Die Doppelkraft der sich teilenden Zelle.

I. Die achromatische Spindelfigur, erläutert durch magnetische „Kraftketten".

Von **Professor Markus Hartog**[1]).
(Aus dem Biologischen Laboratorium von Queen's College, Cork.)

Wenn die ausgewachsene Zelle sich anschickt, sich in zwei neue „Tochterzellen" zu teilen, zeigt ihr Cytoplasma eine teilweise Auflösung in ein System von Fäden, das am häufigsten das Aussehen einer „Spindel" hat, deren Fäden nach zwei Polen oder Zentren zusammenlaufen. Diese Zentren erweitern sich bei den Tieren, bei einigen Cryptogamen und bei vielen Protisten zu kugelförmigen Körpern (Zentrosomen), von welchen polare oder sternartige Strahlen ausgehen. Der Äquator der Spindel ist die zukünftige Teilungsfläche der Zelle.

Die Form, oder vielmehr die Kräfte, deren Ausdruck sie ist, scheinen in direktem kausalen Verhältnis zu der künftigen Verteilung der Chromosomen oder Abschnitte zu stehen, in welche der Kern aufgelöst wird. Diese Abschnitte gruppieren sich anfänglich um oder quer über den Äquator der Spindel und zersplittern oder teilen sich der Quere nach; die Halbsegmente eines jeden Kerns fließen einzeln den Spindelfäden entlang zu den entgegengesetzten Polen, und ihre Vereinigung vor dem Pol führt zur Neubildung eines Kernes für die junge Tochterzelle.

Der Mechanismus der Spindelfigur und der „Trennung" der Halbchromosome ist seit lange ein Gegenstand des Streites. Die hauptsächlichsten Ansichten sind folgende: 1. die Spindelfasern sind kontraktil und „ziehen" die Abschnitte gegen den angrenzenden Pol; 2. die Fasern „stoßen" die Abschnitte zum entgegengesetzten Pol; 3. die Spindel ist der Ausdruck von melekularen Zentralkräften, die indifferent oder zweipolig sind. Die letzte Ansicht, welche zu vertreten hier beabsichtigt ist, war von Fol, einem der Pioniere der Zellenlehre, aufgestellt worden im Jahr 1873 bei seiner Entdeckung der Spindelfigur; denn er verglich das cytoplasmische Feld mit dem magnetischen Feld, wie es sich offenbart in dem klassischen Experiment der Verteilung von Eisenfeilspänen auf Papier in einem magnetischen Feld mit „ungleichen Polen".

Von Zentralkräften unterscheidet Faraday zwei Arten, nämlich „indifferente" wie die Schwere und „Zweipolige", wie elektrostatische Kraft und Magnetismus, wo die respektiven Zentren entgegengesetzt gerichtete Wirkungen haben. Die Kraft, welche am Zellkörper auftritt, ist eine „zweipolige Kraft", jedoch verschieden von Magnetismus. Wir nennen sie „mitokinetische Kraft". Um

1) Aus den Proceedings of the Royal Society auf Wunsch des Herrn Verfassers übersetzt.

ihr Verhalten an Modellen zu erläutern, benutzen wir magnetische Felder.

Bisher haben die Biologen sich damit begnügt, die Spindel zu betrachten als Kraftlinien, deren Lage mit dem Verlauf der Fäden zusammenfallen, wie die Eisenfeilspäne der magnetischen Kraftlinien in Luft. Aber wie Faraday selbst bemerkt, die Anwesenheit des Eisens modifiziert die Verteilung der Linien in der Luft, in welcher sie behufs der Demonstration erzeugt werden. Was wir in der Zelle zu untersuchen haben, ist nicht die Verteilung „geometrischer" Kraftlinien in einem gleichförmigen Medium, sondern die Neuverteilung eines zähen Gemenges in Komponenten, deren einer der „durchlässigere" für die Zentralkraft ist, d. h. ihm eine leichtere Leitung gestattet. Die Wolke, die aufsteigt, wenn wir auf das mit Eisenfeilspänen bestaubte Papier klopfen, ist eine solche Mischung von durchlässigerem Staub und weniger durchlässiger Luft: der Staub in der Wolke sondert sich ab in gekrümmten Staublinien, die nachher auf das Papier fallen, wo sie durch Reibung in bestimmter Lage festgehalten werden.

Wenn wir statt der Luft eine zähe Masse anwenden (Glyzerin, aufgelösten oder geschmolzenen Balsam, oder geschmolzene Gallerte), dann können die Fasern sich auch frei bewegen; sie zeigen dann eine viel genauere Parallele zu der Zellstruktur. Wir wollen diese Fasern aus durchlässigerer Substanz, die sich aus einer Mischung von weniger durchlässiger Substanz abgesondert haben, „materielle Kraftketten" oder der Kürze wegen „Kraftketten" nennen, um sie von den geometrischen „Kraftlinien" zu unterscheiden, denen sie tatsächlich einen leichteren Durchgang gestatten als das übrige Medium. Alle veröffentlichten Figuren des magnetischen Feldes, die man experimentell erhalten hat, sind tatsächlich Bilder solcher Ketten; ihre Verteilung gleicht um so genauer derjenigen der Linien in reiner Luft, je weniger Material zum Versuch gebraucht wurde.

