. Er findet, dass die genannten Zellen „lange Axencylinderfortsätze in der Querrichtung der Windungen entsenden“, und weiter, dass diese „transversalen“ Fasern gegen die Körnerschicht zu unter meist rechten Winkeln eine Menge senkrechter Aeste abgeben, welche „bis in die Ebene der Körper der Purkinje'schen Zellen verlaufen, um da, reich sich verästelnd, wie Körbe oder Umhüllungen diese Zellen zu umfassen.“ Diese Anordnung, bemerkt er weiter, weise von selbst darauf hin, dass hier Einwirkungen der beiderlei Zellen auf einander statt haben. „Je weiter“, heisst es an einer anderen Stelle, „der feinste Bau der nervösen Centralorgane sich aufhellt, um so mehr scheinen His und Ramón y Cajal Recht zu bekommen mit der Annahme, dass, wenigstens an vielen Orten, die Einwirkung der Elemente auf einander nicht durch Continuität, sondern nur durch Contiguität statthabe. Freilich vollzieht sich diese Contactwirkung hier ebenso, wie in den später (l. c., Sitzung vom 8. März 1890) von v. Kölliker namhaft gemachten Fällen von „Actio in distans“ seitens der Fasern auf Zellen innerhalb der nervösen Centralorgane, während es sich in dem von mir geschilderten Objecte -- ich verkenne den Unterschied durchaus nicht — um eine enge Anlagerung der Pigmentzellen an ununterbrochen weiter verlaufende Nervenfasern handelt.

Der Einfluss der Nerven auf die Chromatophoren der Wirbelthiere ist übrigens schon lange bekannt. Nachdem Milne-Edwards (1834) und später Brücke (1852) diesen Connex für das Chamaeleon festgestellt hatten, veröffentlichte Axmann (1853) die Erfahrung, dass „nach Durchschneidung der gangliosspinalen Nerven bei Fröschen die bekannten sternförmigen Pigmentzellen ihre Strahlen<sup>1)</sup> verlieren“. Sie sollten, wie er glaubte, atrophisch werden. Nach Axmann läge also ein nutritives Phänomen vor, Virchow<sup>2)</sup> zeigte

1) Besonders weit verzweigt findet Leydig (Lehrb. d. Histol. d. Menschen und der Thiere. 1857, S. 89) die Chromatophoren bei einem Teleostier, *Leuciscus dobula*.

2) Virch. Archiv, Bd. 5, S. 266 und 267, 1854.

aber alsbald, dass man es mit einem „contractiven Phänomen“ zu thun habe. Er erkannte, dass an seinen Versuchsthieren „in demselben Maasse, als die Fortsätze unsichtbar geworden waren, das Centrum der Pigmentzellen, der eigentliche Körper derselben an Durchmesser zugenommen hatte, so dass also evident das Pigment aus den Fortsätzen oder Ausläufern in den Körper gesammelt war.“ Indem er auf das gleiche Verhalten der Chromatophoren der Chamäleonten und Cephalopoden verweist, leitet er den Farbenwechsel ab von den „Gestaltveränderungen der Pigmentzellen“ und dem „Ortswechsel des Pigments selbst.“ (Von pigmentfreien, bleibenden Fortsätzen des Zellenleibes, von denen weiter unten die Rede sein wird, meldet er Nichts.)

Kehren wir noch einmal zu dem Pigmentepithel der Netzhaut zurück! Ein directes Eindringen von Axencylindern oder Primitivfibrillen in die zelligen Elemente desselben ist wohl völlig auszuschliessen, es liegt wenigstens nicht der geringste Anhaltspunkt für einen derartigen Zusammenhang etwa mit Fasern des N. opticus oder der Ciliarnerven vor. An Augen von Thieren, die man im Dunkeln gehalten hatte, bleibt, wie bekannt, „das Retinaepithel an der Chorioides zurück, die Netzhaut schlüpft farblos aus“ (Schwalbe, l. c., p. 111). Zwischen dem Pigmentepithel und den Aussengliedern der Stäbchen und Zapfen ist wohl eine Flüssigkeitsschicht eingeschaltet, aber es besteht zwischen den Elementen des inneren und äusseren Blattes der secundären Augenblase (vom Umschlagsrande abgesehen) kein Zusammenhang mittelst geförmter Elemente, und doch reagirt der Apparat regelmässig und prompt je nach dem Grade der Belichtung. Wir müssen demnach in der Pigmentzelle der Retina selbst ein Centralorgan vermuthen, welches die Bewegungerscheinungen beherrscht, während die antagonistische Bewegung der Corium-Chromatophoren durch einen auf die Fasern des N. opticus ausgeübten und dann auf peripherische Nervenbahnen übergehenden Reiz zurückzuführen wäre. Ob ein unmittelbarer Zusammenhang zwischen Nervenfasern und Chromatophoren besteht und welcher Art derselbe sei, bleibe einstweilen dahingestellt.

Es wurde bisher mehrfach schon angedeutet, dass ich

den Anschauungen Heincke's, wonach der Zellenkörper der Corium - Chromatophoren amöboide Gestaltveränderungen eingehen sollte, die zu Verschiebungen des Farbstoffs Anlass gäben, für die Knochenfische wenigstens nicht beipflichten kann, und zwar auf Grund folgender Beobachtungen: Fertigt man Flächenschnitte durch das ganz frische Integument der Infraorbitalgegend des Herings an, und untersucht dieselben dann (vor Verdunstung durch einen das Deckglas umziehenden Wachstrand geschützt) ohne Zusatzflüssigkeit mit mittelstarken oder stärksten Systemen (Apochromat), so wird man an den wohl kaum je ganz fehlenden kugeligen Pigmentklumpen, den „contrahirten Pigmentzellen“ der Autoren, an den schwarzen sowohl als an den gelben, einen feinen, farblosen Strahlenkranz bemerken, der den Farbstoffhaufen umsäumt. -- Die einzelnen pseudodienartigen Strahlen sind von verschiedener Länge und verschiedenem Kaliber, sie scheinen sich dichotomisch zu verästeln und sich dabei zu unmessbarer Feinheit zu verjüngen. Nach Zusatz von 0,6 % iger Kochsalzlösung und darauf folgender Einwirkung eines Tropfens 10 % iger Essigsäure lassen sie sich bald von ihrer Umgebung nicht mehr unterscheiden, während, mehr oder weniger von Farbstoff verdeckt, ein feinkörniger Kern oder (meist) mehrere derselben zum Vorschein kommen. Am besten scheinen die wimperartigen Fortsätze nach längerer Einwirkung von Müller'scher Flüssigkeit (wenigstens 8 Tage) zu conserviren. Doch wird es auch nach dieser Vorbereitung gut sein, Alcohol zu vermeiden und in Glycerin einzuschliessen (Fig. 1): wenigstens erhielt ich auf die angegebene Weise Präparate, welche, vor 2 Jahren (1888) angefertigt, heute noch das geschilderte Structurverhältniss zeigen. Platinchlorid ( $\frac{1}{3}$  %), Flemming's Chrom-Osmium-Essig-Gemisch, endlich Alcohol, alle diese Reagentien, die ich in Anwendung zog, gaben mir von den Fortsätzen nur wenig befriedigende Bilder,<sup>1)</sup> dagegen erlaubte die Fixirung mit Alcohol die Kerne nach-

1) Nach M. Schultze (Retina, in Stricker's Handbuch, Bd. II, S. 1013 und 1014) sind auch die „scheidenartigen Fortsätze der Pigmentzellen äusserst vergänglich“ und er fügt hinzu, dass die „zahllosen feinen Fäden“, in welche sie sich auflösen, gleichfalls bald nach dem Tode „einschmelzen“.

träglich durch Färbung mit Alauncarmin unverkennbar von ihrer Umgebung zu differenciren.

Eine feinere Structur liess sich an den Fortsätzen nicht wahrnehmen; sie erschienen an frischen Präparaten vollkommen homogen, an den mit Müll. Flüssigkeit behandelten hie und da wie fein bestäubt, also fein granulirt, aber eine deutliche Sonderung in eine Filarmasse und eine Interfilarmasse (Flemming) war nicht nachweisbar. Der Vollständigkeit halber bemerke ich noch, dass Bewegungserscheinungen an den Fortsätzen nicht erkennbar waren. Es wird das Niemand Wunder nehmen, da der Hering, nachdem er an die Oberfläche des Wassers gelangt ist, sehr rasch abstirbt. Die Exemplare waren demnach schon einige Stunden todt, ehe sie untersucht werden konnten. Vermuthlich wird aber die Beobachtung an Schnitten, die dem lebenden Thiere entnommen werden, auch kein anderes Resultat geben, als dasjenige ist, das ich vom Hechte, wo ich unter diesen günstigen Bedingungen arbeiten konnte, erhielt, nämlich ein der Hauptsache nach negatives.

Im Integument, welches die Ethmoidal- und Frontalgegend des Hechtes (*Esox lucius*) überzieht, findet man dieselben vier Formen von Chromatophoren wieder, welche dem *Gobius Ruthensparri* eigen sind; doch treten die schwarzen oder braunen Chromatophoren entschieden in den Vordergrund. An solchen dunkeln Chromatophoren konnte ich einige Male an frischen Schnitten feine, geradlinige, farblose Fortsätze des Zellenkörpers (Fig. 2 a und b) wahrnehmen, die aber auch hier in starrer Ruhe verharrten. Sie erreichten nur einen geringen Durchmesser, so dass ein weiteres Eindringen in den feineren Bau derselben ausgeschlossen war. Zu dem Complex dieser Fortsätze gehörte, wie ein Sector, ein nach innen sich zuspitzendes Gebiet des pigmentirten Zellenleibes, das bis zu einem länglichen hellen Fleck von etwas unregelmässigem Contur, aber ziemlich scharfer Begrenzung sich erstreckte und durch die auffallend regelmässige Anordnung der Pigmentschollen sich von der übrigen Masse des Zellenleibes deutlich abhob. Im Bereich dieses dreieckigen Feldes waren die Farbstoffkrystalle deutlich radiär aneinandergereiht, doch hatte ich auch vielfach den Eindruck einer ausserdem

bestehenden tangentialen oder der Oberfläche parallelen Anordnung.

