

unserer Curven könnte z. B. zu Vermuthungen über irgend welche Nachwirkung führen, während die Curven thatsächlich einen fast momentanen Vorgang reproduciren.

Noch ein Umstand sei hier erwähnt. Einthoven ¹⁾ berichtet über Photogramme, die beweisen, dass der Hg—faden eminent rasche Schwingungen zu vollziehen im Stande ist. Eine Stimmgabel von 1920 Schwingungen in der Secunde war in den primären Kreis eines Inductoriums eingeschaltet; ein in den secundären Kreis eingeschaltetes Capillarelectrometer lieferte Photogramme, an denen man 3840 Schwingungen in d. Sec. zählen konnte. Einthoven sieht darin den Beweis einer äusserst raschen Einstellungsfähigkeit des Meniscus, während eigentlich ein solcher Beweis nicht zwingend ist; anderseits hatte auch thatsächlich die Capillare von Einthoven, soweit man dem citirten Aufsätze entnehmen kann, eine durchaus nicht allzukurze Einstellungszeit, nicht weniger als 0,5 Sec. Die getreue Wiedergabe der grossen Schwingungszahl lässt sich dadurch erklären, dass das Capillarelectrometer in den secundären Kreis eingeschaltet war. Aus Fig. 5 ist zu ersehen, dass ein Meniscus, welcher wie beim Oeffnungsinductionsschlag bei *b* fast vertical ansteigt und unter spitzem Winkel sinkt, äusserst rasche Schwingungen mitmachen kann. Hätte man aber nicht mit Inductionsströmen, die einen raschen Verlauf haben und fortwährend ihre Richtung ändern, zu thun gehabt, hätte man einen constanten Strom über 1000 Mal in d. Sec. unterbrochen, so hätte ein in diesen Kreis eingeschaltetes Electrometer die raschen Oscillationen nicht mitgemacht, denn dazu wäre ein sehr rascher Anstieg der Curve bei jedem Schliessen, d. h. eine sehr hohe Potentialdifferenz erforderlich gewesen. Unter diesen Bedingungen würde aber schon das erste Schliessen des constanten Stromes die H_2SO_4 zersetzt haben.

Einige Thatsachen zur Frage über die genetische Beziehung zwischen Amitose und Mitose.

Von W. Rudnew.

(Aus dem histologischen Laboratorium der Universität Moskau).

Die Frage über die Beziehung beider Formen der Zellteilung zu einander ist bis jetzt noch wenig bearbeitet. Einige Autoren suchen Uebergangsformen zwischen Amitose und Mitose unter den Pflanzenzellen, andere unter den Protozoen, noch andere unter den Gewebezellen. Meinerseits erlaube ich mir zu Gunsten dieser genetischen Beziehung beider Formen der Zellteilung

¹⁾ Einthoven, Arch. f. d. g. Physiol., 1894, 56, p. 528.

zu einander einige Thatsachen aus der Furchung der Eier von Knochenfischen anzuführen. Die Aufgabe dieser vorläufigen Mitteilung wird somit darin bestehen, so viel an mir liegt zu zeigen, dass, einerseits, die directe Teilung eine palingenetische Erscheinung ist, die in der Genesis der Zelle der indirecten Teilung vorausgeht; andererseits — dass Amitose manchmal eine normale Erscheinung ist, auf welche Mitose ohne irgend welchen Nachteil für das Leben des Organismus folgen kann.

Als Object meiner Beobachtung dienten mit Sublimat-Essigsäure fixirte und mit Hämatoxylin und Eisenalaunbeize nach M. Heidenhain tingirte Eier des *Corregonus* (Sp.?)

Ich muss die Bemerkung vorausstellen, dass die von mir untersuchten Eier sich ganz normal entwickelt hatten, da die unberührt gebliebenen in der Folge (am 45—55 Tage) ganz gesunde und kräftige Brut gaben.

In dieser Mitteilung werde ich hauptsächlich zwei Stadien der Teilung der Eier beschreiben: erstens ein jüngeres Stadium, zweitens ein der Gastrulation sehr nahe stehendes. Eine solche Anordnung trägt mehr oder weniger den Charakter einer natürlichen, da in dem ersten Falle sich dem Auge ein Bild darbietet, das die Kennzeichen der uns interessirenden directen Teilung darstellt, während in dem zweiten — Phasen indirecter Teilung beobachtet werden können, die jedoch solche Eigentümlichkeiten darbieten, welche die Karyokinese der Amitose nähern.

Bei aufmerksamer Betrachtung der Teilung der Eier von Knochenfischen in frühen Stadien wird man im Allgemeinen ein Bild gewahr, in welchem der grösste Teil der Blastomere aus scharf ausgedrückten Strahlen besteht, die alle in einem Centrum — der Attractionssphäre — zusammentreffen, der schwach differencirte Kern hingegen sich von dem ihn umgebenden Plasma nicht scharf abhebt. Fig. 1. ¹⁾ stellt ein solches Blastomer dar, aus

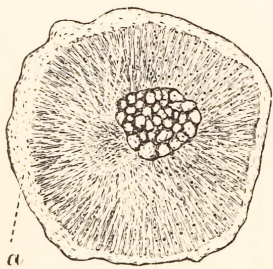


Fig. 1.

dessen eines Centrosoms entbehrendem Centrum protoplasmatische radiale Strahlen ausgehen. Ehe diese die Zellenhaut erreichen, biegen sie gleichsam in tangentialer Richtung ab und verflechten sich mit einander. Aus diesem Grunde erscheint die ganze Zelle von einer protoplasmatischen Zone umgeben, die aus filzartig verwirren, gewöhnlich schwächer, als der Zellkörper gefärbten Fäden besteht (F. 1.a). Im Ganzen erhält man den Eindruck, als sei eine Zelle mit radialer Structur des Plasma in einer zweiten enthalten, die eine netzförmig faserige Structur aufweist ²⁾. Wenn man die Strahlungen für das Resultat der Anziehungskraft der Sphäre auf das Plasma ansieht, so muss die peripherische Zone für den Teil der Zelle gelten, welcher ausser dem Wirkungskreise derselben liegt und in der Folge

¹⁾ Alle Abbildungen sind mit dem Abbe'schen Zeichenapparat gezeichnet. *Hom. Imm. Hartnack* № II, Oc. № 3.

²⁾ Solche Erscheinungen erinnern an von einigen Autoren beschriebene Fälle von endogener Zellenvermehrung.

verschwindet.—Zwischen den langen radialen Strahlen befinden sich kurze und dünne, mit den ersteren verschiedene Winkel bildende Strahlungen. Ausserdem ist das ganze Blastomer mit kleinen Körnchen besät, welche wahrscheinlich teils Querschnitte protoplasmatischer Fäden vorstellen, teils aber die microsomische Structur desselben andeuten. Somit kann man sagen, dass das Protoplasma auf dieser Figur das Bild einer netzförmig - microsomatisch - faserigen Structur liefert.

