

Zur Morphologie der Centralspindel.

Von

Dr. L. Drüner,

Assistent am anat. Inst. zu Jena.

Angeregt durch die grundlegenden Untersuchungen von VAN BENEDEN ¹⁾ und BOVERI ²⁾, namentlich durch die ideenreichen Arbeiten des letzteren, habe ich mir bei der Untersuchung von Kernteilungen beim Salamander und Triton folgende Frage vorgelegt. Durch welche Kräfte werden die Centrankörperchen von einander entfernt und im Moment der stärksten Anspannung der Mantelfasern in ihrer Lage gegen die Wirkung derselben fixiert? Welche Kräfte wirken der Kontraktion der Mantelfasern ³⁾ (so will ich die von jedem der beiden Pole zu jedem der Chromosomen ziehenden kontraktilen, peripheren Fasern der Spindel bezeichnen) entgegen?

Diese Frage war für die Kernteilung des Eies von *Ascaris megalocephala* in befriedigender Weise gelöst. Unter den von den Polen ausgehenden Strahlen bilden sich bestimmte Gruppen, die cônes antipodes, stärker aus, sie gewinnen Ansatzpunkte an der

1) EDOUARD VAN BENEDEN, *Recherches sur la maturation de l'oeuf, la fécondation et la division cellulaire.* Paris 1883.

E. VAN BENEDEN et A. NEY, *Nouvelles recherches sur la fécondation et la division mitotique.* Leipzig 1887.

2) Zellenstudien. *Diese Zeitschr.* a) 1888, b) 1890.

3) Sie sind von den Fasern der Centralspindel namentlich auf Querschnitten durch ihre größere Dicke sehr leicht zu unterscheiden. Im Hoden vom Salamander werden sie durch 12 von 2 starken Fasern eingefasste Bänder gebildet. Im Ei von Triton zeigt sich ein anderes Verhalten. Hier verläuft in jedem Bändchen mitten eine dickere kontraktile Faser.

Membran der Zelle. Ihre Kontraktion verursacht die Entfernung der Centrosomen und dadurch die Bildung der Äquatorialplatte und das schließliche Auseinanderweichen der gespaltenen Chromosomen. Der Zustand der stärksten Anspannung der wirksamen Kräfte markiert sich an der Eihaut durch eine kreisförmige Einziehung ihrer Oberfläche (vergl. die Fig. 64 *a, b* und 84 *b* BOVERI'S l. c. a.).

FLEMMING¹⁾ glaubt die Annahme, daß die „centrifugale Verkürzung der Polstrahlen, speziell derer der Antipodenkegel, das Auseinanderweichen der Pole bedingt“, auch für andere Formen der Kernteilung und speziell für die des Salamanders machen zu dürfen.

Dieser Anschauung FLEMMING'S kann ich nicht zustimmen, denn der Nachweis dessen, was für diese Annahme beim *Ascarisei* ausschlaggebend ist, der maßgebenden Beziehung der Polstrahlen zur Membran der Zelle scheint mir nicht erbracht zu sein, wenigstens finde ich bei FLEMMING nichts darauf Bezügliches. Der Vergleich der Polstrahlung bei den verschiedenen Arten der Karyokinese beim Salamander und bei Triton hat mich zu der entgegengesetzten Überzeugung geführt, daß es hier nämlich die centrifugale Verkürzung der Polstrahlen nicht sein kann, welche die Entfernung der Pole hervorbringt. Dies wird bewiesen: 1) Durch das späte Auftreten derselben zu einer Zeit, wo die Entfernung der Pole schon erheblich zugenommen hat (vgl. die Figuren HERMANN'S²⁾ 4—10). 2) Durch die Verschiedenheit ihrer Ausbildung bei verschiedenen Zellarten. 3) Durch den Mangel fester Ansatzpunkte der Polstrahlen an der Zellmembran. Im Ei von Triton *alpestris* fehlen dieselben wenigstens in den von mir untersuchten Stadien in vielen Zellen ganz.

Von irgend welchen Zugwirkungen der Polstrahlen dürfte doch wohl aber nur dann die Rede sein, wenn sich überall zwei Ansatzpunkte für jeden Strahl, zwischen denen sie sich äußern können, nachweisen lassen.

Die Vermutung, daß in der Centralspindel die eigentliche Ursache für das Auseinanderweichen der Pole und für die Fixierung der Polkörperchen gegen den Zug, der zwischen Chromosomen und Pol wirkenden Mantelfasern zu suchen sei, lag nach den Untersuchungen von FLEMMING und HERMANN (l. c. ¹⁾ u. ²⁾, die an

1) Archiv für mikr. Anat., 1891, S. 726.