An einem andern Schnitt, der dem eben getödteten Thiere entnommen, in 0,6  $\frac{0}{0}$  iger Kochsalzlösung untersucht wurde, und zwar gleichfalls mit Hülfe des Apochromaten überragten zwei kegelförmige, also bedeutend breitere, homogene Fortsätze das pigmentirte Gebiet. Sie enthielten nur wenige (2–3) Pigmentschollen, die deutlich in radiärer Richtung hin und her wankten. Aber ich muss es dahingestellt sein lassen, ob hierbei nicht Diffusionsströmungen zwischen der Kochsalzlösung einerseits und dem flüssigen Zelleninhalt andererseits mit im Spiele waren. — Beobachtungen lebender Zellen im natürlichen Zusammenhang mit dem lebenden Organismus wären selbstverständlich weit unanfechtbarer, als das, was an Schnitten ermittelt werden konnte; es muss der Zukunft überlassen bleiben, günstige Objecte, die besonders auch die Anwendung stärkerer Systeme gestatten müssten, ausfindig zu machen.

Einstweilen möchte ich hier die Schilderung folgen lassen, die Heincke (l. c. p. 258) auf Grund von Beobachtung lebender Exemplare junger Syngnathen entwirft: „Die schönen sternförmigen Figuren der Chromatophoren, die an manchen Stellen mit ihren Fortsätzen unter einander zu verschmelzen scheinen, ziehen sich sichtlich bis auf einen kleinen Punkt zusammen. Dabei scheinen einzelne Pigmentkügelchen von der Hauptmasse durch die Schnelligkeit der Contraction losgerissen zu werden; als feine Pünktchen liegen sie zwischen den grösseren Hauptzellen zerstreut im Gewebe.“<sup>1)</sup> Das Gesagte bezieht sich übrigens nur auf die dunkeln Chromatophoren, die bei zusammengelagertem Pigment schwarz, im entgegengesetzten Falle braun erscheinen. Die Contraction und Ausdehnung des Farbstoffs der grüngelben Chromatophoren scheint viel langsamer vor sich zu gehen, als bei den dunkelgefärbten Zellen; wenigstens konnte Heincke sie nicht deutlich genug beobachten; sie unterscheiden sich ausserdem noch von den zuletzt genannten dadurch, dass

---

1) In Wirklichkeit finden sie sich wohl auch hier im Innern eines homogenen und daher leicht zu übersehenden Fortsatzes des Zellenkörpers.

ihre „Zellen“ sich zu formenreichen Figuren ausbreiten, wie die schwarzen“

Werfen wir einen Rückblick auf die bisherige Erörterung! Wir lernten beim Pigmentepitel der Retina unbewegliche, wimperartige Fortsätze kennen, es konnte ferner für gewisse Knochenfische (*Clupea*, *Esox*) nachgewiesen werden, dass der zusammengeballte Pigmentklumpen, der ganz gewöhnlich noch Segmente der (meist) mehrfachen Kerne frei lässt, ringsum überragt wird von verästelten homogenen Zellfortsätzen. Es scheinen somit auf den ersten Blick ganz ähnliche Structurverhältnisse vorzuliegen, wie bei den gleichnamigen Gebilden der Cephalopoden.

Ueber den Farbenwechsel der Cephalopoden machte schon im Jahre 1823 San Giovanni (Neapel) Angaben. Allein trotz zahlreicher Untersuchungen, die seitdem angestellt wurden, wird das Verhältniss, in welchem die Chromatophoren derselben zu denen der Wirbelthiere stehen, immer noch verschieden beurtheilt. — Um die Chromatophoren der Cephalopoden lagert sich ein Kranz strahlig angeordneter, faseriger Gebilde, die von Kölliker (1844) entdeckt wurden. Boll (1869) deutet sie als Muskelfasern, welche sich in der Art an die Chromatophoren inseriren, dass sie continuirlich mit einer der Zellen übergehen, welche schalenartig die ruhende Chromatophore umgeben. Der Contur der Pigmentmasse sei stets scharf begrenzt; da das umliegende Gewebe Bindegewebe embryonalen Characters darstellt, so bietet es den Gestaltsveränderungen der Chromatophoren freien Spielraum. Nach Blanchard (1882) unterscheiden sich dagegen die Chromatophoren der Cephalopoden in keiner Weise<sup>1)</sup> von denen der niederen Wirbelthiere, mit denen sie die Fähigkeit theilen, amöboide Fortsätze auszusenden. Sie stehen zwar unter dem Einfluss des Nervensystems (Paul Bert, Frédéricq, G. Colasanti<sup>2)</sup> (1876), Klemensiewicz, Krukenberg), allein die radiären Fortsätze sind einfache Bindegewebsfasern. In gleichem Sinne äusserten sich Girod (1882) und Albin (1886); letzterer „bezweifelt auf Grund

1) Sie wären demnach als polynucleäre Zellen anzusehen.

2) G. Colasanti, Anat. und physiol. Unters. üb. d. Arm der Cephalopoden, Arch. f. Anat. und Phys. 1876, S. 480--500, 2 Tafel.

microscopischer Untersuchungen, dass die radiären Fasern an der Expansion der Chromatophoren, betheiligte sind, weil erstere unbeweglich bleiben“ (Schwalbe's Jahresber. Bd. XV, S. 97.)

Die regelmässige Anordnung der Pigmentschollen,<sup>1)</sup> wie sie in einem dreieckigen Segment in Fig. 2 (Hecht) zu Tage tritt, und wie sie ebenso in dem centralen Gebiet der in Fig. 3 abgebildeten Zelle zum Ausdruck gelangt, erinnert an den von Flemming beschriebenen Befund bei Talgdrüsenzellen der Katze. Stückchen der Wangenhaut waren in Alcohol fixirt und die erhaltenen Schnitte, mit Picrocarmin gefärbt, in Glycerin eingeschlossen worden (Flemming, Zellsubstanz, Kern- und Zelltheilung, S. 62 und Taf. I, Fig. 13). Es zeigte sich Folgendes: Die Fetttropfchen (oder Tropfchen einer Vorstufe von Fett) liegen in den peripherischen Zellen der Alveolen regelmässig gereiht, die äusserste Reihe parallel je einer Zellenkante, die folgenden wieder damit parallel; weiterhin besteht aber auch eine Ordnung in Reihen, welche senkrecht oder schräg auf den Zellenkanten stehen. Diese Anordnung — vielleicht gehören auch die bei der Schleimsecretion zu beobachtenden Verhältnisse hierher — bezeichnet Flemming als scheinbare Zellstructuren. — Mir scheint, die Annahme, dass die regelmässige Anordnung der Pigmentkörnchen, bei der sowohl radiäre als tangential Reihen unterschieden werden können, an eine bestimmte, wenn auch in verschiedenen Momenten in ihren einzelnen Theilen verschiebbare Structur des Zellenkörpers geknüpft sei, wird kaum von der Hand zu weisen sein. In wie weit wir berechtigt sind, einer solchen radiären Structur des Zellenkörpers eine allgemeinere Bedeutung beizulegen, wird weiter unten erörtert werden.

In den Figuren 2 und 3 erblickt man einen etwa im Centrum der Zelle gelegenen hellen Fleck, der schon vorübergehend erwähnt wurde. In demselben haben wir entweder das neuerdings mehrfach besprochene Centralkörperchen (*corpuscule central*, Ed. Van Beneden, *Centrosoma*, Boveri)

1) Ein Rest der Polstrahlung ist nach Flemming (Zelle, S. 245) in pigmentirten Gewebszellen nach der Tochtersternphase noch während der Theilung des Zellkörpers nachweisbar.

oder, was mir wahrscheinlicher vorkommt, Ed. Van Beneden's „Sphère attractive“ (ganz oder zum Theil) oder Vejdovsky's „Periplast“ zu sehen. Eines dieser Gebilde scheint die Bewegung des Pigments zu beherrschen, doch möchte ich die Frage, auf welchem Wege der Bewegungsimpuls vom Centrum der Zelle auf die Peripherie derselben übertragen wird, unentschieden lassen. Altmann liess es zu einer Zeit (1886), da die Centralmasse der Chromatophoren noch unbekannt war (s. Solger, Zur Structur der Pigmentzelle, Zool. Anz. 1889. No. 324 und 1890, No. 328), dahingestellt, ob die Bewegungen der Pigmentkörner im Retinaepithel und den Chromatophoren „Eigenbewegungen sind (er rechnet sie seinen Zellengranulis zu) oder ob hier anderweitige Einflüsse wirken“ (Studien über die Zelle, S. 20). Was ich bezüglich dieses centralen Flecks und seiner Umgebung beim Hering und besonders beim Hechte<sup>1)</sup> — und zwar sowohl, wenn auch weniger deutlich, an frischen Schnitten, als nach vorheriger Fixirung in Chromosmiumessigsäure — ermitteln konnte, ist Folgendes:

Wie bei allen pigmentirten, aber noch lebenskräftigen Zellen bleibt auch hier der Kern von Farbstoff frei. Er erscheint als homogenes Feld von ovaler Form, an dem eine besondere Structur nicht nachweisbar ist. Ueber oder unter ein solches Feld können übrigens einzelne Pigmentkörnchen oder Gruppen derselben sich hinwegschieben, so dass man auch ohne Anwendung künstlicher Tinctionsmittel, die ohnehin nur schwer vom Kern angenommen werden, diese die Kerne umschliessenden Stellen scharf von anderen Lücken, welche die ganze Dicke des Zellenleibes durchsetzen, unterscheiden kann. In den meisten Fällen umschliessen freilich die Pigmentzellen der von mir studirten Gegend (Integument der Ethmoidal- und Frontalgegend) nicht einen<sup>2)</sup> (das ist selbstverständlich das primäre Verhalten), sondern zwei solcher

---

1) Vergl. auch B. Solger, zur Structur der Pigmentzelle, Zool. Anz. No. 324, 1880 und: Nachtrag zu dem Artikel: „Zur Structur der Pigmentzelle“, *ibidem*, No. 328, 1890.