Was den Kern betrifft, so sieht man aus der Zeichnung, dass derselbe sehr gross ist, allein weder eine scharf gezeichnete Kernmembran, noch ein Nucleol, noch auch Chromatin besitzt. Der ein wenig excentrisch im Zellkörper gelegene Kern kann in solchen Fällen an die Gestalt einer Maulbeere erinnern, indem er ein Häufchen von schwach tingirten hellen Bläschen vorstellt, die dem Anscheine noch keine gemeinschaftliche Hülle besitzen. Diese Bläschen sind der Form und Grösse nach nicht gleich: bei manchen Kernen sind sie klein, bei anderen gross, bei den einen rund, bei den anderen langgestreckt u. s. w.

In solchen Blastomeren, welche keinen oder einen weniger typisch gebauten Kern besitzen, wird ein Centrosom niemals beobachtet. Das Centrum der Attractionssphäre erscheint gewöhnlich etwas verschwommen, in Gestalt eines Klümpchens, oder aber als runder zuweilen ovaler Knoten mit von demselben nach allen Seiten hin ausgehenden plasmatischen Radien. Dass ein solcher Zustand der Sphäre ohne Centrosoma im Centrum nicht ein Product der Bearbeitung ist, sieht man deutlich an anderen Blastomeren desselben Präparates, in denen der sich mehr der typischen Form nähernde Kern eine Sphäre mit Centrosoma besitzt. Doch darüber weiter unten.

Die auf Fig. 1 abgebildete Zelle kann man vom Gesichtspunkte der Zellteilung aus als im Ruhezustande befindlich ansehen, da dieselbe nur *eine* Attractionssphäre besitzt und der runde Kern keine sichtlichen Veränderungen, wie sie gewöhnlich bei dieser oder jener Form der Zellteilung stattfinden, aufweist.

Ein anderes Bild giebt Fig. 2, wo schon 2 Attractionssphären mit radialen, wieder bis zur Zellenhaut gehenden Strahlungen zu sehen sind. Seitwärts von den Kernen durchkreuzen sich die Strahlen beider Sphären gegenseitig unter verschiedenen Winkeln. Wie in der ersten Zeichnung, so liegt auch hier an der Peripherie der Zelle eine Zone (Fig. 2, a) aus verfilzten plasmatischen Fäden. Doch umfängt die Zone auf dieser Zeichnung nur den halben Zellkörper, was teils von der Richtung des Schnittes abhängt, teils für den zufälligen Charakter dieser Erscheinung zeugt. Wenn letzteres nicht richtig wäre, so müsste man solche Zonen überall antreffen; das ist jedoch nicht der Fall, denn die meisten Zellen entbehren ihrer. Was die Structur des Kerns, der Sphären und diejenige des Plasma betrifft, so zeigt Abbildung 2 dasselbe, was über 1 gesagt worden ist. Centrosomen giebt es auch hier nicht. Im Vergleich mit Fig. 1 sieht man auf Fig. 2 deutlichere Anzeichen

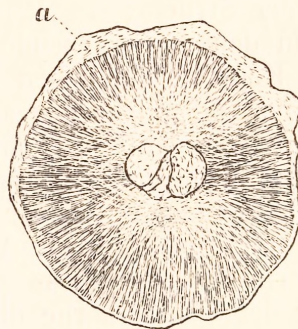


Fig. 2.

von Zellteilung, von denen die Anwesenheit zweier centraler Sphären und eines schwach differencirten Kerns zwischen denselben vor allem unsere Aufmerksamkeit verdient.

Als natürliche Fortsetzung des in den zwei ersten Zeichnungen Dargestellten erscheint Fig. 3, auf der sowohl der Zellkern, als auch der Zellkörper bedeutend in die Länge gezogen erscheinen. Die Abbildung stellt nur einen Teil der Zelle dar, wie sich derselbe auf einem Schnitte darbietet. Zur Vervollständigung des Bildes muss man den nächsten Schnitt derselben Zelle beobachten; dann wird man gewahr werden, dass es an ihrer rechten und unteren Seite noch eine Sphäre mit einigen Kernbläschen von derselben Art giebt, wie auf der linken Seite der Zeichnung (Fig. 3), neben den Attractionssphären.

Das Vorhandensein von 4 Attractionssphären in einer Zelle und von aus denselben ausgehenden radialen Strahlungen, die bis zur Peripherie der Zelle gehen (Fig. 3), zeugt für erhöhte Intensität der Zellenvermehrung. Hinsicht-

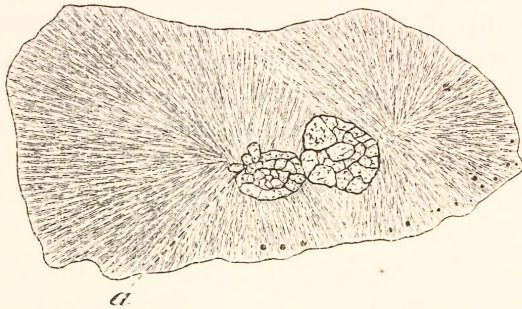


Fig. 4.

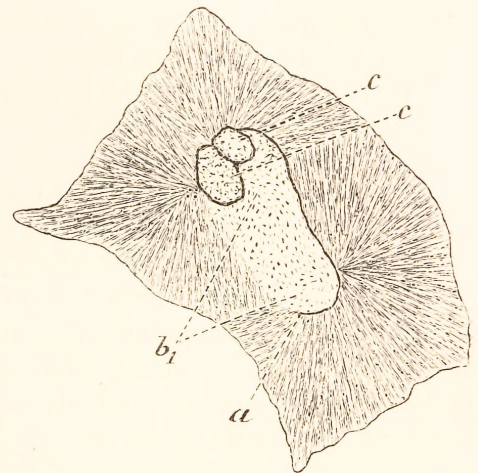


Fig. 3.

lich der Structur des Plasma und der Sphären sehen wir hier wieder dasselbe, wie in den vorhergehenden Abbildungen. Der, wie auch dort, schwach differencirte Kern besteht neben den Attractionssphären aus 2 kleinen, runden, hellen Bläschen (c), welche, wie an den nächstfolgenden Schnitten zu sehen sein wird, auch an den unteren Sphären (a) vorhanden sind, während der ganze übrige, an der Längsachse desselben gelegene Teil (Fig. 3, b_1) von der plasmatischen Zellenmasse schwer zu unterscheiden ist. Es ist anzunehmen, dass der Kern sich auf directe Weise teilen wird, und dass nicht seine ganze Masse, sondern nur die dicht an den Attractionssphären liegenden Enden zur Bildung der Tochterkerne dienen werden, während die übrige Masse, nach und nach auseinanderfließend, wie ich anzunehmen wage, in der Zellsubstanz verschwinden wird.

Das Bild auf Fig. 3 könnte über das soeben Gesagte Zweifel aufkommen lassen. Gehört der mittlere Teil des Kernes wirklich zu diesem und nicht zu dem ihn umgebenden Plasma?