Kraftketten gestatten der Kraft einen leichteren Durchgang als das Medium, in welchem sie liegen; folglich, wenn wir der „Flächeneinheit" eine quantitative Bedeutung zuschreiben, wie es der Elektrotechniker tut, so können wir sagen, eine „Kraftkette" enthält mehr Kraftlinien als eine angrenzende Röhre des Mediums von gleichem Querschnitt.

Kraftketten haben besondere Eigenschaften: sie können durch Schwere oder mechanische Kräfte abgelenkt werden und führen dank ihrer großen Durchlässigkeit bei Ablenkung (unter den Versuchsbedingungen) den größten Teil ihrer Kraftlinien mit sich fort; „Kraftketten" können bei ihrer Entstehung miteinander verschmelzen und Anastomosen oder ein rhomboidales Netzwerk bilden, sie können sich kreuzen oder in angrenzende Ebenen übergreifen.

„Kraftlinien“ können nichts dergleichen tun: sie können niemals anastomisieren in Netzwerke, noch können sie sich kreuzen oder abgelenkt werden, außer insoweit, als das Medium, in welchem sie verlaufen, bewegt wird durch eins von geringerer Durchlässigkeit hindurch, wie es bei der dynamoelektrischen Maschine geschieht.

Nun sind wir imstande, durch Kraftketten innerhalb eines magnetischen Feldes viele Zellfiguren darzustellen, die nicht mit der Annahme vereinbar sind, dass die Fäden Kraftlinien, reine und einfache, darstellen: folglich fallen die Einwände, die auf jene ungenügende Annahme gegründet sind. Tatsächlich sind wir imstande, jede Modifikation des Zellfeldes (oder vielmehr ihres axialen Durchschnitts) durch einen entsprechenden Schnitt eines magnetischen Feldes darzustellen, wie es in unserem Apparat tatsächlich geschieht.

Die bisher dargestellten magnetischen und elektrostatischen Felder waren „unbestimmt“: die Kraftlinien verlaufen ununterbrochen von einem Pol zum andern; sie zeigen: 1. die interpolare Axe; 2. eine Reihe von Kurven von Pol zu Pol, alle konkav zur interpolaren Axe; 3. die Verlängerungen dieser Axe, von denen man annehmen kann, dass sie sich in der Unendlichkeit treffen.

Nun finden wir in der Zelle außer den „Spindelfasern“, die Nr. 2 entsprechen, „Astralstrahlen“, die gerade oder sogar „konvex“ gegen die interpolare Axe sind und konkav zu ihrer Verlängerung. Wir können dieses Schema im magnetischen Feld wiedererzeugen, wenn wir es mit einer Hülle von stark durchlässigem Material umgrenzen, etwa wie die elliptische „Maske“ der Photographen, welche aus weichem Eisen geschnitten ist. Hieraus können wir schließen, dass die äußerste Schicht des Cytoplasmas (Hautschicht) sehr stark durchgängig für die mitokinetische Kraft ist.

Wenn wir ferner unsere Ketten in Glyzerin machen und die Tätigkeit der magnetomotorischen Kraft nach der primären Trennung der Ketten noch länger andauern lassen, so erhalten wir eine viel größere Ähnlichkeit mit dem zellularen Feld. Denn da die Ketten dazu neigen in die Lage der größten Intensität zu gelangen, so treiben die Spindelketten seitlich nach innen gegen die Axe, wobei sie kürzer und dichter werden, während sie sich bewegen, und einen hellen Raum an jeder Seite lassen. Der entsprechende Raum in der Zelle hat den Namen „Bütschli's Raum“ erhalten.

Man hat angenommen, dass nur zwei Arten von Zentren (die wir schlechtweg als „positiv“ und „negativ“ bezeichnen können) in einer zweipoligen Kraft möglich sind; und dass eine zweipolige Kraft daher unvereinbar mit der häufig in der Zelle gefundenen „Triaster“-Figur sei, in welcher drei Zentren, durch untereinander zusammenhängende Spindeln vereinigt werden. Gallardo hat gezeigt, dass in ein System von zwei entgegengesetzten Polen im Nullpunkt ein Pol eingeführt werden kann, um als drittes Zentrum

zu wirken: so erhielt er einen Triaster in seinem elektrostatischen Modell durch Anwendung von zwei Leitern, welche an die Endklemmen einer elektrischen Maschine befestigt wurden und eines dritten zur Erde abgeleiteten. Wir können das Gleiche mit unserm magnetischen Apparat machen, indem wir die entgegengesetzten Pole von zwei geraden Elektromagneten als positive und negative Zentren benutzen und einen Kern von weichem Eisen (ohne Rolle) als Nullzentrum (Fig. 1). Solche Figuren können durch Hinzufügung vermehrt werden um den „Raum zu füllen". So wenn wir zwei Kerne (C) abwechselnd mit den entgegengesetzten Polen (N S) zusammenlegen, so haben wir zwei solche Triaster zu einem Rhombus vereinigt, in welchem sich in allen vier Ecken der Reihe nach Spindeln vereinigen und zwei, nämlich die Pole, durch eine diagonal verlaufende Spindel verbunden sind (Fig. 2). Setzen wir aber vier abwechselnde Pole an die Ecken eines Quadrats und einen Kern in das Zentrum, so erhalten wir die Summations- oder Anlagerungsfigur von vier Triastern (Fig. 3).