2) Den farblosen Fleck, der in pigmentirten Zellen dem Kern entspricht, hatte schon im Jahre 1833 Wharton Jones gesehen.

pigmentfreien Kernfelder ein. Hie und da finden sich dieselben in noch grösserer Anzahl vor; so sah ich einmal innerhalb einer Zelle nicht weniger als sechs derartiger heller Kernfelder von verschiedener Grösse, die ringförmig um den gleichfalls pigmentfreien Centralfleck von unbestimmter Begrenzung angeordnet waren. Aber die Regel ist doch die, dass die Pigmentzelle nur zwei Kerne umschliesst, welche mit ihrem einen Pole sich zusammenneigen, so dass ihre Längsachsen einen Winkel bilden; manchmal findet man ihre Längsachsen auch parallel stehen. Aber in beiden Fällen schliessen sie wieder den schon erwähnten weit kleineren, lichten Fleck ein. Gewöhnlich — zum Unterschied von den scharf umschriebenen Kernfeldern — nur unbestimmt begrenzt, strahlen von ihm radiär nach allen Seiten (oder wenigstens nach einem mehr oder weniger ausgedehnten Bezirke der Peripherie) die Pigmentkörnchen aus.<sup>1)</sup> In der nächsten Umgebung des Centralflecks stehen sie häufig dichter zusammengedrängt als in grösserer Entfernung von demselben, so dass dann der helle Fleck um so deutlicher hervortritt. Wesentlich derselbe Befund ergab sich auch beim Barsch (*Perca fluviatilis*) und zwar gleichfalls in der Ethmoidal- und Frontalregion. Der centrale helle Fleck war manchmal sehr schön zu sehen, die Kernfelder erschienen dagegen weniger augenfällig umschrieben, weil sich gewöhnlich sehr zahlreiche Pigmentkörnchen unter dieselben hinwegschoben. Hat die Flemming'sche Flüssigkeit etwa 6 Stunden eingewirkt, dann empfiehlt es sich, die Epidermis durch vorsichtiges Schaben zu entfernen. Die gesuchten Pigmentzellen liegen dann frei zu Tage und es bedarf nur noch eines Flächenschnittes, um sie der microscopischen Untersuchung zugänglich zu machen.

Wie eben bemerkt, wechselt also die Zahl der Kerne (von 1—6); ich darf wohl hier daran erinnern, dass auch in pigmentirten Epithelien multinucleäre Zellen ein nicht so seltenes Vorkommniss zu sein pflegen. So bildet Schenk

---

1) Vergl. u. A. Platner's Figur 1 auf Taf. IX, in Band 33 des Arch. f. micr. Anat. (Spermatocyte von *Paludina vivipara*, Microsomenreihen gegen einen excentrisch gelegenen Punkt des Zellkörpers orientirt.

(Histologie, Fig. 22, p. 33) eine Gruppe von „Pigmentepithelien von der Lederhaut einer Froschlarve“ ab und unter diesen 13 Elementen finden sich 8 einkernige, 4 zweikernige und 1 vierkerniges Individuum. Auch vom Pigmentepithel<sup>1)</sup> der Retina<sup>2)</sup> wird angegeben, dass seine Zellen mitunter zwei Kerne einschliessen (Schwalbe, l. c., p. 110). Aber stets beobachtete ich an den von mir untersuchten Objecten nur einen Centralfleck (sei es nun das Centralkörperchen oder die Sphère attractive im Ganzen oder zum Theil). Auf die Beurtheilung des Zahlenverhältnisses zwischen den mehrfachen Kernen einerseits und dem einheitlichen Fleck andererseits wird am Besten erst eingegangen werden, nachdem die Anschauungen der Forscher über das Centralkörperchen, die Sphère attractive und das sie umgebende Strahlensystem in Kürze dargelegt worden sind. Die folgenden Zeilen sind diesem Gegenstande<sup>3)</sup> gewidmet.

---

1) Die allgemein getheilte Anschauung, dass auch im entwickelten Wirbelthierauge zwischen Pigmentepithel einerseits und Stäbchen und Zapfen andererseits nur eine Contiguität bestehe, wird, wie ich während der Correctur erfahre, von Dubois und Renaut (Comp. r. s. ac. sc., T. 109, p. 747—749) bekämpft.

2) Auch im Insektenauge kommen, wie ich nachträglich finde, Pigmentverschiebungen vor. Exner (Wiener Sitz.-Ber., math.-nat. Cl., Bd. 98, III. Abth., 1889) stellte durch Vergleichung von Schnitten durch das Auge von Käfern fest, dass das Pigment im belichteten Auge etwa um die Länge der Krystallkegel tiefer gegen das Innere des Auges gerückt war, so dass der Raum zwischen den Krystallkegeln dabei pigmentarm sich zeigte, während in dem im Dunkeln gehaltenen Auge die Kegel auf das Reichste von Pigment umhüllt waren.

3) Bezüglich mancher hierhergehöriger Vorarbeiten (besonders von Auerbach, Fol, Bütschli, O. Hertwig, Selenka) der 70er Jahre verweise ich auf H. v. Jhering's Darstellung in seinem Vortrage: „Befruchtung und Furchung des thierischen Eies und Zelltheilung“, Leipzig, 1878. — Aeltere Angaben über radiäre Structuren in Eiern oder Furchungszellen (seit Derbès, 1847) siehe bei Flemming, Zelle, S. 295, und noch vollständiger bei Mark, Maturation, fecundation und segmentation of *Limax campestris*, Bull. of the mus. of comp. zool. at Harward College, Vol. VI, 12, 1881. —

---

Es wird sich hierbei empfehlen, von dem von Rabl (Anat. Anz. IV) entworfenen Schema der ruhenden Zelle auszugehen, denn diese, oder besser gesagt, die Zelle mit ruhendem (oder wenigstens nicht mitotisch sich teilendem) Kern interessirt uns hier am meisten. Er denkt sich, gestützt auf eigene Beobachtungen und auf die von Ed. Van Beneden und Neyt, sowie von Boveri an dem sich furchenden Ei von *Ascaris megalocephala* gewonnenen Anschauungen in der ruhenden Zelle einmal die chromatischen und dann die achromatischen Bestandteile des Kerns in ihrer typischen Anordnung, sodann aber auch die Fäden der Polstrahlung erhalten. Alle diese geformten Bestandteile haben wir uns nach Rabl gegen das Polarkörperchen<sup>1)</sup> centriert zu denken. Was seine erwähnten Erfahrungen an den Gewebszellen von Triton anbelangt, so konnte er schon vor längerer Zeit beobachten, dass „sich an den ruhenden Kernen von Triton die polare Delle viel länger forterhält, als dies sonst zu sein pflegt.“ Hier ist also die Stelle des früheren oder späteren Polfeldes noch zu erkennen.

Er bezeichnet es als recht wohl möglich, dass „die Kernmembran an der polaren Delle fehlt und Kern und Zelleib hier in innigem organischem Zusammenhange stehen<sup>2)</sup>.“

Rabl konnte weiter in vielen Zellen, in unmittelbarer Nähe des

1) Rabl schreibt „Polkörperchen“; ich ziehe den Ausdruck Polarkörperchen vor, weil erstere Bezeichnung auch für die Richtungskörperchen gebraucht wurde (z. B. Biol. Centralbl. II, 5. 103), wobei der Ausdruck Pol in dem Sinne von „formativer Pol des Eies“ zu verstehen ist. Gleichbedeutend mit Polarkörperchen ist Centrankörperchen oder Centrosom. Erstere Bezeichnung bezieht sich auf ihre Lage zur achromatischen Spindel, an deren Polen sich je eines dieser Gebilde findet, die zweite auf ihre gemeinsame Beziehung zu den radiären Fasern der Polstrahlung (Cytaster), jener zarten in die Zellsubstanz einstrahlenden Zeichnung, und zugleich zu den Spindelfasern. Es wurde im Jahre 1874 zuerst von Ed. Van Beneden bei den Dicyemiden gesehen (Bull. Ac. R. Belg. T. XIV, pag. 262.) Das Centrankörperchen wurde von Flemming im Monerulastadium des Keims von *Anodonta* 1875 gesehen und gut abgebildet, aber als „junger Kern“ gedeutet.

2) Eine bemerkenswerte Angabe machte vor Kurzem Fromann. In seinen Beiträgen „Zur Kenntniss der Lebensvorgänge in tierischen Zellen“ (Jen. Ztsch. f. Naturw., Band 23, S. 392) spricht er von einem unvollständigen Contur des Eikerns von *Strongylocentrotus lividus*, der an einer bestimmten Stelle „durch zarte körnige oder fädige, dem Dotter zugehörige Teile, die auch etwas in das Kerninnere prominiren können“ gebildet werde. (l. c. Taf. XXIV, Fig. 5b.)

Kernes, meist im Grunde der polaren Delle eine durch ihr starkes Lichtbrechungsvermögen und ihre homogene Beschaffenheit ausgezeichnete, gewöhnlich gegen den Zellenleib nicht scharf begrenzte Stelle nachweisen, welche er geneigt ist, als Polarkörperchen oder auch als „Attractionssphäre“ zu deuten.

Diese Vorstellung von der ununterbrochenen Centrierung der geformten Bestandteile der Zelle knüpft direct — Rabl hebt dies auch hervor — an die am Ei von *Ascaris megalocephala* gewonnene Anschauung Ed. Van Beneden's<sup>1)</sup> an. Letzterer hatte schon früher festgestellt, dass das Polarkörperchen (*corpuscule central*) sammt der Attractions-Sphäre, welche ersteres umschliesst, während der Ruhe persistiren. Er nennt die Attractions-Sphäre mit ihrem Centralkörperchen gradezu ein „organe permanent“ nicht nur der ersten Furchungskugeln, sondern jeder Zelle,<sup>2)</sup> es sei ein Organ in demselben Sinne wie der Kern. Jedes Centrankörperchen stamme von einem früheren derartigen Gebilde ab, ebenso sei jede Attractions-sphäre aus einer früheren entstanden und zwar durch Teilung, welcher Vorgang der Teilung des Zellkerns vorangehe.

## A. Plasmatische Centren und ihre Beziehung zur Mitose.

### a. Mechanische Bedeutung derselben.

Betrachten wir die Attractionssphären und ihre Bedeutung für die Mechanik der Kernteilung etwas genauer nach Ed. Van Beneden's und Boveri's Angaben.

