Zur Theorie des Wachstums und der Befruchtung.

Von

Julius Bernstein,

Halle a. S.

Mit 1 Figur im Text.

Eingegangen am 16. September 1898.

Vorbemerkung.

Die vielfachen theoretischen Erörterungen der letzten Zeit im Gebiete der Entwicklungslehre, welche bisher fast ausschließlich von Morphologen herrühren, haben mich dazu angeregt, im Nachstehenden diejenigen Gesichtspunkte hervorzuheben, welche mir von physiologischem oder besser gesagt von allgemein naturwissenschaftlichem Standpunkte für die Auffassung der Entwicklungsvorgänge von Bedeutung zu sein scheinen. Bei dem vielfachen Widerstreit der Meinungen unter den Morphologen dürfte vielleicht eine Stimme aus dem angrenzenden Lager der Physiologie nicht unwillkommen sein.

An die Spitze meiner Betrachtung möchte ich den Satz stellen, dass zur Begründung einer »causalen«, d. h. »mechanistischen« Entwicklungslehre, wie sie von ROUX als »Entwickelungsmechanik« aufgefasst wird, neben der Formbildung die »Energetik« der stattfindenden Vorgänge in Betracht gezogen werden muss. So wenig wir auch von der Natur und dem Zusammenhang der dabei mitwirkenden Kräfte Kenntnis haben, so lassen sich doch gewisse Principien der modernen »Energielehre« auf die Entwicklungsvorgänge anwenden, so weit sie auch auf physiologische Thätigkeiten mit Erfolg angewendet sind.

1. Wachstum und Befruchtung.

Den Stoffwechsel in der lebenden Substanz vorausgesetzt, ist »Wachstum« die Grundbedingung jeder Formentwicklung oder Formveränderung, also auch der Fortpflanzung. Die Fähigkeit eines Organismus, sich fortzupflanzen, hängt daher von seiner »Wachstumsenergie« im Allgemeinen und Besonderen ab. Unter »Wachstumsenergie« sei die Gesamtheit der physikalischen und chemischen Energien verstanden, welche das Wachsen zu Stande bringen.

Die Vorgänge des Wachstums bestehen in allen Organismen, pflanzlichen wie thierischen, von den einfachsten bis zu den complicirtesten, nach dem Princip der Erhaltung der Energie in einer Ansammlung potentieller Energien, sei es, dass diese aus der kinetischen Energie des Lichtes und der Wärme oder aus aufgenommenen chemischen Energien der Nährstoffe und des Sauerstoffes herrühren. Diesen Vorgang hat man auch »Assimilirung« genannt.

Denken wir uns nun die einfachste lebende Substanz als homogene, formlose Materie. Denn unbekümmert um die Streitfrage, ob eine solche existirt oder existirt hat, können wir einer solchen Materie die Fähigkeit des Wachstums unter geeigneten Existenzbedingungen zuertheilen. Nehmen wir an, dass sie ins Unbegrenzte wachse, so fallen Wachstum und Fortpflanzung in ihrer Erscheinung vollständig zusammen. Eine Zertheilung dieser wachsenden Masse durch äußere Einwirkung in beliebige Theile ändert nichts an diesem Vorgange, würde aber durch Vergrößerung der Oberfläche in Folge schnellerer Aufnahme von Stoffen eine Beschleunigung des Wachstums mit sich bringen¹⁾.

Das Wachsen würde nun bei konstanten äußeren Bedingungen in dieser Weise ins Unbegrenzte fortgesetzt werden, wenn sich demselben nicht »Widerstände« oder »Hemmungen« entgegenstellten. Dass bei einem jeden Organismus, abgesehen von äußeren Widerständen, »innere Hemmungen« des Wachstums auftreten, lässt sich sowohl aus der Begrenzung des Wachstums als aus der Lebensdauer schließen. In letzterem Falle sind die hemmenden Kräfte solche, welche den Stoffwechsel überhaupt aufheben, im ersteren Falle solche, welche nur die Energien des Wachstums vernichten. Deuten wir diese Energien als chemische, so könnten die Hemmungen durch Erzeugung gewisser Stoffwechselprodukte hervorgebracht werden.

¹⁾ Siehe auch: BERNSTEIN, Über die Kräfte der lebenden Materie. Osterprogramm d. Univ. Halle. 1880. pag. 17.

Bekannt ist es z. B., dass die Produkte der Gärungen hemmend auf die Entwicklung der Gärungspilze einwirken etc.