Die Frage ist im Hinblick auf die schwache Differencirung des Kerns von der ihn umgebenden Masse sehr natürlich. Im Interesse der Verteidigung meiner Ansicht ein wenig vorauseilend, verweise ich auf Fig. 6, wo unter «a» ein auf dieselbe Weise sich teilender Kern dargestellt ist, dabei aber, sowohl die an den Attractionssphären liegenden Enden des Kerns, als auch die Mitte desselben (Fig. 6, b₁), die im Begriffe ist zu zerfliessen und in der Zellmasse zu verschwinden, deutlich zu sehen sind. Ein ähnliches, aber noch deutlicheres Bild giebt Fig. 7 (b₁). Ausserdem unterscheidet sich die Structur der Kernmitte so scharf von dem sie umgebenden strahlenförmigen Plasma (Fig. 3. «b₁»), dass es kaum möglich ist zu behaupten, dass dieser mittlere Teil nicht zum Kern, sondern zum Protoplasma gehört.

Ein etwas anderes Bild bietet Fig. 4, wo sich der Kern augenscheinlich durch Amitose schon in zwei Hälften geteilt hat. Der ganze Zellkörper ist voll radialer Strahlungen. An der linken Attractionssphäre zeigt der Kern Neigung in kleine Bläschen (a) zu zerfallen, was übrigens auch an der rechten Sphäre sichtbar ist, wenn man diese Zelle an den nächstfolgenden Schnitten weiter verfolgt. Bringt man dieses Bild (Fig. 4) mit dem Vorhergehenden in Verbindung, so kann man es für eine weitere Phase der auf Fig. 3 dargestellten Teilung ansehen. In diesem Falle wäre es das Stadium, wo der mittlere, nicht zum Aufbau der Tochterkörne dienende Teil des Kernes spurlos in dem umgebenden Plasma verschwunden ist. Doch ist eine solche Voraussetzung vorderhand eine gewissermassen gewagte; es ist natürlicher anzunehmen, dass wir es hier mit dem Bilde von Amitose zu thun haben.

Auch in Bezug auf die Structur des Plasma und der Sphären (Fig. 4), ist nichts Neues zu sagen, es sei denn, dass wir darauf hinweisen, dass hier die radialen Strahlen bis zur Zellenhaut gehen ohne die protoplasmatische Verfilzung zu bilden, deren zufällige Erscheinung oben vorübergehend erwähnt wurde.

Die obenbeschriebenen vier Bilder können für die bei den Knochenfischen in frühen Stadien der Furchung der Eier vorherrschenden angesehen werden. In den aller meisten Fällen sieht man überall stark entwickelte Attractionssphären bald zu je einer in der Zelle, bald zu je 2 oder 4, ohne Centrosoma, und dabei wenig differencirte Kerne von bläschenartiger Structur, ohne Nucleolen, manchmal ohne Membran und ohne sichtbares Chromatin. Dabei begegnet man den auf Fig. 1 und 2 dargestellten Bildern oft, dagegen den auf Fig. 3 und 4 weit seltener. Folglich wird in diesem Falle die directe Teilung dadurch charakterisirt, dass dieselbe unter der thätigen Mitwirkung von Attractionssphären vor sich geht, wobei der Kern so zu sagen passiv auseinandergerissen wird, indem er der Richtung dieser attractiven Wirkung folgt. Wir können natürlich nicht sagen, dass hier eine typische Amitose vor sich geht, jedenfalls aber bietet hier der Kern eine so schwache Individualität, dass es schwer wird in demselben irgend welche tiefe, innere, für die indirecte Teilung charakteristische Veränderungen wahrzunehmen. Was nun die Thatsache anbetrifft, dass nach dem Abgang der Enden des Kerns der mittlere Teil desselben schwindet, so kann diese voraussetzliche Eigentümlichkeit der Teilung auf keinen Fall auf irgend welche Spuren von Karyokinese hinweisen. Es

wäre noch möglich in diesem mittleren Teil des Kernes eine Andeutung auf eine Centralspindel zu sehen und in diesem Bilde etwas an Karyokinese mit Bewahrung der Kernmembran bei den Protozoen Erinnerndes wahrzunehmen. Doch kann ich darüber jetzt noch nichts Gewisses sagen. Für den Fall jedoch, dass diese Vermutung eine gegründete wäre, würde das nur noch mehr zu Gunsten der genetischen Beziehung zwischen den beiden Formen der Zellteilung sprechen.

Auf Bildern, die an directe Teilung erinnern, kann man, obwohl selten, auch in spätern Stadien des Furchungsprocesses der Eier bei den Knochenfischen stossen. Die Sache ist die, dass wenn in früheren Stadien vorzugsweise Amitose und nur ausnahmsweise Karyokinese beobachtet wird, in späteren gerade das Gegenteil, d. h. Karyokinese, vorherrschend wird und Amitose zu den Ausnahmen gehört. Als Begründung alles oben Gesagten will ich über diese Ausnahmefälle einige Worte sagen.

Fig. 5, die ein späteres, zur Gastrulation näheres Stadium darstellt, lässt vermuthen, dass es sich hier um eine Teilung des Zellkörpers und Zellkerns durch Amitose handelt. Die Zeichnung wurde aus einer ganzen Reihe von Schnitten combinirt um ein volles Bild von Amitose unter Mitwirkung von Attractionssphären gewinnen zu können. Von den früheren unterscheidet sich diese Zeichnung dadurch, dass hier der Kern typischer gebaut ist, indem er durch die Gegenwart von Chromatinkörnern stärker gefärbt ist und eine Kernmembran besitzt. Die Centrosomen erscheinen in Gestalt von kleinen einzelnen Körnchen, die in dem Ausgangscentrum der protoplasmatischen radialen Strahlen liegen.

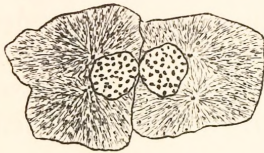


Fig. 5.

Die Kerne liegen mit ihren zu der sich bildenden Zellwand gerichteten Seiten so nahe aneinander, dass hier zweierlei Auslegungen möglich sind, nämlich dass entweder die Trennung schon stattgefunden hat, oder dass dieselbe noch vor sich geht. Doch giebt es hier keinen mittleren Kernteil, der mit der allgemeinen Zellmasse zusammenfliessen und nicht zum Aufbau der Tochterkerne dienen würde, so dass in diesem Fall das Bild der Amitose ganz ihrer typischen Form entspricht.

In diesem Sinne sind auch die Bilder im Parablast eines späten Stadiums der Teilung interessant.