I. Ed. Van Beneden (l. c.) Im Aequatorialstadium einer sich teilenden Furchungskugel von *Asc. meg.* sind ausser den Polkörperchen auch die sie umschliessenden Attractionssphären (von Van Beneden entdeckt, von Boveri bald darauf unter dem Namen „Archoplasmakugeln“ etwas abweichend geschildert, von Kultschitzky als „Richtungssonnen“ bezeichnet) nebst den von ihnen ausgehenden Strahlen der Asteren und den Fibrillen der achromatischen Spindel am deutlichsten. (l. c. p. 262).

Unter welchem Bilde die feinere Structur der Attractionssphären sich darstellt, ist abhängig von der Art der vorhergegangenen

1) Ed. Van Beneden et Neyt, Nouvelles recherches sur la fécondation et la division mitosique chez l'Ascaride megalocéphale, Commun. prélim. im Bull. Ac. R. Belg., 57. année, 3 série, T. XIV, 1887, S. 215—295, 6. Taf.

2) Bei Pflanzen wurden Polarkörperchen bisher noch nicht gesehen, freilich trifft man bei ihnen auch nur selten Polstrahlungen an. (Strasburger, Kern- und Zellteilung. 1858, p. 97 u. 101, cit. nach Kölliker, Gewebelehre, p. 60.

Fixierung. Nach Fixierung der Eier in reiner Essigsäure<sup>1)</sup> und Färbung mit Malachitgrün erscheinen die Attractivkugeln hellgrün, die Centralkörperchen dunkelgrün. Bei dieser Fixierungsmethode erhält sich die strahlenförmige Structur der Attractivkugeln, von der gleich die Rede sein soll, nicht, sie sehen gleichmässig granuliert aus, heben sich aber scharf von den Centralkörperchen ab. (Der Rest des Zellkörpers färbt sich kaum grün, l. c. p. 265 und 266).

Nach Fixierung in einer Mischung von Eisessig und Alcohol erscheint das Centralkörperchen als eine granulirte Masse; die Attractivkugeln sind von deutlichen Fibrillen durchsetzt, die an der Oberfläche gewöhnlich Anschwellungen darbieten. Ausserhalb des Gebietes dieser Kugeln setzen sich die Fibrillen als zartere Fäden fort und lassen sich bis gegen die Oberfläche des Dotters verfolgen. An der Bildung der Attractivkugeln beteiligen sich auch die Enden der achromatischen Spindel; die Spindel ist überhaupt nur ein differenzierter Abschnitt der Asteren, in deren Bereiche die Fibrillen dicker sind. Nicht nur die Spindelfibrillen allein inserieren an den primären chromatischen Schleifen, dasselbe Verhalten lässt sich auch an den der Spindel benachbarten Strahlen des Asters nachweisen. Behandlung mit dem Essigsäure-Alcohol-Gemisch ergiebt, dass die Attractivkugeln in zwei Abschnitte gegliedert sind: eine Markzone mit sehr wenig

---

1) Auch Bergh (Studien über die erste Entwicklung des Eies von *Gonothyrea Lovéni*, Allm. (*Campanularia geniculata*, Lister), Morpholog. Jahrbuch Band V, S. 22—61, 2. Taf., 1878) fixirte die Furchungsamphiasteren (bei *Gonothyrea*) mit Essigsäure (1%). Er findet an jedem der Pole einer Spindel einen hellen Hof, der ein stark lichtbrechendes Korn einschliesst, welches B. als „Nucleolus“ deutet (es liegt offenbar das Centralkörperchen vor). Um die hellen Höfe lässt der Dotter eine deutliche radiäre Anordnung erkennen, die aber nicht in allen Phasen der Kern- und Zellteilung dieselbe Ausdehnung besitzt und auch nicht immer gleich scharf hervortritt. Zur Zeit, in der nur „eine mittlere Verdichtungszone“ (damit sind die Chromatinschleifen des Muttersterns gemeint) in der Spindel vorhanden ist, sind die Strahlensysteme nicht so stark entwickelt, als auf der nächst folgenden Entwicklungsstufe, die durch das Auftreten zweier seitlicher Verdichtungszone characterisirt ist (Stadium der Tochtersterne). Hat die Furchung auch „äusserlich“ begonnen, so erstrecken sich die Strahlen bis zur Peripherie. Wahrscheinlich ist die äussere Furchung hierdurch causal bedingt. Ueber die beigegebenen Abbildungen bemerke ich noch Folgendes: Die Radien der Polstrahlung lassen deutliche spindelförmige Verdickungen erkennen, erscheinen also wie varicos. Auf Fig. 19 glaube ich, ausser dem Polkörperchen auch die beiden von Ed. Van Beneden unterschiedenen Schichten seiner Attractivsphären (die Marksicht und die Rindenschicht) zu erkennen.

ausgesprochenen Strahlen und eine durch einen Ring ziemlich grosser Granula von ihr abgesetzte, peripherische oder Rindenzone.

Die Strahlen der Asteren und die Spindelfasern lösen sich an gewissen Stellen in Büschel auf, das geschieht u. A. an der innern und äussern Grenze der Corticalzone der Attractivkugeln.

Dass die Spindelfasern dicker sind, als die Mehrzahl der Asterenfibrillen, wurde schon erwähnt; aber auch von letzteren heben sich manche durch grössere Stärke von den übrigen ab, nämlich die den Spindelfasern gegenüberliegenden. Das Centalkörperchen (Polarkörperchen) entspricht also den Spitzen zweier mit den Basen von einander abgekehrten Kegel; die Spindelhälfte (der Hauptkegel) wendet die Basis nach innen gegen das Centrum des Eies, der andere Kegel (Antipodenkegel) gegen die Peripherie desselben. Der Basis des letzteren entspricht eine Vorwölbung, die durch eine leichte, kreisförmige Einschnürung von der Umgebung abgesetzt ist (Polarkreis). Den nach dem Aequator zu gerichteten Enden der Asteren entspricht ebenfalls je eine ringförmige Einziehung; es sind dies die „cercles subéquatoriaux.“

Ueber die Structur der achromatischen Fibrillen ist noch nachzutragen, dass sie rosenkranzförmig sind; sie bestehen aus Microsomen, die durch Zwischenfäden mit einander reihenweise verbunden sind. Da aber auch die Microsomen benachbarter Fibrillen durch solche Zwischenfäden mit einander verbunden sind, so wird es wahrscheinlich, dass die Fibrillen nur die wegen ihrer grösseren Stärke mehr hervortretenden Teile des protoplasmatischen Netzwerkes sind. Essigsäure macht die Microsomen aufquellen. Die Fibrillen dieses Reticulum bezeichnet er als „les agents de la contractilite du protoplasme“. (p. 279).

Ueber die Herkunft der Attractivkugeln konnten die Autoren nichts Sicheres ermitteln, (p. 272) sie sind aber geneigt, sie von der zweiten pseudo-karyogenetischen Figur abzuleiten. Andererseits steht fest, dass die achromatische Spindel zum teil von den Attractivkugeln her stammt.

Der Teilung des Kerns geht eine Verdoppelung des Centalkörperchens und hierauf eine Teilung der Attractionssphäre voraus. (p. 275) Dass die Verfasser die Fibrillen des Zellreticulum für contractil ansehen, wurde schon erwähnt. Wahrscheinlich bestimmen durch ihre Contraction die Fibrillen der Hauptkegel das Auseinanderweichen (écartement) und die Wanderung (cheminement) der secundären chromatischen Schleifen gegen die Pole der dicentrischen Figur. Das Centalkörperchen, welches sich zuerst teilt, spielt in dem System der contractilen Fasern die Rolle eines Insertionspunktes.

Der Protoplasmakörper der Zelle hat einen wichtigen Anteil an den Phänomenen, welche den Inbegriff der Mitose bilden, denn das Centalkörperchen beherrscht (préside) die Zellteilung.

Vielleicht sind auch die „Cercles“ und „saillies polaires“ charakteristische Merkmale einer jeden Zellteilung; frühere Erfahrungen Van Benedens bei der Teilung der Spermatogonien bei *Clavelina* und auch beim Kaninchen (Recherches, Taf. XIX ter., Fig. 16 und 17) sprechen gleichfalls in diesem Sinne.

Die ersten Furchungskugeln haben einen bilateralen Bau; die Achse geht durch den Mittelpunkt des Polarkreises, die Mitte der Attractivkugeln zwischen den beiden Centralkörperchen hindurch und durch den Kern. Beide Endabschnitte der Achse haben einen verschiedenen Wert, denn auf der einen Seite schiebt sich eine Attractivkugel zwischen die Austrittsstelle der Achse und den Kern. Wahrscheinlich haben wir in dem bilateralen Bau einer jeden Zelle zukommende, allgemeine Eigenschaft zu erblicken, in der möglicherweise die Ursache der bilateralen Symmetrie der Organismen, besonders der Tiere, begründet ist.

II. Boveri. Aus Boveri's „Zellenstudien“,<sup>1)</sup> gleichfalls am Ei von *Ascaris megalocephala* angestellt, hebe ich folgende für unsere Erörterung wichtige Punkte hervor. Die Zellsubstanz des Eies wird „aus einer homogenen Grundsubstanz“ gebildet, „in der sich ein feinfädiges bald eng-, bald weitmaschiges Gerüst ausbreitet. Zwischen diesem Fadenwerk sind in die Grundmasse grössere und kleinere Dotterkörper, sehr kleine regellos zerstreute Körnchen und eine specifische, je nach dem Entwicklungszustand des Eies körnige oder fädige Substanz eingelagert“ (S. 745). Diese, von den übrigen Zellbestandtheilen, wie namentlich aus ihrem Verhalten der Essigsäure gegenüber hervorgeht, verschiedene Substanz nennt Boveri „Archoplasma.“ In der von ihm angewandten Pikrin-Essigsäure-Mischung (s. Jen. Ztsch. Band XXI, p. 433) „verquellen alle übrigen Bestandtheile der Zellsubstanz zu einer durchsichtigen Masse, während die Structur des Archoplasmas (und der Kerne) sich erhält“ (S. 746). (Vergl. hier die von Van Beneden und Neyt gegebene Schilderung der Structur der mit der Archoplasma-Kugel wesentlich identischen Attractionssphäre nach Einwirkung von Eiessig.) Die geschilderte Reaction tritt übrigens erst nach der Ausscheidung der zweiten Perivitellinhülle ein, also zwischen der Abtrennung des ersten und zweiten Richtungskörpers. Auf diesem Stadium erscheint das Archoplasma als dichter kugelig Hof einer gleichmässig körnigen Substanz, die das im Centrum des Eies gelegene Spermatozoon umgiebt. Es ist übrigens, wenn auch nicht so deutlich, schon während der Bildung des ersten Richtungskörpers erkennbar. (S. 749). Nach der Abtrennung des zweiten Richtungskörpers verlässt das Spermatozoon die Archoplasma-Kugel, wobei sich dessen „Centrosoma“ von ihm trennt. Wahrscheinlich wird auf diese Weise dem Ei ein Gebilde zugeführt, das es noch nicht besass, und das in die Mitte der Archoplasma-Kugel zu liegen kommt, und nun dessen

1) Jenaische Zeitsch. f. Naturw., Band XXII, S. 685—882, 3. Taf.