Wir statuiren demnach in Bezug auf das Wachstum im Allgemeinen zwei Arten von Kräften, erstens die treibenden und zweitens die hemmenden Kräfte. Es wird gut sein, bei der Complicirtheit der Vorgänge sich diese beiden Arten von Kräften zunächst in allgemeiner Form vorzustellen.

Die Vorstellung treibender (resp. erregender) und hemmender Kräfte hat sich in der Physiologie des Nerven- und Muskelsystems als sehr zweckdienlich erwiesen. Zur Erklärung der Thätigkeit rhythmisch arbeitender Centren, z. B. des Athem- und Herzcentrums, hat man angenommen, dass eine treibende Kraft in der in dem Organ durch die Ernährung sich ansammelnden potentiellen Energie enthalten ist und dass eine hemmende Kraft sich der Umwandlung in kinetische Energie entgegenstellt, dass aber vermöge einer eigenen inneren Mechanik (Molekularmechanik) eine rhythmische Durchbrechung der Hemmung durch die treibende Kraft stattfindet [v. BEZOLD¹⁾, ROSENTHAL²⁾]. Alle Vorgänge der Reizung und der Veränderung der Reizbarkeit lassen sich nach PFLÜGER³⁾ auf die Vorstellung von zwei derartigen Kräften (Molekularspannungen und Molekularhemmungen) zurückführen, wenn wir die von außen zugeführten Reize als auslösende Kräfte betrachten. Es scheint mir daher gerechtfertigt, eine entsprechende Vorstellung auch auf die Vorgänge des Wachstums und der Fortpflanzung zu übertragen.

Kehren wir nun zur Betrachtung der formlosen lebenden Materie zurück, so würde unter der Annahme von entstehenden Hemmungen auch ihr Wachstum nicht unbegrenzt sein können. Doch mögen in einer von uns angenommenen lebenden Urmaterie diese Hemmungen außerordentlich langsam entstanden sein, entsprechend den sehr geringfügigen Lebensthätigkeiten dieser Materie. Sobald aber durch den Wechsel der Lebensbedingungen eine Variabilität in dieser Materie auftrat und damit zugleich der Kampf ums Dasein eröffnet wurde, musste sich das Bild ändern. Die besser oder zweckmäßiger konstituirten Massen mit erhöhter Lebensthätigkeit verdrängten die schlechter konstituirten, zugleich aber nahmen auch mit der Beschleunigung des Wachstums und der Lebensthätigkeiten die hemmenden Kräfte schneller zu. Daher konnte eine weitere Entwicke-

1) Untersuchungen über die Innervation des Herzens. 1863.

2) Die Athembewegungen. 1862.

3) Untersuchungen über die Physiologie des Elektrotonus. 1859.

lung zu höheren und zweckmäßigeren Formen nur dann stattfinden, wenn durch irgend einen Vorgang das Wachsen der hemmenden Kräfte beschränkt wurde. Dieser Vorgang ist, wie ich vermute, in seiner einfachsten Gestalt die Konjugation, aus welcher sich die Befruchtung entwickelt hat.

Denken wir uns demnach eine homogene lebende Urmaterie, so wird durch die Verschiedenheit äußerer Einwirkungen auf verschiedene Massen derselben eine wenn auch Anfangs nur geringe Variation derselben hervorgebracht werden können. Ich denke mir also, dass in dieser Urmaterie die äußeren Einwirkungen, die niemals ganz gleich sein können, auch die primäre Ursache der »Variabilität« in DARWIN'schem Sinne gewesen seien. In jedem Massentheilchen entsteht aber eine der treibenden Kraft des Wachstums entgegengesetzte hemmende Kraft; und wenn diese eine gewisse Größe erreicht hat, so würde sie dem weiteren Wachstum ein Ziel setzen. Nun musste es aber der »Zufall« fügen, welcher in DARWIN'schem Sinne als »Nothwendigkeit« zu betrachten ist, dass zwei Massentheilchen von mehr oder weniger variirter Beschaffenheit mit einander in Berührung kamen und sich vereinigten. Und diese Vereinigung, welche unter den jetzt lebenden einfachsten Organismen noch als »Konjugation« erscheint, musste sich als zweckmäßig erwiesen haben, indem sie die Wachstumsenergie erhöhte. Ein solcher Erfolg kann nun nach unserer Theorie durch Beseitigung oder Schwächung der hemmenden Kräfte herbeigeführt sein. Man stelle sich ganz allgemein vor, dass in dem Molekül a_1 des ersten Massentheilchens sich die hemmende Kraft h_1 bildete, und in dem Molekül a_2 des zweiten Massentheilchens die hemmende Kraft h_2 , wobei sowohl a_1 und a_2 als auch h_1 und h_2 von etwas verschiedener Natur (resp. Qualität) sein mögen; entsteht nun durch die Vereinigung der Moleküle a_1 und a_2 ein drittes Molekül a_3 (oder zwei und mehrfache derselben) von wiederum etwas anderer Beschaffenheit, so würden die hemmenden Kräfte h_1 und h_2 auf dieses nicht oder weniger einwirken können, als sie auf a_1 und a_2 eingewirkt haben, da ihre Natur nicht der Natur von a_3 entspricht. Dies wird immer unter der Bedingung der Fall sein, dass die treibenden Kräfte durch ihre Vereinigung sich der Einwirkung der hemmenden Kräfte mehr oder weniger entziehen, oder dadurch, dass die hemmenden Kräfte einander entgegenwirken. Es würde dies aber nicht der Fall sein, wenn etwa die Kräfte h_1 und h_2 sich zu einer dem Molekül a_3 entsprechenden hemmenden Kraft h_3 vereinigten. Es möge dies durch