2) Arch. f. mikr. Anat., 1881. Beiträge zur Lehre von der Entstehung der karyokinetischen Spindel.

einer Reihe von anderen Objekten durch viele Forscher bestätigt wurden, sehr nahe.

Durch die auf diesen Punkt gerichteten Untersuchungen glaube ich beweisen zu können, daß die Centralspindel thatsächlich der Stützapparat ist, der die Pole nicht nur gegen einander fixiert, sondern auch durch Wachstum ihre Entfernung von einander bedingt.

Dünne, einer Medianebene parallele Schnitte durch die Spindel während des Stadiums des Monasters kurz vor der Metakinese im Salamanderhoden (homöotypische Form) bieten eine eigentümliche Gestaltveränderung der Centralspindel dar: Das Verhältnis von Länge und Breite hat sich erheblich zu Gunsten der letzteren geändert.

Die Biegung der Verbindungsfäden ist in der Gegend des Äquators stets am stärksten. Dies zeigt sich in diesem Stadium aber erheblich mehr ausgeprägt als vorher und nachher. Es ist das Bild eines von den Polen aus zusammengedrückten Bündels feiner elastischer Stäbe. Ist die Spaltung der Doppelchromosomen vollendet, so verschwindet dies Bild der Spannung wieder. Die Centralspindel nimmt für einen Augenblick wieder ihre frühere gestrecktere Gestalt an, um dann zuerst in der Äquatorialgegend in körnige Auflösung überzugehen.

In dieser Erscheinung erblicke ich ein Äquivalent für die elastische Einziehung der Kernmembran am *Ascarisei* im Augenblick der höchsten Spannung kurz vor der Entfernung der Tochterchromosomen von einander.

Paßt der Vergleich mit einem Bündel elastischer Stäbe, so wird man auf dem Querschnitt zur Zeit der höchsten Spannung im Monasterstadium ein Voneinanderweichen der Faserquerschnitte der Centralspindel in der Mitte und eine Ansammlung derselben an der Peripherie erwarten müssen.

Dies habe ich durch meine Untersuchungen bestätigt gefunden. Äquatoriale Querschnitte durch Centralspindeln kurz vor der Beendigung der Monasterbildung zeigen die Centralspindel-fasern in einem den Raum zwischen den noch nicht ganz regelmäßig sternförmig angeordneten Chromosomen ausfüllenden unregelmäßig runden Bezirk gleichmäßig verteilt.

Dieser Bezirk ist im Stadium des vollendeten Monasters verbreitert und zeigt eine Anhäufung der Centralfaserquerschnitte in der Peripherie, ja zum Teil sind sie zwischen die Mantelfasern

und die Chromosomen gerückt. Die Mitte des Bezirks zeigt eine erhebliche Verminderung der Faserquerschnitte, sie rücken hier auseinander. Nach vollendeter Trennung der Tochterchromosomen zeigen Querschnitte das frühere Verhalten der gleichmäßigen Verteilung der Fasern. Der Vergleich mit einem Bündel elastischer Stäbe paßt nur in einem Punkt nicht: Die Fasern der Centralspindel besitzen die Fähigkeit zu wachsen.

Dies Verhalten wurde am Salamanderhoden und am Tritonei festgestellt.

Die Gestalt der Centralspindel entspricht der Belastung ihrer Fasern.

Dies gilt nicht nur für die ausgebildete Form, sondern hieraus leitet sich zugleich das Gesetz für ihre Bildung ab.

Es bilden sich diejenigen Fasern zuerst aus, welche für die Funktion der stützenden Fixierung die wirksamsten sein müssen. Die Spindel zeigt daher auch an der Seite, wo die meisten Chromosomen liegen, die stärkste Ausbildung ihrer Fasern und die stärkste Biegung derselben. Dies zeigen außer den Figuren meiner demnächst zu veröffentlichenden Tafeln z. B. die Figuren 7 u. 9 von HERMANN, namentlich aber die Fig. 27—29 von FLEMMING.

Damit gewinnt dieser Vorgang mit demjenigen bei der Ausbildung der Knochenbälkchen in der Richtung der Druck- und Zugkurven große Ähnlichkeit. Das Prinzip der Kraft- und Materialersparnis herrscht auch hier.

Welche Folgerungen ergeben sich aus dem Vergleich mit den gleichen Vorgängen am Ei von *Ascaris megaloccephala*?