„Centralkörperchen“ (Centrosoma) darstellt. Es unterscheidet sich durch stärkeres Lichtbrechungsvermögen von seiner Umgebung und ist von einem hellen Hof umgeben. Es zerfällt durch Teilung in zwei Hälften; auch die Archoplasmakugel zerfällt in zwei Hälften, welche, jede mit ihrem Centrosoma in der Mitte, auseinanderweichen. Während nun bisher die einzelnen Körner in keiner besonderen Weise sich gruppieren liessen, gewinnen sie nun — und es ist dies das erste Zeichen, dass die Kugeln activ werden — eine deutlich radiäre Anordnung um ihr Centrum (S. 762). Die Körnchen oder Microsomen, aus denen sich die Radien zusammensetzen, sind — es ist dies auch mit Bezug auf die Pigmentzelle der Teleostier, für die dasselbe gilt, bemerkenswerth — in der Peripherie der Kugel kaum weniger dicht gelagert, als in der Umgebung des Centralkörperchens. Die Radien spalten sich also (was auch Van Beneden und Neyt angeben). Weiterhin kommt es zu einer Umwandlung der Microsomenradien zu Fibrillen von gleichmässiger Stärke und zwar von der Peripherie her gegen das Centrum fortschreitend. Dabei wird ein Zwischenstadium durchlaufen, in dem die Fäden rosenkranzartig sich darstellen; die einzelnen Archoplasmamicrosomen sind ursprünglich selbständige Gebilde, die Annahme, dass schon in der ruhenden Archoplasmakugel die benachbarten Microsomen durch Fibrillen mit einander verbunden seien, hält er nicht für begründet (S. 764). Während diese Umwandlung sich vollzieht, treten beide Archoplasmasysteme und die vier chromatischen Elemente des Eies mit einander in Beziehung und gruppieren sich zur Kernspindel. Die gegen die chromatischen Elemente ziehenden Archoplasmaradien (Fibrillen) bilden mit denen der anderen Seite die „Spindelfasern“; alle die Fädchen, die von der einen Kugel kommen, setzen sich ausschliesslich an die eine der beiden Schmalseiten eines bandförmigen Chromatinkörpers an, alle die der anderen ebenso ausschliesslich an die andere. Die Archoplasmafädchen sind als muskulöse Fibrillen anzusehen und alle für „Muskeln“ geltenden Gesetze können auch für diese Zellenorgane Anwendung finden (l. c. p. 783). Ihre Contraction bedingt nun eine entsprechende Annäherung zwischen dem Centrosoma und dem Punkte der Schleife, an den die Fibrillen herantreten. In dem Maasse, als die beiden Tochterplatten auseinander weichen, nimmt die Polstrahlung an Ausdehnung ab, während die centrale Kugel wieder an Grösse und Deutlichkeit gewinnt: die Archoplasmafibrillen wandeln sich wieder in die körnigen Radien um, aus denen sie entstanden waren. Schliesslich nimmt jedes Archoplasmasystem wieder die Kugelform an (S. 812).

Van Beneden's und Neyt's Beobachtungen über die Symmetrie-Verhältnisse des Eies sind hinfällig, denn die gegenseitige Lage der Kerne und der beiden Archoplasmakugeln ist eine variable (S. 760).

Rabl (l. c. p. 26) sieht gleichfalls in der „Kontraction sämmtlicher geformter Bestandtheile“ der Zelle den Anstoss zur Theilung des Polkörperchens und der Attractionssphäre. Die Theilung

des Polkörperchens soll weiterhin wieder auf die Spindelfasern (die sich doch auch contrahirt hatten) zurückwirken, der Art, dass es wahrscheinlich zu einer Längspaltung komme, die wieder eine Längspaltung der chromatischen Fäden im Gefolge habe.

Ich kann mich umsomehr darauf beschränken, die Anschauungen der genannten Forscher über die mechanische Bedeutung der Archoplasmafäden und der Filarsubstanz überhaupt hier nur zu registriren, als die Bearbeitung der Frage des causalen Zusammenhangs zwischen Contractilität und fibrillärer Structur (Engelmann) neuerdings wieder in Angriff genommen wurde (vergl. Ballowitz, Fibr. Structur und Contractilität, Pflüg. Arch., Bd. 46).

Nur darauf sei hier noch kurz hingewiesen, dass schon früher von Strasburger und Flemming die Möglichkeit erörtert wurde, dass die achromatischen Fäden contractil seien.

b. Wir kommen nun zu einer zweiten Gruppe von Autoren, deren Angaben gleichfalls diese plasmatischen Centren in Beziehung zum Theilungsvorgang betreffen, ohne dass jedoch die mechanische Bedeutung von ihnen besonders betont würde.

T. Vejdovsky's Werk: Entwicklungsgeschichtliche Untersuchungen. Heft I. Reifung, Befruchtung und die ersten Furchungsvorgänge des Rhynchelmis-Eies, Prag 1888 (166. Stn., 10. Taf.) konnte ich bisher leider nicht im Original einsehen. Ich beschränke mich daher auf einige Hauptsätze, die ich einem Referate P. Mayer's (Zoologischer Jahresbericht für 1888, Bogen 24\*, S. 13) entlehne: Der bekannte Hof um den Kern, vom Verf. als „Periplast“ bezeichnet, kommt „jeder lebensfähigen Zelle“ zu. Die Attractionscentra Van Beneden's sind nichts Anderes als die Tochterperiplaste (Diplaste) und die sog. Polkörperchen<sup>1)</sup> die endogenen Anlagen der Enkelperiplaste. Bei der Bildung der Richtungskörper wird der grösste Theil des Eiperiplastes ausgeschieden und der Rest kann das Ei nicht zur weiteren Theilung veranlassen. Hierfür tritt dann der Periplast des Samenfadens ein. —

Boveri traf das Archoplasma in seiner ursprünglichsten Form „mehr oder weniger gleichmässig im ganzen Eikörper ausgebreitet“ an (l. c. p. 757). Vor der Bildung des ersten Richtungskörperchens gelang der Nachweis desselben nicht, doch will Boveri deshalb seine Existenz nicht in Abrede stellen (p. 749). Wollte man nun den Periplast Vejdovsky's mit dem „Archoplasma“ in Beziehung bringen, so müsste man ihm die Bedeutung einer noch ursprünglicheren Form jener Plasmamasse zuerkennen.<sup>2)</sup>

1) Centrosomen.

2) Einer andern dankenswerthen Information über Vejdovsky's Werk, die mir zuzuging, darf ich wohl entnehmen, dass die Lage des Kerns zum Periplasten nicht immer dieselbe ist. Das Keimbläschen liegt im Centrum jener Masse, der Kern der ersten Furchungskugeln liegt ausserhalb derselben, während in den späteren Furchungskugeln das ursprüngliche Verhältniss sich wieder herstellt.

Platner findet sämtliche Bestandtheile der samenbildenden Zellen bei *Paludina vivipara* (Arch. f. mic. Anat., Bd. 33, p. 135) nach dem Centrosoma orientirt. Das reife Ei von *Aulastomum gulo* enthält nur das nackte Centrosoma ohne Archoplasma. Er theilt mit Van Beneden die Ansicht, dass dasselbe ein constanter Bestandtheil der Zelle sei, dagegen wären die „sphères attractives“ nicht als nothwendige Umhüllung desselben zu betrachten. Doch lässt Pl. die Möglichkeit zu, dass es in diffuser Vertheilung vorhanden sein möge. Das Centrosoma theilt sich in zwei, damit ist die Bildung der ersten Richtungsspindel eingeleitet, dann erst tritt eine halbkreisförmige Anordnung der Dotterkörnchen hervor. Um die beiden Tochtercentrosomen bilden sich dann allmählich typische Archoplasmakugeln aus, an denen sich die von Van Beneden beschriebenen Schichten (eine Marksicht und eine Rindenschicht) unterscheiden lassen.

Auf den aus den Spindelfasern abzuleitenden „Nebenkern“, für den Platner die Bezeichnung „Mitosoma“ vorschlägt, gehe ich hier nicht ein; auch die von diesem nach Platner zu trennenden „Nebenkerne“ im Pancreas, die von ihm sog. „Zymblasten“ müssen hier unberücksichtigt bleiben.

Auch v. Kölliker<sup>1)</sup> leitet die Attractionssphären aus dem Zellprotoplasma ab und zwar zunächst aus einer Polstrahlung. Er sah sie in dem sich furchenden Ei von *Siredon*, wo sie schon Bellonci (1886) bemerkt zu haben scheint und zwar in den grösseren Furchungskugeln der ersten Entwicklungsstadien. Sie liegen in der Einzahl neben dem ruhenden Kern und zwar an der Seite, welche dem früheren Kernpole entspricht. Vor der Kerntheilung steigt ihre Zahl auf zwei, sie haben sich wohl also gleichfalls getheilt. Hie und da war wohl auch ein Centrankörperchen nachweisbar. An kleineren Furchungskugeln gelang der Nachweis von Attractionssphären nicht, allein er hält dafür, dass sie auch hier unzweifelhaft vorhanden und nur durch Dottergranula verdeckt seien. v. Kölliker erwähnt dann noch Angaben von Fol, Flemming und Vialleton, die mehr oder minder bestimmt dafür sprechen, dass auch in den Eiern anderer Thiere Theilungen von Polstrahlungen und Centrankörperchen vorkommen.