Fig. 6 stellt ein Stück eines solchen Parablasts vor, in welchem «a» eine directe Kernteilung unter Mitwirkung von Attractionssphären und mit einem Mittelstück des Kernes darstellt, welches schwach gefärbt ist und augenscheinlich in der es umringenden Masse verschwinden wird. Noch besser ist solches auf Fig. 7 zu sehen, wo auf den Kern nur zwei Sphären einwirken und derselbe, symmetrisch ihrer Anziehungskraft folgend, in 2 Teile zerfällt, so dass auch hier zur Bildung der 2 Tochterkerne nur die am Rande gelegenen Teile dienen (b.). Unter «b» (Fig. 6) ist ein Kern abgebildet, der bereit ist sich unter der Wirkung zweier in entgegengesetzter Richtung denselben anziehender Sphären zu teilen. Solchen Bildern begegnet man im Parablast oft. Es muss im Allgemeinen bemerkt werden, dass man bei näherer Betrachtung des Para-

blasts in diesem Stadium der Furchung der Eier überall besser differencirte Kerne sieht als in den früheren Zeichnungen. Auf Fig. 6. besitzen fast alle Kerne eine Membran und zeugt ihre Färbung von der Gegenwart einer bedeutenden Menge von Chromatin. Dabei sind auch noch Centrosomen vorhanden, die bald als einzelnes, bald als zwei und mehr Körnchen im Centrum der Attractionssphäre liegen. Unter «c» (Fig. 6) sehen wir eine riesengrosse Attractionssphäre homogener Structur, ohne eine Spur von radialer Strahlung und vollkommen an Archoplasma in Boveri's Sinne erinnernd und in derselben zwei Häufchen Körner, das grössere in dem oberen Teil der Sphäre, das kleinere in dem unteren. Angesichts dessen, dass so scharf markirte Attractionssphären sehr selten angetroffen werden, glaube ich annehmen zu können, dass diese Form keine normale ist.

Fig. 6 stellt fast ausschliesslich eine bedeutende Anzahl von Attractionssphären dar, welche in ihrer Mitte Centrosome aufweisen. Nur die mit «g» bezeichneten Stellen geben ein anderes Bild von der Structur des Plasma, dasjenige der gewöhnlichen netzförmig-faserigen mit verfilzten Fäden und ohne



Fig. 6.

Fig. 7.

Spur von radialen Strahlungen. Solche Stellen weisen auf die Abwesenheit von Centra hin, die auf das sie umgebende Plasma ihre Anziehungskraft ausüben könnten. Dieses Protoplasma zeugt mit seinen verfilzten Fäden und seinen Kernen von Ruhe, Bewegungslosigkeit. Eine solche netzförmig-faserige und filzartige Structur, ohne irgend eine Spur von Centralität, muss auch jeder anderen Zelle, die keine Neigung zur Theilung hat, eigentümlich sein, wie man es oft in den Geweben erwachsener Tiere beobachten kann. Somit zeigt Fig. 6, einerseits, wie die Structur einer ruhenden Zelle aussieht, andererseits aber— wie sich diese Structur bei der Theilung gestaltet.

In letzter Zeit wird sehr viel über den Parablast geschrieben, wobei die Neigung hervortritt dessen active Bedeutung in dem Körperbau des Embryo

herabzusetzen. Doch ist über diese Frage das letzte Wort noch nicht gesprochen, da es sich hier um cytologische Thatsachen handelt, die noch nicht hinlänglich untersucht worden sind. Ich selbst habe mich mit dem Parablast nicht speciell beschäftigt, doch bin ich—beiläufig gesagt—zuweilen auf solche Bilder gestossen, wo das zur Hälfte in den Parablast hineingesunkene Blastomer entweder ein grosses Dotterkorn oder eine Höhlung enthielt, welcher ein solches Korn entfallen war (Fig. 6 und 7, «d» und «e»). Es ist kaum anzunehmen, dass Blastomere, die sich in dem sich teilenden Teile des Eies bilden, so grosse Dotterkörner in den Parablast, der beständig Dotter enthält (Fig. 6. «d»; Fig. 7), mit sich bringen sollten. Andererseits tritt die Frage hervor, warum die Bedeutung des Parablasts in dem Aufbau des Embryo zu leugnen wäre, da dieser protoplasmatische Teil desselben doch so reich an Attractionssphären und Centrosomen ist. Obgleich ich die hierauf bezügliche Litteratur nicht anführe, kann ich nicht umhin auf eine experimentelle Arbeit Ziegler's ¹⁾ hinzuweisen, in welcher der Autor bei der Zellteilung den Attractionssphären eine vorherrschende Rolle zuschreibt. Deshalb führe ich auch in meinen Beschreibungen solche Argumente an, die Beobachtungen am Parablast entliehen sind. Freilich verhält es sich anders mit dem Parablast, der nur Riesenkerne ohne jegliche Spur von Attractionssphären und Centrosomen aufweist, doch ist noch kein solcher in das Bereich meiner Untersuchungen gelangt.

Nachdem ich der directen Teilung sehr nahe kommende Bilder gegeben, will ich einen Fall von Teilung eines Zellkörpers beschreiben, in welchem zugleich mit Amitose einige Züge, die nur der Karyokinese eigen sind, erkannt werden können. Eine Reihe von Zeichnungen (Fig. 8—12) liefert das Bild eines sich in 3 Teile furchenden Blastomers.

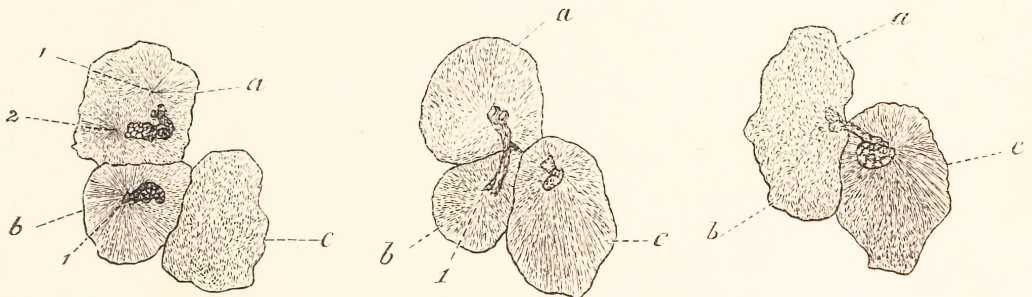


Fig 8.

Fig. 9.

Fig 10.

Fig. 8 zeigt 3 Blastomere, von denen die 2 links gelegenen von einander durch eine Scheidewand getrennt sind. Der obere (a) besitzt einen Kern mit tiefen unregelmässigen Ausschnitten und an einigen Stellen seiner Oberfläche Bläschen, die sich von ihm abgetrennt haben. An demselben Blastomeren (a) sind 2 Attractionssphären bemerklich, von denen die eine ein Centrosoma enthält. Die Strahlen der Sphären reichen nicht bis zur Zellhaut

¹⁾ Heinr. E. Ziegler. Experimentelle Studien über d. Zellteilung. Erste Mitteilung (Arch. f. d. Entwicklungsmechanik d. Organismen. B. 6, H. 2, 1898).

und sind daher von einer netzförmig-faserigen, verwirrten Plasmaschicht umgeben. Dies ist somit der Anfang der Bildung von Sphären bei der Zellteilung, welche durch die Einwirkung ihrer Centra dem ganzen Plasma eine radial-strahlenförmige Structur verleihen, was an dem Blastomeren «b» zu sehen ist, dessen ganzer Körper aus plasmatischen Strahlungen besteht. Der Kern des Blastomeren «b» hat fast dieselbe Structur, wie derjenige des oberen Blastomeren («a»). Das dritte Blastomer (c), welches von dem linken unteren (b) durch eine Zwischenwand getrennt ist, erscheint bloss als protoplasmatischer Klumpen von netzförmig-faseriger Structur ohne irgend welche Anzeichen eines Kerns und einer Attractionssphäre. Ein derartiger Bau des Blastomeren «c» zeugt dafür, dass dieser Teil des Zellkörpers sich ausser dem Bereiche der Anziehungskraft befindet. Somit giebt diese Figur das typi-

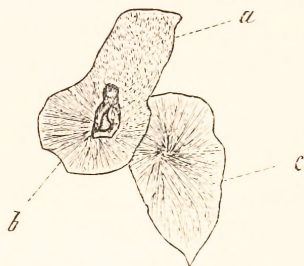


Fig. 12.