einige Beispiele erläutert werden. Zuerst ein rein mechanisches. Man denke sich zwei durch bestimmte treibende Kräfte, welche beständig von außen wirken, in Rotation versetzte Räder, deren Achsen an einem senkrechten Faden hängen, in gewisser Entfernung von einander, so dass ihre Ebenen zusammenfallen. An den beiden von einander abgewendeten Punkten ihrer Peripherie befinde sich an jedem Rade eine Bremse, welche die Bewegung verzögert und deren Reibung mit der Zeit zunehme. Die Rotation des einen Rades möge

nach der einen, die des anderen nach der anderen Seite gerichtet sein, was die Variation der Moleküle a_1 und a_2 vorstellen möge. Man bringe sie nun einander näher und es möge bei geringerer Entfernung durch eine gewisse durch ihre Einwirkung gegebene Kraft (z. B. Massenanziehung) eine gegenseitige Anziehung stattfinden, so werden sich beide von ihren Bremsen entfernen und die Geschwindigkeit ihrer nun gemeinsamen Rotationen wird wieder zunehmen (siehe beistehende Figur).

Es kommt hierbei selbstverständlich auf die Bedingungen des Mechanismus wesentlich an. Würden die Achsen von in gleichen Richtungen rotirenden Rädern in einer geraden Linie liegen, so würde bei einer Vereinigung der Achsen das Verhältnis der summirten hemmenden und treibenden Kräfte dasselbe bleiben wie vorher. Das

würde dann einer Vereinigung ganz gleichartiger lebender Massentheiligen entsprechen, welche keinen Vortheil haben könnte.

Ein anderes mechanisch-chemisches Beispiel seien zwei Tropfen Flüssigkeit, in denen ein System kleiner Körperchen durch innere Kräfte in Bewegung erhalten werde (z. B. BROWN'sche Molekularbewegung). Der Bewegung leistet als hemmende Kraft die innere Reibung der Flüssigkeit Widerstand, und es möge durch eine in beiden differente Abscheidung der Körperchen der Reibungskoeffizient der Flüssigkeit immer mehr zunehmen, so würde in beiden mit der Zeit ein Stillstand der Bewegung eintreten. Mischen sich nun die beiden Tropfen mit einander, so möge durch die chemische Verbindung der Abscheidungen der Reibungskoeffizient vermindert werden, so dass die Bewegung von Neuem eingeleitet wird.

Auch kann man eine rein chemische Deutung des Vorganges in allgemeiner Form geben. Es sei das Molekül der beiden Massentheiligen so gebaut, dass an einen Atomkomplex M_1 und M_2 eine Seitenkette x_1 und x_2 sich anlegt, welche allmählich wachsend die Assimilationsfähigkeit der Moleküle hemmt. Bei der Vereinigung beider Moleküle gehe eine Spaltung nach der Formel¹⁾: $(M_1 - x_1) + (M_2 - x_2) = (M_1 - M_2) + (x_1 - x_2)$ vor sich, und nach Ausstoßung von $(x_1 - x_2)$ entstehe nach der Formel $(M_1 - M_2) = 2 \cdot M_3$ ein neues mit verstärkter Assimilationsfähigkeit begabtes Molekül M_3 .

Es möchte hinzugefügt werden, dass man sich das Wachsen der lebenden Substanz entsprechend der PFLÜGER'schen Theorie so denken kann, dass jedes Molekül etwa durch Polymerisirung so weit wächst, bis es in zwei Moleküle zerfällt.