F. Hermann<sup>2)</sup> beschreibt im Zellenleib der Spermatoocyten des Salamanders eine „farblose Kugel“, die auch während der Theilungen der Spermatoocyten in deren Protoplasma erhalten bleibe. Die Theilproducte, in welche sie im Stadium der Metakinese zerfällt, rücken an die Spindelpole und übernehmen weiterhin die Rolle der „Centrosomen“. Attractionskugeln waren nicht nachweisbar. Abweichend von v. Kölliker leitet er die farblose Kugel aus dem

1) Anatom. Anzeiger, IV., 5. 147 flg. und Handbuch der Gewebelehre, 1889, S. 49 flgd.

2) Arch. f. micr. Anat. Bd. 34, S. 69.

Kern ab, aus dem sie als das nicht tingible Element herausgeschleudert sein mochte (l. c. p. 88).

Flemming (Zellsubstanz, Kern und Zelltheilung 1882) hält die zu den Polen centrirte, radiäre Anordnung im Zellkörper (Aster [Fol], Radiensysteme [Flemming] für ein „allgemeines Phänomen der Zelltheilung“; ebenso Mark.<sup>1)</sup> Sie waren, als Flemming dies schrieb (1882) ausser im Ei (Derbès, 1847) und den ersten Furchungskugeln und ferner im dreiblättrigen Stadium bei Säugthieren (Van Beneden, Bull. Ac. R. Belg., 2. sér., t. 40, 1876) in Gewebszellen erst bei Salamandra (Flemming, Schriften des naturw. Vereins z. Kiel, 1. Aug. 1878 und Arch. f. micr. Anat., Bd. 16) und in Hodenzellen von Raupen (Mayzel, Tageblatt d. 3. Versammlung poln. Aerzte und Naturf. in Krakau, 1881) gesehen worden. (Auch Grobben hat, wie ich hinzufügen möchte, schon im Jahre 1878 eine kurze Polstrahlung abgebildet [Beiträge z. Kenntn. d. männl. Geschlechtsorg. der Decapoden, Taf. III, Fig. 17]; die homogene Masse, von der die des linken Pols ausgeht, scheint sich zur Theilung anzuschicken).

Das Wesen dieser Erscheinung liegt nach Flemming in einer „zeitweiligen radiären Anordnung des Protoplasma's“ selbst, die einhergeht mit gleichsinniger Orientirung körniger Einlagerungen in die Zellsubstanz (Dotterkörner, Pigmentkörner). Bei den Eizellen sind die Stellen der Pole ausserdem noch dadurch characterisirt, dass dieselben von Dotterkörnern frei werden. Später kommt es zu einer „materiellen Differenzirung im Centrum dieser hellen Polstellen“, zur Bildung des Polarkörperchens (abgebildet Tafel III<sup>b</sup>, Fig. 40, Endothelzelle des Bauchfells einer Salamander-Larve). Die Radiärfäden (Fäden der Polstrahlung) pflegen (in Gewebszellen von Salamanderlarven) deutlich nur nach Behandlung mit Chrom-Essigsäure oder Pikrin-Essigsäure (besonders bei nachfolgender Färbung) hervorzutreten (l. c. p. 209). — An einer andern Stelle bemerkt er, dass an Eiern in Theilung die Theilung die Zellstrahlung während des ganzen Theilungsverlaufs „niemals rein monocentrisch gewesen zu sein braucht, sondern vielleicht gleich von vornherein dicentrisch auftritt, entsprechend eben der Anlage der Pole“ (l. c. p. 366). — Schliesslich sei noch gewisser Formeigenthümlichkeiten der Polradien gedacht, da wie Flemming (Arch. f. micr. Anat., Bd. XX, S. 32)

---

1) Dagegen stehen nach Minot (Biolog: Centralbl. II. S. 366) die Asten wahrscheinlich in engster Beziehung zu dem Vorgang der geschlechtlichen Fortpflanzung; er stützte sich darauf, dass sie „nur bei der Bildung der Geschlechtsproducte und bei den bald nach der Befruchtung erfolgenden Theilungen sich deutlich erkennen“ liessen, eine Behauptung, die Flemming schon im Jahre 1882 für nicht stichhaltig erklärte und die seitdem durch den vielfach geführten Nachweis von solchen Strahlenfiguren in Gewebszellen (s. oben) völlig widerlegt wurde.

bemerkt, die Kenntniss derselben „vielleicht künftig für ein physikalisches Verständniss der Strahlenbildung brauchbar werden mag“. Statt geradliniger Polradien kommen in Eiern von Wirbellosen auch spiralförmige (Mark, Jijima) und gekrümmte Radien (Flemming [1881], Selenka, Biol. Centralbl. I., S. 496) Radien vor.

Nach Frommann (l. c. p. 397) ändern die ganzen Strahlen, die den Furchungskern von *Strongylocentrotus* umgeben, wie die einzelnen sie constituirenden Theile „unausgesetzt ihre Form und Beschaffenheit, schwinden und werden neugebildet, während bei allem Wechsel im Einzelnen doch der radiäre Charakter der Figur im ganzen erhalten bleibt“. Dasselbe gilt auch für die geformten Dotterelemente des reifen befruchteten Eies, die eine radiäre Anordnung zeigen (l. c. p. 396), sowie für die Grundsubstanz der grauen Gehirnrinde von *Torpedo* und *Raja* und für die Gerüstsubstanz der Ganglienzellen des elektrischen Lappens von *Torpedo* (l. c. p. 403).

## B. Plasmatische Centren in ruhenden Zellen.

In manchen ruhenden Eiern ist eine möglicherweise nur vorübergehende Centrirung der Zellkörperstructur nachgewiesen worden. So fand Flemming im ruhenden Eierstocksei von *Toxopneustes lividus* nach Behandlung desselben mit Chromsäure und Carmin eine „ziemlich deutliche radiäre Structur“, die monocentrisch zu sein und — nach der Abbildung zu urtheilen — vom Kern (Keimbläschen) auszugehen schien. Die „Strichelchen sind als Reihen feiner Körnchen zu denken“ wie Flemming in der Tafelerklärung zu Fig. 18, Taf. I seines Buches bemerkt. — Vielleicht gehört auch das Aussenden pseudopodienartiger Fortsätze hierher, welche Selenka im Ei von *Toxopneustes variegatus* kurz nach der Entstehung des Gallertmantels in denselben eindringen sah (s. die von Balfour reproducirte Abbildung Selenka's in des Ersteren Handbuch der vergl. Embryologie, Band I, S. 34). Schon früher (1876) sah Leydig „im Plasma des Eierstockseies vom Frosch eine radiärstreifige Sonderung durch die ganze Eizelle“ sich erstrecken.

An Schnitten durch die Leber des Frosches (frisch oder mit Osmium behandelt) erkannte Kupffer,<sup>2)</sup> dass die Leberzelle, abgesehen vom Kern, „aus zwei deutlich von einander unterscheidbaren

---

1) Vom Kern ausgehende Strahlungen im Zell-Protoplasma deutet v. Kölliker als Ausdruck einer lebhaften Säftebewegung zwischen Kern und Protoplasma.

2) Kupffer, C., Ueber Differenzirung des Protoplasma in den Zellen thierischer Gewebe, Schrift. d. naturw. Vereins für Schleswig-Holsteiu, I. Band (1875), 3. Heft, S. 229—242.

Substanzen“ besteht, nämlich aus einer „hyalinen, der Masse nach überwiegenden Grundsubstanz“ (dem formgebenden Paraplasma) und einer „spärlicheren, feinkörnig fibrillären“ Substanz (dem in jene eingebetteten Protoplasma). Das Protoplasma (also der feinkörnig fibrilläre Theil) zeigt sich meist (nach Behandlung mit Osmiumsäure) „um den Zellkern oder neben demselben am beträchtlichsten angehäuft“. <sup>1)</sup> Von dieser compacteren „Centralmasse“, die auch von dem Kern abrücken kann, strahlen Netzfäden <sup>2)</sup> nach der Peripherie aus. Manchmal fehlen aber diese Strahlen, das Protoplasma ist dann klumpig um den Kern geballt. Stets bleibt der Kern, wenn auch nur durch Vermittelung zarter Fäden, in Contact mit dem Protoplasma. — Auch in dem Odontoblasten (Kalb) umgiebt die feinkörnig fibrilläre Substanz den Kern, doch so, dass sie vor dem Kern, d. h. peripherisch von demselben, ihre stärkste Ansammlung hat. Die Zahnfasern bestehen überwiegend, wie schon F. Boll (Arch. f. micr. Anat. Bd. IV, S. 82) es geschildert hat, aus der hyalinen Substanz.

Auch Langendorff <sup>3)</sup> sieht die Leberzellen des Frosches — nach Behandlung mit 0,6%iger Chromsäure oder Sublimat — von einem feinen protoplasmatischen Netzwerk (so deutet er in Uebereinstimmung mit Kupffer die Filarmasse Flemming's) durchzogen; er vergleicht es dem von Afanasieff (Pflüg. Arch., Bd. XXX, Fig. 2) abgebildeten Maschenwerk in der Hundeleber, nur scheinbar es zarter zu sein. Auch er constatirte stets eine protoplasmatische „Centralmasse“, wenn auch ihre Structur (ob netzartig oder fadenknäuelartig) nicht immer klar zu erkennen war. Sie fand sich oft im engsten Zusammenhang mit dem Kern, so dass an Zupfpräparaten der Kern mit einem Protoplasmaabart (so erscheint die Centralmasse nicht selten) isolirt werden konnte. „Der dem Kern zunächst gelegene Theil desselben sieht manchmal fast homogen aus“. L. hebt weiterhin hervor, die Mächtigkeit der „Centralmasse“ sei erheblichen

1) Vergl. die Zeichnung Kupffer's in Hermann's Handbuch d. Physiolog., Bd V, Th. I, S. 223 (1883).