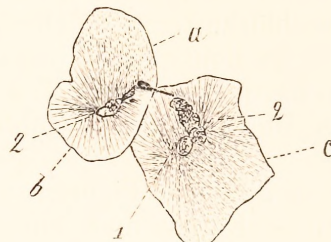


Fig. 11.

sche Bild («c» fig. 8) der Structur des Plasma während dem Ruhezustande der Zelle.

Fig. 9 zeigt uns Kerne in allen 3 Blastomeren, die durch Zellenwände merklich von einander getrennt sind; doch hat nur das rechte Blastomer (c) die Structur eines ruhenden Kerns mehr oder weniger bewahrt, wohingegen die beiden linken Blastomere (a und b) Kerne in Gestalt von länglichen nackten Chromatinmassen, die an der Zellwand sich zu einem Ganzen vereinigen, besitzen. Wir sehen somit auf diesem Schnitte die Teilung der veränderten Kernsubstanz, welche sogleich nach der Teilung des Zellkörpers (die Blastomere «a» und «b», Fig. 8) erfolgt ist.

Auf Fig. 9 sieht man an den Blastomeren «b» und «c», teils auch an «a», die radial—strahlenförmige Structur des Plasma.

Die Structur eines ruhenden Kerns bewahrt auch das rechte Blastomer (c) auf Fig. 10. Uebrigens zeigt der näher zur Zellwand liegende Teil des Kerns schon einige Anzeichen von der Anwesenheit von Chromatinsubstanz in Gestalt von Klümpchen und Stäbchen, wie bei Karyokinese. Aehnliches sieht man auch an dem linken Blastomer, wo schon keine Zwischenwand, welche die künftigen 2 Blastomere von einander trennen würde, wie es auf Fig. 8 (a und b) der Fall war, mehr vorhanden ist. Die Attractionssphäre des rechten Blastomers (c), die an dem vorhergehenden Schnitte zu sehen war, tritt an diesem noch deutlicher hervor.

Doch das deutlichste Bild des rechten Blastomers (c) giebt Fig. 11. Man gewahrt hier 2 Sphären und zwischen denselben einen interessant gebauten

Kern. Derselbe offenbart die Neigung in kleine Bläschen zu zerfallen und besteht an seinem oberen Ende aus einem Chromatinstäbchen, welches über die Zwischenwand auf die beiden links gelegenen künftigen Blastomere (a und b) geworfen scheint. Letztere sind, wie schon die vorhergehende Figur zeigte, nicht von einander getrennt und enthalten ein kleines Kernstückchen, welches unten nur teilweise den Anschein des Ruhestadiums bewahrt hat. Die Attractionssphäre ist unten an diesem Kernteil gut gekennzeichnet, indem sie den ganzen unteren Teil des Blastomers (b) mit ihren Strahlen ausfüllt.

Noch besser tritt die Sphäre des linken Blastomers unten (b) auf dem nächstfolgenden Schnitte in Fig. 12 hervor. An dieser Sphäre liegt die Kernsubstanz, die aus unregelmässig gestreckten, unter einem gewissen Winkel gebogenen Stäbchen besteht. Diese letzteren sind mit einander derartig verbunden, dass ein durchlöcherter Kern entsteht. Das rechte Blastomer, welches einige Spuren einer Attractionssphäre bewahrt hat, besitzt in diesem Schnitte (Fig. 12) keinen Kern. Der obere Teil des linken Blastomers (a) liefert schon nicht mehr das Bild radialer Strahlungen, und hat eine netzförmig-faserige Structur.

Das ganze in diesen 5 Figuren wiedergegebene Bild zeigt die vollständige Teilung eines Kerns und eines Zellkörpers in 3 Tochterzellen. Es teilt sich hier durch einfache Furchung nicht der ruhende Kern, wie das bei Amitose der Fall ist, sondern die so zu sagen ausgefällte Chromatinsubstanz des Kerns, welche frei im Zellkörper liegt, was für Karyokinese charakteristisch ist. Doch stellt diese Reihe Bilder jedenfalls keine Karyokinese dar, weil sich das Chromatin in seiner ganzen Masse, regellos, und nicht zur Hälfte aus jedem Chromosom unter die Tochterzellen verteilt. Mit einem Wort, es findet hier directe Teilung des Kernes statt, wobei das Zerfallen des letzteren in kleine Bläschen und das Hinübertreten der Chromatinsubstanz aus demselben in das Zellplasma beobachtet wird. Ich möchte mir erlauben eine solche Teilungsart eine directe multipolare Teilung zu nennen. In dieser Reihe Zeichnungen tritt wieder der Unterschied in der Structur des Plasma, je nachdem es näher zur Attractionssphäre oder weiter von ihr entfernt liegt, hervor, im ersten Fall nimmt das Plasma unter der Einwirkung der Anziehungskraft derselben eine radial-strahlenförmige Structur an, im zweiten, fern von dieser Einwirkung, eine netzförmig-faserige, gleichsam verfilzte. Auf Grund des soeben Beschriebenen dünkt es mir erlaubt vom Standpunkte der Zellteilung aus von einem im Ruhezustande befindlichem und einem in Thätigkeit begriffenen Plasma während der Teilung der Zelle auf diese oder jene Art zu reden.

In meinen Beobachtungen fortschreitend, will ich mich im Gegensatz zu den früheren bei solchen Erscheinungen aufhalten, in denen hauptsächlich Karyokinese, obgleich mit einigen besonderen Zügen, die sie der Amitose nähern stattfindet.

Fig. 13 ist dem Präparat eines frühen Teilungsstadiums von Eiern entnommen, in welchem, wie schon erwähnt, von Zeit zu Zeit neben der directen Teilung auch karyokinetische Figuren zu treffen sind.