Daß die Gestaltung des um jedes Centrosoma herum der Anlage nach vorhandenen, ursprünglich gleichmäßig nach allen Richtungen hin ausgebildeten Strahlensystems in verschiedenen Fällen eine ganz verschiedene sein kann.

Nach den Untersuchungen von BOVERI und VAN BENEDEN fehlt bei *Ascaris* eine Centralspindel. Wenn es auch anzunehmen ist, daß einzelne Fasern auch hier von Pol zu Pol kontinuierlich fortlaufen, so sind diese ebenso sicher funktionell nicht dem ausgebildeten Stützorgan der Salamanderspermatocyten gleichwertig. Die Fixierung der Pole, die stützende Funktion der Centralspindel des Salamanders, wird hier, bei *Ascaris*, durch die cônes antipodes, deren Funktion in einer Zugwirkung besteht, erreicht.

Je nach den gebotenen Bedingungen können sich also unter den ursprünglich der Anlage nach gleichen Strahlen, die vom

Centrosom ausgehen, ganz verschiedene Gruppen starker ausbilden. Der Zweck, dem sie dienen, ist der gleiche, die Mittel, welche die Zelle anwendet, ihn zu erreichen, sind verschiedene, falls es erlaubt ist, eine teleologische Ausdrucksweise zu gebrauchen.

Die Festigkeit und Regelmäßigkeit der Eihülle macht die Anlage einer stützenden Centralspindel im Ascarisei überflüssig. Die Veränderlichkeit und Unregelmäßigkeit der Zellmembran in den Spermatocyten von Salamandra und den Eiern von Triton würde eine Einrichtung wie die im Ascarisei nicht allein sehr unzweckmäßig erscheinen lassen, sondern läßt sie auch gar nicht zur Ausbildung kommen. Dafür werden gerade die stützenden Kräfte der Centrafasern zu größerer Vollkommenheit herangezüchtet.

Die Polstrahlung hat hier eine ganz andere Funktion. In den Eiern von Triton bemerkt man, sobald sie auftritt, eine ganz spezifische Wirkung auf die Stellung der Dotterkrystalloide: sie stellen sich subradiär und zwar mit ihrer Längsachse in die Richtung der Strahlen. Je stärker sie sich ausbildet, um so auffallender wird diese Erscheinung. Zugleich wird der von ihnen freie Raum um das Centrosoma immer größer, die Dotterkrystalloide werden durch die Polstrahlen fortgeschoben. So wird der Platz frei gemacht für die nun folgende Metakinese und Anaphase.

Man könnte daran denken, daß in anderen Zellen die Funktion der Polstrahlung sich in ihrer Bedeutung nur insofern von dem eben erörterten unterscheidet, daß hier die Zellmembran durch die Polstrahlung vor sich hergeschoben wird. Die Gestalt des Zellraumes wird so den Verhältnissen entsprechend verändert und zugleich die Orientierung der Centralspindel in der Mitte der Zelle erreicht.

Nachträgliche Bemerkung.

Soweit waren meine Untersuchungen gediehen, die Tafeln waren gezeichnet und die Fertigstellung der Arbeit für den Druck in nächster Aussicht, als mir vor einem Tage die große, an neuen interessanten Ideen so reiche Arbeit M. HEIDENHAIN'S zugeht¹⁾.

Ich sehe in meinen Untersuchungen im allgemeinen eine Bestätigung für seine Theorie der ursprünglich gleichen Länge und

1) Arch. f. mikr. Anat., 1894, Hft. 3. Neue Untersuchungen über die Centalkörper und ihre Beziehungen zum Kern- und Zellprotoplasma.

gleichen Spannung aller organischen Radian. Aus dieser ist die Funktion der Centralspindel ja ohne weiteres abzuleiten. Andererseits weichen meine Anschauungen im einzelnen wesentlich von denen M. HEIDENHAIN's ab. Namentlich über die Spannungsverhältnisse im Monasterstadium und den folgenden Phasen bin ich zu ganz anderen Vorstellungen gelangt (vergl. l. c. S. 715). Ich glaube, daß das hier entwickelte Gesetz der verschiedenen Ausbildung der Fasern je nach der Beanspruchung eine nicht unwichtige Ergänzung der Theorie HEIDENHAIN's bildet, um sie für den einzelnen Fall anwendbar zu machen.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Jenaische Zeitschrift für Naturwissenschaft](#)

Jahr/Year: 1894

Band/Volume: [NF_21](#)

Autor(en)/Author(s): Drüner L.

Artikel/Article: [Zur Morphologie der Centralspindel. 469-474](#)