2) Die netzförmige Verbindung der Fäden wird von Flemming (Zellsubstanz, Kern und Zelltheilung. S. 25) in Zweifel gezogen. Er giebt ferner der Meinung Ausdruck, dass die Fadenmasse durch die Osmiumsäure eine bruske Veränderung erleide, so dass sie „continuירlich und einseitig zusammengeballt wird“ (l. c. p. 28). — Dass die Fadenmasse der Regel nach um den Zellkern oder neben ihm am beträchtlichsten angehäuft wäre, konnte er nicht finden; er sah die Fäden vielmehr in dichten Büscheln von den Gallenröhrenquerschnitten aus divergirend in die Paraplasma-masse einstrahlen, „meist ohne den Kern zu erreichen“ (S. 25).

3) Arch. f. Anat. und Physiol. 1886, Physiolog. Abth., Supplementband, vergl. namentlich Taf. XVIII. Fig. 1.

Schwankungen unterworfen, je glycogenreicher die Zelle sei, desto spärlicher erscheine erstere (an Winterlebern z. B.).

Möglicherweise sind auch einige der von Czermak (Vergl. Studien über die Entwicklung des Knochen- und Knorpelgewebes, Anat. Anzeiger, III, S. 470—480) mitgetheilten Erscheinungsformen<sup>1)</sup> eines sog. „Nebenkerns“ in Knorpelzellen hierher zu beziehen. Die Stelle lautet wörtlich, wie folgt: „In den knorpeligen Pflugscharbeinzellen des Kalbes beobachtet man den Nebenkern in folgenden Formen: a. als beulenförmigen Auswuchs aus dem Kerne, b. als zerfliessende, dem Kerne anliegende Masse, c. als weitmaschiges Netz im Protoplasma, d. als eine halbspindelförmige Gruppe von schlingenförmig gebogenen Fäden, die in einiger Entfernung vom Kerne liegt, e. als eine Anzahl kurzer Fibrillen, die in einiger Entfernung von dem Kerne parallel dem Längsdurchmesser der Zelle liegen.“ Er giebt allerdings die Möglichkeit zu, dass die von ihm beobachteten Knorpelzellen im Stadium der Karyokinese sich befanden hätten.

Ich habe selbst in der knorpeligen Grundlage des Schultergürtels mittelgrosser Hechte eine ähnliche Beobachtung gemacht, und zwar an Zellen, die mit voller Sicherheit einen ruhenden, schwach-körnigen Kern besaßen, und die einer bestimmten Zone angehörten. Diese Zone ist in der Figur 4 mit + bezeichnet, und es verdient hervorgehoben zu werden, dass auf Schnitten, deren Richtung durch eine Linie bezeichnet ist, nicht weniger wie 7 solcher Zonen unterschieden werden können, deren Zellen alle durch besondere Merkmale charakterisirt sind, wenigstens, wenn man das vorher von den Weichtheilen möglichst gesäuberte<sup>2)</sup> Organ in das Flemming'sche Chrom-Osmium-Essig-Gemisch gebracht hatte. In der dritten der von mir unterschiedenen Zonen fand ich denn in unmittelbarer Nähe des Kerns oder in einiger Entfernung davon ein gröberes protoplasmatisches Netzwerk, das zwar mit dem Reticulum des Zellkörpers ununterbrochen zusammenhing, aber doch deutlich von ihm sich als etwas Besonderes abhob; denn einmal waren, wenn man die Schnitte in Alcohol oder auch in verdünntem Glycerin untersuchte, diese centralen Balken von beträchtlicherem Glanze, als die peripheren, und sodann waren die von ihnen umschlossenen Maschen rundlich und grösser, als die mehr langgestreckten kleinen Lücken der Peripherie des Zellkörpers. Manchmal befand sich im Bereiche jener Centralmasse, wie ich sie im Anschluss an Kupffer nennen möchte, ein schwarzes Korn, ein Fett-Tröpfchen; ich muss es aber unentschieden lassen, ob dasselbe ihr nur auflag oder vielmehr in das Innere derselben zu verlegen ist.

Die eben gegebene Beschreibung würde sich also den Angaben

1) Sie sind von mir gesperrt im Druck hervorgehoben.

2) Es geschah dies, um eine sofortige Fixirung zu bewirken.

Fromann's über die netzförmige Structur des Körpers der Knorpelzellen (Salamandra), für welche auch Leydig eintritt, anschliessen, mit der sich Flemming (Buch, S. 22) freilich nicht befreunden kann. Leydig findet ferner in gewissen Knorpelzellen der Salamanderlarve „eine Höhlung um den Kern“ (Vejdovsky's Periplast?), welche nur von feinen Fäden durchsetzt wird, während das Netzwerk zunächst des Hohlraums dichter gefilzt erscheint.“ — In einer älteren Schrift (Unters. z. Anat. u. Hist. d. Th., 1883) hebt Leydig hervor, dass ein bedeutsamer Zug in der Gestaltung in der anorganischen wie organischen Natur immer wieder kehre, nämlich die Richtung der Theile gegen eine Mitte. Kernkörper, Kern und Zellsubstanz hängen durch Fadennetze unter sich zusammen, denn die Peripherie des Kernes ist porös. Durch diese Poren treten feine Plasmafäden in den freien Raum um den Kern, der von einer halbflüssigen Zwischensubstanz erfüllt ist; sie durchziehen ihn strahlig und setzen sich mit den Plasmabälkchen des Zellenleibes in Verbindung (p. 150). Die Plasmabälkchen können nun entweder zu einem gleichmässig maschigen oder netzigen Gefüge sich verbinden, oder es heben sich stärkere geradlinige Züge ab, so dass die betreffenden Gebiete dann gestreift erscheinen. Die einzelnen Streifen können parallel und zwar wieder parallel zur Längsachse oder quer zu ihr (Epithel- und Drüsenzellen) verlaufen, oder concentrisch (Ganglien kugeln 1864), oder die Bälkchen richten sich vom Rande nach der Mitte, dadurch entsteht ein radiär streifiges Aussehen, das entweder auf die Rinde beschränkt sein oder durch die ganze Zelle bis zum Kern sich erstrecken kann (Eierstocksei des Frosches, 1876).

Einer bei Abschluss des Manuscripts (3. Mai 1890) mir durch die Güte des Verfassers zugegangenen Arbeit von H. Bolsius (Recherches sur la structure des organes segmentaires des Hirudinées, aus La Cellule, T. V., 2. Heft) entnehme ich folgende Angaben, die Bolsius selbst mit der von mir beschriebenen radiären Structur der Fisch-Chromatophoren zusammenstellt. Die Hohlräume der Segmentalorgane der Hirudineen sind intracelluläre Cavitäten, deren Endabschnitte deutliche Beziehungen zu den Balken des Zellreticulums erkennen lassen; letztere zeigen nämlich eine radiäre Anordnung, die nicht auf den Kern centrirt ist, sondern von den Wandungen der intracellulären Hohlräume ausgeht<sup>1)</sup> (l. c. p. 417). Er verweist auch auf eine Beobachtung von Gilson (La Cellule, T. V, 1. Heft 1888), nach welcher auch in den Zellen der Duftdrüsen (glandes odorifères) von *Blaps mortisaga* die Protoplasmastrahlung nicht nothwendig vom Kern ausgehen müsse, vielmehr könnten Protoplasma-producte<sup>2)</sup> („des productions cytoplasmiques“) der verschiedensten Art als Insertion für die Hauptmasse der radiären Balken dienen.

1) Also nicht von einer compacten Centralmasse, wie bei den Chromatophoren.

2) Die also gleichfalls nicht der Centralmasse entsprechen.

Zum Schluss ist nur noch eine oben schon aufgeworfene Frage zu erörtern, nämlich: Wie haben wir uns den Umstand zu erklären, dass in den Pigmentzellen des Hechtes stets nur eine Centralmasse, dabei aber eine wechselnde Zahl von Kernen zu erkennen war? — Aus dem bei *Ascaris megaloccephala* beobachteten Vorkommen von Eiern, mit mehr als 2 Centrosomen, resp. Archoplasmakugeln, in denen die dritte Archoplasma-Sonne zu den chromatischen Elementen in gar keiner Beziehung steht, zieht Boveri (l. c., S. 862 flgd.) den Schluss, dass die Zelltheilung vom Kern vollkommen unabhängig sei. In solchen Fällen kann es zur Bildung einer „kernlosen Furchungszelle“ kommen. Die Centrosomen zerlegen eben als dynamische Mittelpunkte den Zellkörper in einzelne Territorien, „gleichviel ob sich dieselben einen Theil des Mutterkerns erobert haben oder nicht“ (l. c. p. 863 und 864). Bei den Chromatophoren hinwiederum kann umgekehrt die Kerntheilung von der Centralmasse (die doch wohl dem Centrosoma und seiner Umgebung entspricht) sich vollziehen. Freilich wird man bei dem engen Connex der Centrosomen und ihrer Umgebung zur achromatischen Spindel nicht daran denken dürfen, dass mitotische Processe sich hier zuletzt abgespielt haben. Ich glaube vielmehr, dass die Vermehrung der Kerne auf dem Wege der einfachen Zerschnürung vor sich geht. Dass Kerne auf diesem Wege überhaupt sich vermehren können, darf als festgestellt angesehen werden. (Vergl. v. Kölliker, Gewebelehre, 1889, § 18, ferner Flemming, Amitotische Kerntheilung im Blasenepithel von Salamandra [1889], Hoyer Darmepithel von *Rhabdonema nigrovenosum* [1890]). Auch bei den Chromatophoren handelt es sich um Zellen, die „weder mit der Formbildung, noch mit der Fortpflanzung in Beziehung stehen“ (v. Kölliker). Von

Wichtigkeit ist für unsern Zweck eine Mittheilung von Platner<sup>1)</sup>; sie betrifft die Zellen der Malpighi'schen Gefäße von *Dytiscus marginalis*, deren sehr voluminöse Kerne er in allen Stadien der directen Theilung antraf. Die Zahl der Kerne kann auf diese Weise auf 6 steigen, dabei geht die Vermehrung eigenthümlich gebauter Nucleolen stets voraus, aber von Centrosomen, die er von einer Reihe anderer Objecte her kennt, erwähnt er Nichts.