Bei vielen Infusorien findet der einfachste Vorgang der Befruchtung, die Konjugation, nur von Zeit zu Zeit statt²⁾. Durch mehrere Generationen hindurch kann in ungestörtem Wachsthum die Vermehrung durch Theilung vor sich gehen. Aber wenn man die Kulturen sorgfältig von einander trennt, tritt allmählich eine Wachsthumshemmung ein. Bei der Vermischung der Kulturen aber findet durch Konjugation eine Wiederbelebung des Wachsthums statt; und worin kann dieser Vorgang anders bestehen als in einer gegenseitigen Aufhebung der hemmenden Kräfte. Denn eine Neuerzeugung treibender Kräfte aus zwei Körpern, in denen diese Kräfte nicht mehr

¹⁾ Die Zeichen — stellen chemische Affinitäten vor.

²⁾ MAUPAS, Théorie de la sexualité des Infusoires ciliés. Compt. rend. T. 105. pag. 356—358.

vorhanden waren, ist nach dem Gesetz von der Erhaltung der Energie nicht denkbar.

Ist nun erst einmal bei den niedersten Organismen dieser mächtige Stimulus des Wachstums, die Konjugation, wirksam geworden, dann ergibt sich in der phylogenetischen Entwicklung durch die Anpassung im Kampfe ums Dasein und durch die Vererbung die weitere Vervollkommnung des Befruchtungsvorganges als eine Nothwendigkeit. Je differenter die sich konjugirenden Gebilde geworden sind, wobei die Fähigkeit der Vereinigung erhalten werden musste, desto ergiebiger wurde die Wachstumsenergie. So schritt die Differenzirung der Keime mit der phylogenetischen Entwicklung vorwärts und so kam es schließlich nach dem Principe der Arbeitstheilung zu der Entstehung des männlichen und weiblichen Keimes und der Geschlechter. Die Ei- und die Samenzelle einer Species sind daher als Gebilde anzusehen, welche eine möglichst große Differenz der Organisation erlangt haben, und zwar mit Erhaltung der Fähigkeit, sich zu einem gemeinsamen Ganzen zu vereinigen. Während alle anderen Zellen des Organismus eine Wachstums- und Entwicklungsgrenze durch Zunahme der hemmenden Kräfte erreichen, vermögen Ei- und Samenzelle durch ihre Vereinigung die hemmenden Kräfte wiederum zu eliminiren. Dass eine Differenzirung der Keime nach dem Princip der Arbeitstheilung in ihnen stattgefunden, indem das Samenkörperchen die Funktionen der Bewegung und der Reizbarkeit, die Eizelle die Funktion der Ernährung durch Ansammlung von Nährmaterial in höherem Grade ausgebildet hat, ist schon von HAECKEL und HERTWIG erkannt worden. Diese an sich vortheilhafte Arbeitstheilung hat aber zugleich den Sinn, dass die sich vereinigenden Moleküle eine möglichst verschiedene Konstitution besitzen, so weit dies zur Eliminirung der hemmenden Kräfte erforderlich ist.

Es möge noch bemerkt werden, dass mit der Erhöhung der Wachstumsenergie durch Befruchtung auch die Möglichkeit und Mannigfaltigkeit der Variabilität gefördert werden mussten. So lange beim Wachsen einer lebenden Materie eine Konjugation nicht statt hatte, war die Variabilität allein das Produkt der äußeren Einwirkungen auf jeden besonderen Theil der Materie für sich. Sobald aber Konjugation resp. Befruchtung eingetreten war, nahm auch die Fähigkeit der Variabilität mit der Wachstumsenergie zu und es addirten sich die Möglichkeiten der Variabilität aus beiden Komponenten der Vereinigung zu einander. Die bewirkenden Ursachen der Variabilität können aber immer nur die äußeren Kräfte sein, und

zwar sowohl die auf die Keime als auch die auf den wachsenden Organismus einwirkenden Kräfte.

Es kann aus dem Vorhandensein einer Fortpflanzung durch Knospung und Parthenogenesis ein Einwand gegen die aufgestellte Theorie nicht hergeleitet werden. Die Parthenogenesis ist immer nur auf eine oder wenige Generationen beschränkt; die Fortpflanzung durch Knospung kommt nur bei Pflanzen und den niederen thierischen Organismen vor und beweist nur, dass eine Fortsetzung des Wachstums ohne Befruchtung bis zu einer gewissen Entwicklungsstufe möglich ist, aber nicht zu höheren Formen führen kann. Außerdem kommen bei knospenden Organismen auch Konjugationen und Befruchtungen vor, welche sich als vortheilhaft erweisen.