Fig. 1.

Fig. 2.

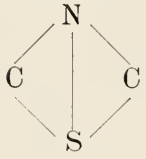

Fig. 3.

Unter der Annahme, dass die Chromosomen außerordentlich durchlässig sind und infolgedessen der mitokinetischen Induktion unterworfen, kann das Auseinanderweichen der Halbchromosome magnetisch dargestellt werden.

Dass andere Kräfte als diese zweipoligen bei der Zellteilung wirksam sind, ist auf verschiedene Weise gezeigt worden:

1. Die Kraft, die von der Spindelfigur ausgeübt wird, neigt dazu, ihre Pole einander näher zu bringen: daher muss ihre Trennung von protoplastischen Streck- und Ziehkräften herrühren, was zuweilen die Zentrosomen zu Kügelchen zusammenzieht, wie es abgebildet und modelliert worden ist. Die protoplasmatische Streckung kann von spiraliger Drehung begleitet sein, was wir ebenfalls modelliert und photographiert haben. Die Vergrößerung der Spindel kann zum Teil von der Umhüllung ausgehen, welche osmotisch halbdurchlässig ist und der hierdurch bedingten Turgeszenz.

Welcher Art ist die mitokinetische Kraft? 1. Sie kann nicht von der Art der Diffusion oder der Oberflächenspannung sein, die unzweifelhaft bei den Zentren vorkommen; denn diese Phänomene sind an beiden Enden der Spindel von gleichem Charakter und erzeugen wie elastische Kräfte (seien es nun anziehende oder ab-

stoßende), welche innerhalb eines durchgängigen Mediums wirken, „Kreuzfiguren", aber niemals eine Spindel.

2. Es kann nicht Magnetismus sein, denn einen isolierten Magneten mit einer einzelnen Polarität gibt es nicht: der kleinste Magnet hat zwei entgegengesetzte Pole. Aber die Zentren der Spindel sind isolierte entgegengesetzte Pole. Unser Apparat zeigt uns einen Axenschnitt von diesem Teil eines magnetischen Feldes, das sich auf dieselbe Weise verhält, als wenn es der Ausdruck von zwei ungleichen isolierten Polen wäre und insofern gibt er uns brauchbare Modelle; das ist aber alles.

3. Wir können nicht sagen, ob die mitokinetische Kraft eine elektrostatische Kraft ist oder nicht; wir haben keinen positiven Beweis dafür, und die Kraft kann eine in leblosen Stoffsystemen unbekannte Kraft sein.

Die hauptsächlichen Gesichtspunkte der vorliegenden Untersuchung sind:

1. Die Einführung eines verwendbaren Apparates zur Untersuchung des Axenschnittes von Feldern, die durch isolierte Pole von einer zweipoligen Kraft erzeugt sind.

2. Die Formation von „Kraftketten" in einem dickflüssigen Material, die Kenntnis ihres Charakters als eines ausgesprochenen Typus von stofflicher Konfiguration und die Untersuchung ihrer Eigenschaften.

3. Die Anwendung des Begriffes „Relative Durchlässigkeit" und die Anwendung des Begriffes der Kraftketten auf das Problem der Zellfiguren. (Übersetzt durch A. K.) [68]

Das Biogenetische Grundgesetz.

Von Dr. Heinrich Schmidt. Jena.

Seit dem Ende des 18. Jahrhunderts war in der biologischen und naturphilosophischen Literatur Deutschlands erst vereinzelt, dann immer häufiger die Behauptung aufgetaucht, es bestehe ein Parallelismus zwischen der „individuellen Metamorphose" und der „Metamorphose des Tierreichs". Aber erst nachdem Darwin gelehrt hatte, die „Metamorphose des Tierreichs" als historische Tatsache aufzufassen, konnte jene geistreiche Idee in ihrer wahren Bedeutung verstanden werden. Fritz Müller war es, der als erster in seinem ausgezeichneten Schriftchen „Für Darwin" (1864) die Rekapitulationstheorie empirisch und theoretisch mit darwinistischem Geist erfüllte. „In der kurzen Frist weniger Wochen oder Monde, heißt es bei ihm, führen die wechselnden Formen der Embryonen und Larven ein mehr oder minder vollständiges, mehr oder minder treues Bild der Wandlungen an uns vorüber, durch

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Biologisches Zentralblatt

Jahr/Year: 1905

Band/Volume: 25

Autor(en)/Author(s): Hartog Marcus Manuel

Artikel/Article: Die Doppelkraft der sich teilenden Zelle. 387-391