Demnach scheinen geformte Structuren des Zellprotoplasma's, sei dasselbe nun centrirt oder nicht, bei der directen Kerntheilung oder der Zerschnürung des Kerns eine nachweisbare Rolle nicht zu spielen. Dagegen sind, wie wir sahen, Centrankörperchen und Attractionssphären in mitotisch sich theilenden Zellen schon jetzt in zahlreichen Fällen nachgewiesen worden, so dass man mit Van Beneden u. A. daran denken darf, sie als ein wesentliches Attribut solcher Zellen anzusehen und ihnen eine active Betheiligung am Kerntheilungsprocess zuzuerkennen.

---

1) Arch. f. micr. Anat., Bd. 33, S. 145—'49.

Greifswald, im Mai 1890.

---

## Erklärung der Abbildungen auf Taf. I.

Fig. 1. Zwei Chromatophoren des Coriums der Infraorbitalgegend des Herings (*Clupea harengus*), nach Behandlung mit Müll. Fl., die obere einkernige mit schwarzer, die untere zweikernige mit gelber Pigmentmasse. Zeiss Apochr. 2 mm aeq. Brennw., Comp.-Oc. 4.

Fig. 2, a. Schwarze Chromatophore des Hechtes (*Esox lucius*) nach Behandlung mit Flemming's Chromosmiumessig-

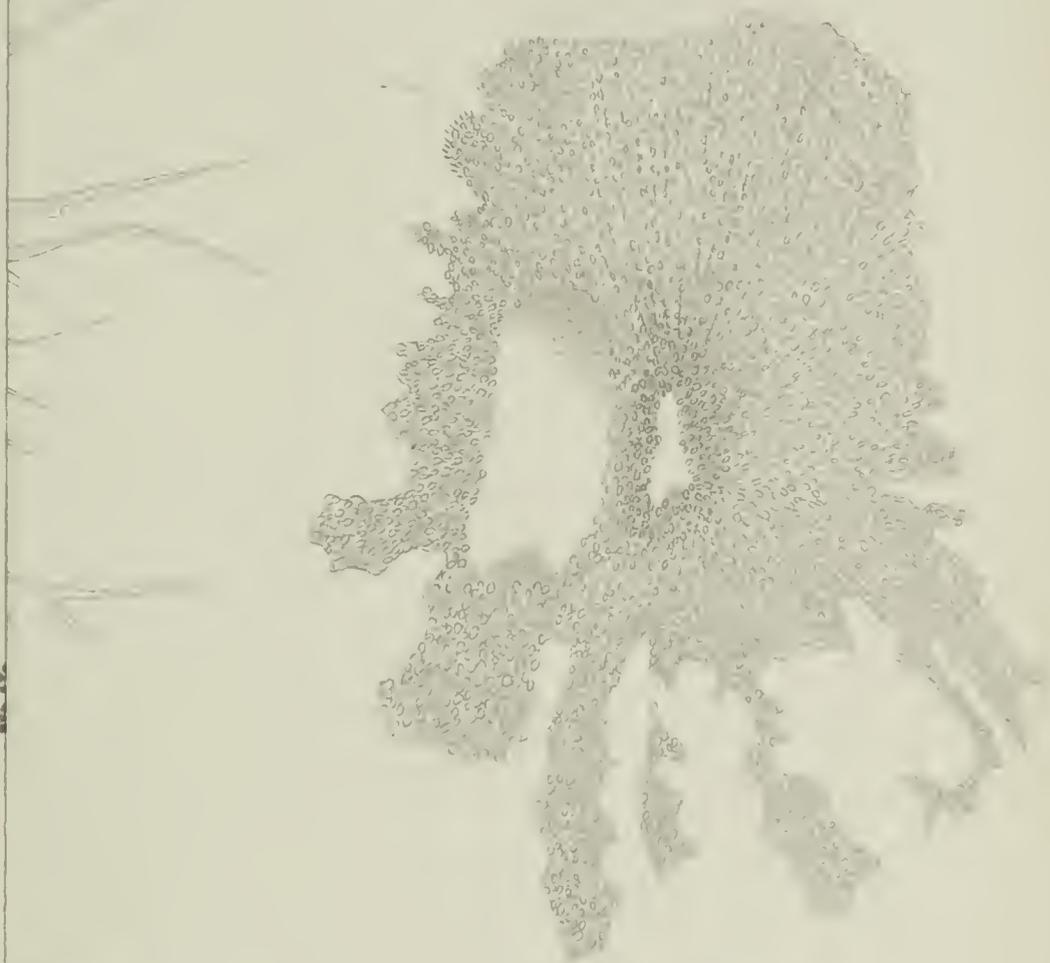
säure-Gemisch. Links der Kern, unter welchen sich von oben und unten her Pigmentschollen hinwegschiebee, rechts davon die Centralmasse, von der nach oben ein dreieckiges Feld mit radiärer Structur und freien fadenartigen Fortsätzen ausgeht. Vergr. wie in Fig. 1.—2b Randpartie dieses Feldes, freie fadenartige Fortsätze, an welche sich radiäre Reihen von Pigmentschollen anschliessen. Comp.-Oc. 8.

Fig. 3. Schwarze Chromatophore des Hechtes ebenso behandelt mit zwei Kernen (n n); in dem von ihnen gebildeten Winkel die helle Centralmasse (a), ringsum von Pigmentstrahlung umgeben. Vergr. wie in Fig. 2.

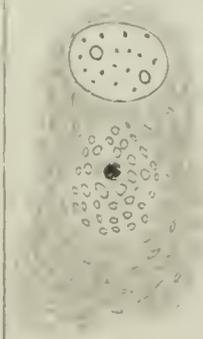
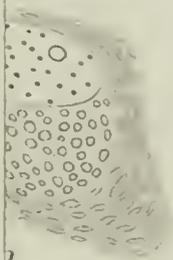
Fig. 4a. Knorpeliger Schultergürtel des Hechtes; die Linie zeigt die Schnittrichtung an, × die Stelle, wo die bei *b* abgebildeten Zellformen vorzukommen pflegen. — 4b Knorpelzellen mit gröberem neben dem Kern gelegenen Netzwerk. Vergr. wie in voriger Figur.

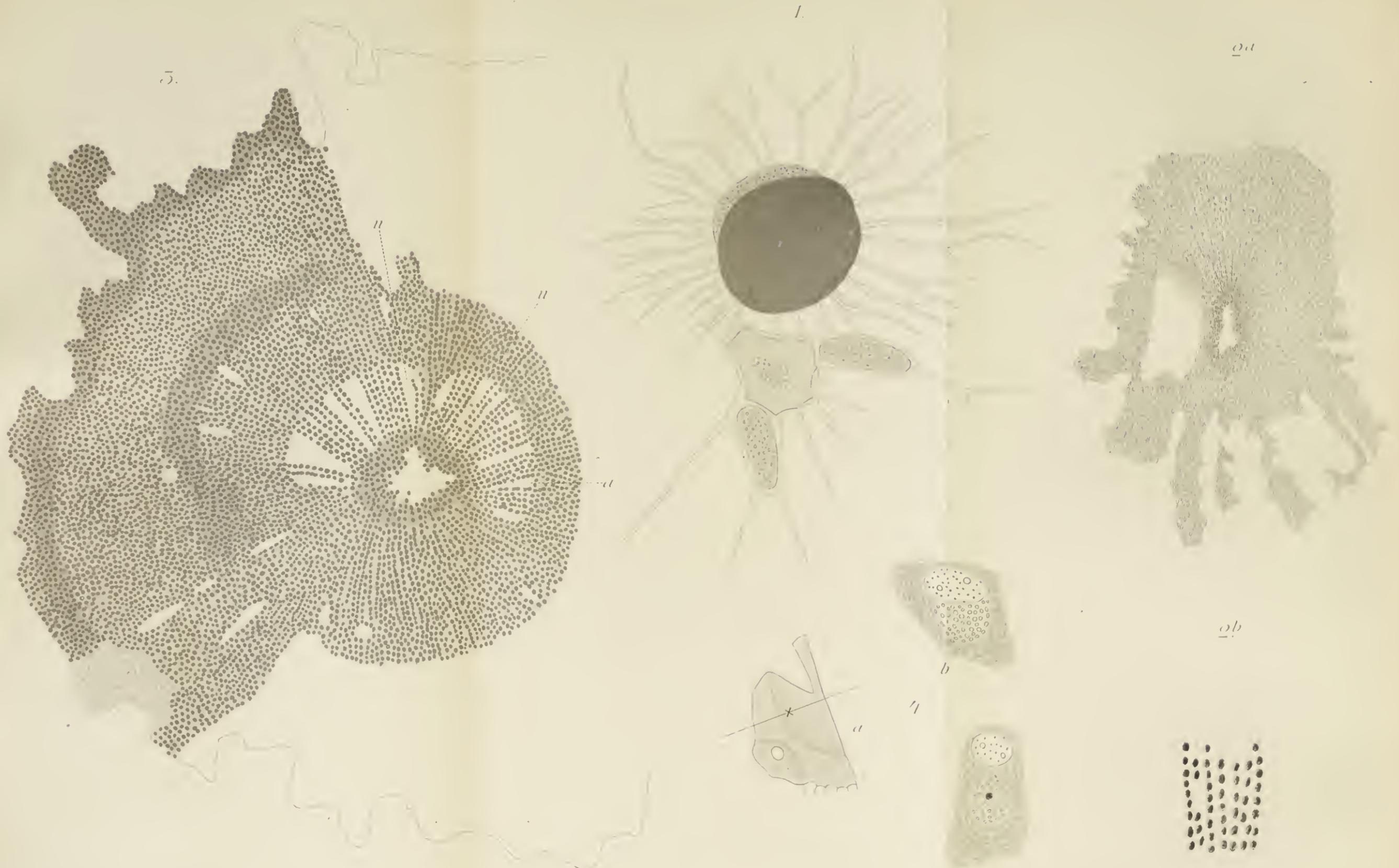


oa



ob





# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mitteilungen aus dem naturwissenschaftlichen Vereine von Neu-Vorpommern und Rügen](#)

Jahr/Year: 1890

Band/Volume: [22](#)

Autor(en)/Author(s): Solger Bernhard

Artikel/Article: [Ueber pigmentirte Zellen und deren Centralmasse 1-34](#)