Das langgestreckte Blastomer giebt offenbar das Bild eines Stadiums des Tochtersterns. Die schwach bezeichneten Strahlungen des netzförmig—faserigen Protoplasma sind besser an den nächstfolgenden Schnitten desselben Blastomers zu sehen. Zwischen zwei Chromatin-Tochterfiguren zieht sich das breite Bündel der Centralspindel (nach Hermann's Terminologie), die inmitten der sie umgebenden plasmatischen Masse scharf hervortritt. Die Chromosoma der Tochterzellen erscheinen bald als schwach gefärbte Bläschen ähnlich den bei der directen Teilung beschriebenen, bald als scharf mit nucleären Farben tingirte kugelförmige oder ovale Körperchen, bald als typische Chromosoma. Viele der hellen Bläschen enthalten hier kleine, sich gleich dem Chromatin färbende Körnchen. Solche Eigentümlichkeiten bei der Teilung wurden schon früher nicht nur an Eiern von Knochenfischen, sondern auch denjenigen anderer Tiere beobachtet. Dabei wurden die schwach tingirbaren Bläschen von einigen Histologen als eine besondere Form von Chromosomen betrachtet. Es ist auch die Meinung ausgesprochen worden, dass diese Bläschen nichts anderes als durch unpassende Behandlung mit Reagentien veränderte Chromosomen sind. Dies ist jedoch schwerlich der Fall, da neben diesen Bläschen typische Chromosomen vorkommen. Ausserdem fragt es sich, warum solch ein künstliches, von unpassender Behandlung abhängiges Product in den sich teilenden Eiern in überwiegender Anzahl zu treffen sein sollte? Dieser Umstand leitet eher auf den Gedanken, dass dies eine Eigentümlichkeit der Embryonalzellen, im gegebenen Fall der Blastomere der Knochenfische, vorstellt.

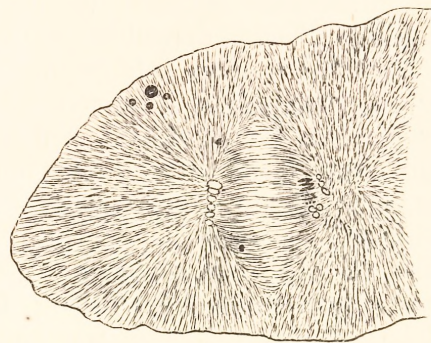


Fig. 13.

Wenn man nun das Bild dieser Zeichnung einerseits mit den oben beschriebenen Eigentümlichkeiten, andererseits mit der Bildern von typischer Karyokinese im Verbindung bringt, so ist man geneigt diese Bläschen für phylogenetische Urformen des Chromosoms anzusehen. Je nach der Menge der in denselben enthaltenen Chromatinkörner erscheinen sie als schwach tingirbare helle Bläschen oder als scharf mit nucleären Farben gefärbte Ovale oder Kügelchen, oder endlich als typische Chromosomen. *Bataillon* und *Koeller* ¹⁾, sowie *Reinhard* ²⁾ weisen auf einen solchen bläschenartigen Zustand der Kerne in den sich furchenden Eiern der Knochenfische hin, obgleich sie augenscheinlich diese Bläschen nicht für Chromosoma halten. Dafür sind aber diese Autoren der Ansicht, dass die im Kern befindlichen Körnchen ihren Ursprung ausser dem Kern nehmen; aus diesen Grunde würde, ihrer Meinung nach, der Kern in seinen frühen Teilungsstadien kein Chromatin enthalten, welches schon später, nachdem es in Gestalt von Körnchen gleichmässig im Zellplasma

¹⁾ Observations sur les phénomènes karyokinetiques dans les cellules du blastoderme des Téléostiens (Comptes-rendus hebdomadaires de l'Académie des Sciences. T. CXVII, N° 16 (Octobre) 1893. Paris.

²⁾ „Zur Frage über die amitotische Teilung der Zellen“. Biolog. Centralblatt, Bd. XVI.

zerstreut gewesen war, dem Kerne einverleibt würde. Es ist möglich, dass diese Ansicht eine richtige sei, obgleich sie noch erschöpfender factischer Beweise bedarf. Jedenfalls ist es erlaubt anzunehmen, dass die bläschenartigen Kernbildungen embryonale Chromosoma vorstellen, welche der einfacher gebauten Urzelle eigentümlich sind. Die Anhäufung von Chromatinkörnchen in diesen blasenartigen Gebilden liefert die verschiedenen in Fig. 13 dargestellten Bilder. Demzufolge wird das letzte Entwicklungsstadium der Chromosomen aus bläschenartigen Kernen dasjenige sein, wenn die Chromatinsegmente ausschliesslich aus Chromatinmasse bestehen, wie das gewöhnlich in Gewebezellen der Fall ist.

Fig. 13, welche unzweifelhaft das Bild von Karyokinese darstellt, wird von *Reinhard* aus unbekanntem Gründen und im Widerspruch zu vielen anderen Autoren, wie aus seiner Zeichnung erhellt, für Amitose gehalten.

Es bleibt mir jetzt noch übrig einige Worte über die typischen Bilder von Karyokinese an den sich furchenden Eiern der Knochenfische zu sagen. Vor allem muss bemerkt werden, dass in allen Figuren der Mitose die achromatischen Teile derselben immer stärker entwickelt sind, als die chromatischen. Dabei kann infolge der klaren Zeichnung und relativen Einfachheit der achromatischen Figuren die active attractive Einwirkung des Centrums der radialen protoplasmatischen Strahlen wie auf den Kern, so auf den ganzen Zellkörper leicht wahrgenommen werden. Fig. 6 giebt unter «b» schon am Parablast davon eine Andeutung, was übrigens mehr oder weniger auch an mehreren anderen der vorhergehenden Zeichnungen bemerkbar ist. Gewöhnlich sieht man dabei gewisse Teile des Kerns passiv der Richtung der activen attractiven Einwirkung folgen. Ich kann noch hinzufügen, dass eine solche Wirkung der Attractionssphäre auch auf das Protoplasma sowie auf das Paraplasma, wenn man unter letzterem alles Uebrige versteht, was zwischen den protoplasmatischen Fäden liegt, deutlich wahrzunehmen ist. Die Einwirkung auf das Protoplasma besteht in Folgendem. So lange die Zelle sich nicht im Teilungsstadium befindet, ist ihre Structur eine netzförmig-faserige, filzartige, ohne irgend welche Anzeichen von Strahlung, wie es oft an Gewebezellen beobachtet wird; kaum aber geht die Zelle, ihr Ruhestadium verlassend, zur Teilung über, so beginnt das Attractionscentrum, um den herum das Protoplasma sich in radiale Strahlen ordnet, zu functionniren. Dabei bilden sich Sphären, welche auf diese Weise anwachsen, bis sie den ganzen Zellkörper ausfüllen. Vom Gesichtspunkte der Zellteilung aus kann das Protoplasma entweder im Ruhezustande der Zelle, solange sich diese nicht teilt, oder während ihrer Teilung, wenn alles in ihr in Bewegung kommt, zum Centrum der attractiven Wirkung hinströmt, betrachtet werden. Kürzer gesagt, während der Ruheperiode der Zelle ist die Structur des Plasma eine netzförmig-faserig—filzartige, während der Teilung derselben eine radial-fadenartige.

Was die Wirkung des Attractionscentrums auf das Paraplasma betrifft, so ist dieselbe leicht an Dotterkörnern zu beobachten, welche während der Teilung der Zelle sich derartig ordnen, dass die grösseren weiter als die kleineren von dem Attractionscentrum liegen. Es ist kaum anzunehmen, dass eine solche Anordnung von der Grösse der zwischen den Fäden des Plasma befindlichen Zwischenräumen, wie einige glauben, abhängt. Ich habe Gelegenheit

gehabt zu sehen, wie zwischen den Fäden der Centralspindel im Paraplasma, dicht neben der sich bildenden jungen Zellenwand, ein grosses Dotterkorn in Bisquitgestalt lag, wobei die eine Hälfte desselben sich in der einen Tochterzelle, die andere in der anderen befand (Fig. 14 a.). Solche Thatsachen sprechen nicht nur dafür, dass während der Karyokinese Bewegung des ein Dotterkörnchen enthaltenden Paraplasma stattfindet, sondern auch noch dafür, dass ein solches Körnchen dem Strom des ganzen Zellinhalts folgend in den Wirkungskreis zweier Attractionscentra geraten und dadurch in gleiche Hälften geteilt werden kann. Dieser Vorgang illustriert vorzüglich denjenigen, wo der Kern eine passive directe Teilung unter dem Einfluss von Attractionscentra erfährt, welche auf ihn in entgegengesetzten Richtungen einwirken. Daher scheint es mir, dass die regelmässige Anordnung der Dotterkörnchen verschiedener Grösse hinsichtlich der Atractionssphären am meisten von dem Stärkegrad der Attraction des Centrums auf den ganzen Zellkörper beeinflusst wird.

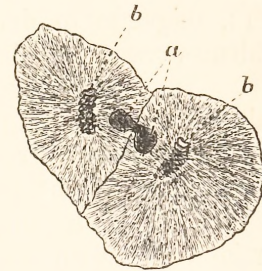


Fig. 14.

Ich kann nicht umhin einer Ansicht Ziegler's ⁴⁾ zu erwähnen, die er vor kurzem nur flüchtig ausgesprochen und auf die er in der Folge ausführlicher zurückzukommen verspricht. Er meint, dass die auf das Zellplasma während der Teilung attractiv wirkende Kraft im umgekehrten Verhältniss zum Quadrat der Entfernung sein könnte. Wäre es nicht auch natürlich anzunehmen, dass die Wirkung dieser Kraft im umgekehrten Verhältniss zu der Masse der Substanz ist, die zu dem Centrum angezogen wird?

Von diesem letzten Gesichtspunkte aus wird auch das Bild verständlich, welches uns zeigt, dass die Dotterkörner mit der Entfernung von den Centra der Sphären an Grösse zunehmen.

An den Blastomeren der Knochenfische ist somit, wiederhole ich, die active Einwirkung des Attractionscentrums nicht nur auf den Kern und das Protoplasma, sondern auch auf das Paraplasma mit allem, was es enthält, deutlich zu sehen.

Ausserdem kann an unserem Object bei Erscheinungen von Karyokinese nicht selten das Vorhandensein einer Centralspindel in Hermann's Sinne beobachtet werden, und geht in diesem Falle der Anstoss zur indirecten Teilung von der Teilung des Attractionscentrums mit dem Centrosóm aus. Danach fängt die Centralspindel an zu wachsen und füllt in der Folge den ganzen Zellkörper aus, so dass eine Riesencentralspindel entsteht, in deren Mitte der Kern liegt. Unter dem Einflusse der in diametral entgegengesetzten Richtungen einwirkenden Attractionscentra teilt sich dieser Kern, indem er sich löst, wobei das Chromatin in den Zellkörper ausfällt und die typischen Figuren der Karyokinese zum Vorschein kommen. Somit folgt, wiederhole ich noch einmal, der Kern ebenso wie der ganze Zellkörper passiv der Einwirkung der Attractionscentra.

⁴⁾ l. c.

Es scheint mir nicht überflüssig auch noch darauf hinzuweisen, dass in den sich teilenden Eiern der Knochenfische der Kern an dem Aufbau der Achromatinfinguren der Karyokinese offenbar keinen Anteil nimmt. Man muss der Ansicht derjenigen Autoren beistimmen, die zwischen den Centralspindelfasern und den Halbspindelfasern keinen Unterschied sehen. Es ist sehr wahrscheinlich, dass diese Eigentümlichkeit sich nur auf die sich teilenden Eier der Knochenfische erstreckt, d. h. nur auf Zellen mehr embryonalen Charakters, dagegen in den Geweben, wo die Zellen stark differencirt sind, das Verhältniss zwischen dem Kern und dem Plasma ein anderes ist.

Auf den hier dargestellten Objecten, sehen wir ferner grosse Mannigfaltigkeit in der Form der Centrosomen, welche bald als einzelnes, bald in Gestalt von zwei, drei und mehr Körnchen (Fig. 6. f) erscheinen; während der Karyokinese sieht man manchmal ein oder mehrere solcher Körnchen in einem hellen Bläschen eingeschlossen (Fig. 15. a). Es kommt vor, dass neben einem derartigen Bläschen etwas abseits vom Sphärenzentrum ein zweites liegt (Fig. 15. b). Ich habe Gelegenheit gehabt zu beobachten, wie ein nacktes, einem Centrosom ähnliches Körnchen auf einem äusserst dünnen, schnabelartig langgezogenen Fortsatze des Kerns sass, welcher bis zum Centrum der Attractionssphäre reichte (Fig. 16. a). Eine solche Mannigfaltigkeit des Centrosoma in Form und Grösse ist vielleicht dadurch bedingt, dass die hier beschriebenen Zellen im

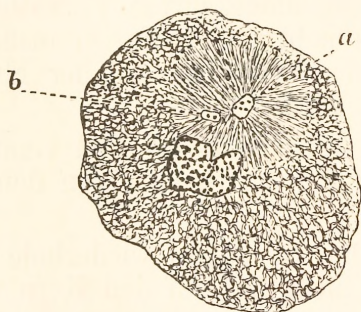


Fig. 15.

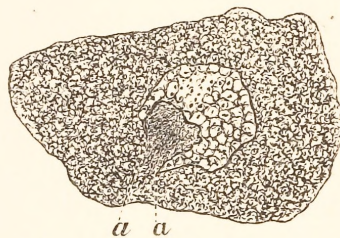


Fig. 16.

Embryonalzustande und schwach differencirt erscheinen und dass, in Folge schwacher Individualisation, nach der einen oder der anderen Seite hin Schwankungen vorkommen und sich verschiedenartig gestaltete Centrosomen bilden können.

Nachdem ich die Beschreibung der Eigentümlichkeiten, denen man in den sich teilenden Eiern bei Knochenfischen begegnet, beendet, erlaube ich mir noch einen allgemeinen Ueberblick über das oben Dargestellte zu geben.

Es wurde gezeigt, dass zwischen den beiden Formen der Zellteilung manchmal eine genetische Beziehung constatirt werden kann und dass Amitose an grösseren Blastomeren complicirter Mitose ohne jeglichen Nachtheil für das Leben des Individuums vorangeht. Ich sage absichtlich «manchmal», da einige Thatsachen ¹⁾ dafür zeugen, dass in den frühesten Stadien der Eiferfurchung bei den Knochenfischen auch Karyokinese vorkommt. Somit kann

¹⁾ *Hennequy*. Recherches sur le développement des poissons osseux. (Journ. de l'Anat. et de la Physiol. 1888. N° 5), Головинъ. IX Съездъ Естественныхъ Испытателей и Врачей. Протоколы Съезда.

die beschriebene Eigentümlichkeit für eine flüchtige atavistische Erscheinung angesehen werden, die jedoch die normale Entwicklung des Individuums nicht beeinträchtigt.

Ausserdem wurde gezeigt, dass auf unseren Objecten directe Teilung einer einfacher gestalteten Karyokinese, wo die gegenseitige Beziehung zwischen den Chromatin- und Achromatinfiguren nicht so complicirt ist wie bei den Gewebezellen, vorausgeht. Diese von uns beobachtete Eigentümlichkeit hängt vor allem von der Structur des Kerns und des Plasma ab. Da, wo der Kern einfach gebaut ist und weder ein Nucleol noch Chromatin aufweist, geht auch die Furchung desselben auf directem Wege vor sich. Allein infolge gewisser Eigentümlichkeiten in der Structur des Plasma geht diese Amitose wieder unter activer Einwirkung von riesengrossen Attractionssphären vor sich, die kein Centrosom, als Zellorgan von bestimmter Form, in sich schliessen. Anstatt eines Centrosoms sieht man in denselben einfach einen verwirrten protoplasmatischen Knoten, von dem aus nach allen Seiten hin radiale Strahlen ausgehen.

Es ist möglich, dass infolge dessen, dass die directe Teilung unter Mitwirkung der Attractionssphären vor sich geht, dieselbe in dem gegebenen Objecte keine Kennzeichen von Degeneration darbietet, sondern, umgekehrt, zu Gunsten einerseits des embryonalen Zustands der Zelle, andererseits einer intensiven Lebensthätigkeit derselben zeugt. Nicht umsonst sind alle Beweise für den Satz, dass Amitose für eine degenerative Erscheinung anzusehen ist, in den allermeisten Fällen auf Erscheinungen directer Teilung ohne Mitwirkung von Attractionssphären, dabei noch sehr häufig ohne nachfolgende Teilung des Zellkörpers gegründet.

Dagegen sehen wir in Blastomeren mit einem besser differencirten Kern schon indirecte Teilung. Solch ein Kern mit scharf bezeichneter Membran, mit Chromatin und, daneben, einer Attractionssphäre mit deutlichem Centrosoma kann sich somit nicht mehr durch einfache Furchung direct teilen. Ein solcher Kern bedarf schon der Karyokinese, bei welcher er gleich anfangs tiefe innere Veränderungen bis zum Verlust seiner Individualität erleidet und schon alsdann sich mit mathematischer Genauigkeit, zu je einer Hälfte von jedem Chromosom mitnehmend, unter die 2 Tochterzellen teilt.

Mann kann also sagen, dass das Wesentliche bei der Karyokinese in der Teilung der Chromosoma besteht, während bei der Amitose der ganze Kern sich in zwei Hälften teilt.

Kurz gefasst, wenn man die sich teilenden Eier bei Knochenfischen mit gewöhnlichen Gewebezellen vergleicht, so kann man bei den ersteren in den frühen Stadien der Furchung directe Teilung als einen normalen Process und relativ sehr einfach verlaufende Karyokinese beobachten, bei den letzteren ausschliesslich Karyokinese, dabei in complicirterer Form; in den Blastomeren gewahrt man immer eine überschwängliche Entwicklung der Attractionssphäre im Vergleich zu derjenigen der Kernsubstanz; in den Geweben, umgekehrt, starke Entwicklung des Kerns gegen eine schwächere der Sphären; dort passive Mitwirkung des Kerns bei dem Aufbau der Teilungsfiguren, hier, augenscheinlich, zuweilen eine active Rolle desselben.

Aus diesem Grunde bietet das allmähliche Wachstum des Kerns und dessen sich allmählig complicirende Individualisation während der Furchung der Eier der Knochenfische, ferner die hier erscheinenden eigentümlichen cytologischen Bilder, vor allem aber die directe Teilung, bietet dies alles unzweifelhafte Spuren der Genesis der Zelle dar und wirft ein Licht auf die Frage von der genetischen Beziehung zwischen den beiden Formen der Zellenteilung.

Und in der That sieht man in dem Bilde der Entwicklung des Individuums gewöhnlich den verkürzten und modificirten Weg, den die Phylogenese genommen hat, wobei hauptsächlich der Ursprung der Keimblätter und der Organe, ungefähr mit dem Blastulastadium beginnend, unsere Aufmerksamkeit auf sich zieht. In unserem Falle jedoch erlauben die oben beschriebenen Thatsachen weiter zu gehen. Wenn man an einem reifen befruchteten Ei (im gegebenen Falle demjenigen eines Knochenfisches) cytologisch den Furchungsprocess verfolgt, so gelingt es in diesem äusserst schnell vorübergehenden Stadium der Entwicklung unzweifelhafte Spuren der Genesis der Urzelle, ehe sie die Grundlage der Metazoen wurde, wahrzunehmen.

Zur Entscheidung der Frage von der Genesis der Zelle wendet man sich mit Nutzen dem Studium cytologischer Erscheinungen bei den Protozoen zu, doch sollte man auch die sich furchenden Eier der Knochenfische und vielleicht auch anderer Tiere nicht vernachlässigen. Dieses bis jetzt noch wenig untersuchte Material, welches, wie wir gesehen, viel Interessantes bietet, wiederholt, vielleicht, ontogenetisch Erscheinungen aus dem Leben solcher einzelligen Organismen, die jetzt schon verschwunden sind.

Zum Schlusse halte ich es für eine angenehme Pflicht dem verehrten Herrn Prof. I. Ogniew, in dessen Laboratorium die vorliegende Arbeit ausgeführt wurde, meinen innigsten Dank hier auszusprechen.

Zur Lehre von den Stomata der serösen Höhlen.

Von Dr. P. U s s o w,

Aus dem histologischen Institut der Kaiserlichen Universität zu Moskau.

Die Fähigkeit des Zwerchfells, sehr fein verteilte unlösliche Substanzen zu absorbiren, wurde zuerst von Recklinghausen beobachtet. Seitdem ist dieses Organ, namentlich dessen Centrum tendineum, der Gegenstand zahlreicher Untersuchungen gewesen, welche den Zweck hatten den feineren Bau desjenigen Apparats zu zeigen, dem das Zwerchfell die Fähigkeit verdankt unlösliche Teilchen aufzusaugen. Im Allgemeinen waren die Untersuchungen auf die