Fasse ich daher die aufgestellte Theorie in wenige Worte zusammen, so lautet sie folgendermaßen: »Die treibenden Kräfte, welche das Wachsthum bedingen und deren Energie von außen zugeführt wird (Licht, Wärme, chemische Energie), arbeiten in der organisirten Materie gegen hemmende Kräfte, welche den Molekülen der Materie zukommen¹⁾. Letztere nehmen in Folge der chemischen und physikalischen Änderungen der Materie mit der Dauer des Wachstumsprocesses an Intensität mehr und mehr zu, so dass sie schließlich den vollkommenen Stillstand alles Wachsens herbeiführen (Tod des Individuums). Jede Art von Befruchtung hat dagegen die unmittelbare Folge, dass vermöge einer Einwirkung mehr oder weniger differenter Materien eine gegenseitige Schwächung oder Aufhebung der hemmenden Kräfte stattfindet, so dass die treibenden Kräfte von Neuem anheben, ihre volle Wirksamkeit zu entfalten.«

2. Morphologische Deutung und mechanische Analyse.

Es könnte scheinen, als ob die vorhergehenden Betrachtungen im Sinne einer mechanischen Anschauung der Entwicklungsvorgänge zu den bisher von den Morphologen aufgestellten Ansichten in einem Gegensatze stünden. Dies ist bei näherer Prüfung keineswegs im Princip der Fall. Ja es sind sogar beide Arten der Betrachtung zu einer befriedigenden Lösung der vorliegenden Aufgaben durch gegenseitige Ergänzung durchaus erforderlich. Um dies klar zu machen, ist es zweckmäßig, auf die einfacheren Aufgaben der analytischen

¹⁾ Das einfachste mechanische Analogon derselben ist die Reibung bei der Bewegung von Massen gegen einander.

Mechanik zurückzugreifen. Wenn die Bewegungen eines Systems von materiellen Punkten und die Konfigurationen desselben in jedem Zeitpunkte bestimmt werden sollen, und wenn die Punkte desselben nicht frei, sondern gewissen Bedingungen in ihrer Bewegung unterworfen sind, so müssen diese Bedingungen durch gegebene Gleichungen ausgedrückt werden, wenn man die Einwirkung gewisser derart wirkender Kräfte ermitteln will. Ist z. B. ein Punkt gezwungen, sich nur auf einer Kugelschale zu bewegen, wie auch die äußeren Kräfte auf ihn einwirken mögen, so muss die Gleichung der Kugelfläche mit den Gleichungen seiner Lage und Bewegung vereinbar sein. Die Gleichung der Kugel nennt man in diesem Falle die »Bedingungsgleichung« der Bewegung. Sind für alle Punkte eines Systems diese Bedingungsgleichungen gegeben und ebenso die von außen einwirkenden Kräfte, so ist das Problem nach LAGRANGE im Princip lösbar.

Die »morphologischen Deutungen« eines biologischen Vorganges verhalten sich nun zu der »causalen mechanischen Analyse« desselben im Großen und Ganzen wie die Aufstellung jener »Bedingungsgleichungen« zur »analytischen Berechnung«. Die morphologische Deutung des Problems giebt uns gewissermaßen das Endziel an, nach welchem unter dem Anschein eines Zweckes ein Entwicklungs- und Wachstumsprocess hinstrebt, und darin sind die »Bedingungen« enthalten, unter welchen der ganze Process abläuft. Freilich sind wir weit davon entfernt, diese durch Gleichungen ausdrücken zu können. Aber auch wenn wir dies könnten, wäre damit noch keineswegs eine causale, mechanistische Erklärung des Vorganges gefunden. Es fehlte vielmehr die Aufstellung der »treibenden Kräfte«, welche an dem biologischen System den festgesetzten »Bedingungen« gemäß Wirkungen ausüben.

Die morphologische Deutung eines biologischen Problems kann sich selbstverständlich nicht auf bloße Bedingungen der Konfiguration beschränken, wie dies bei mechanischen Problemen der Fall ist, sondern muss biologische Gesichtspunkte zu Hilfe nehmen. Als ein Beispiel einer solchen morphologischen Deutung im Großen und Allgemeinen haben wir die DARWIN'sche Theorie zu betrachten. Nach dieser Theorie soll die Formentwicklung immer eine solche sein, dass die für den Kampf ums Dasein zweckmäßig konstituirten Formen bestehen bleiben, während die unzulässigen Abänderungen schon in ihren ersten Anfängen eliminirt werden. Könnten wir diese Bedingung der phylogenetischen Entwicklung durch Gleichungen ausdrücken, so hätten wir die erste Grundlage zur folgenden mechani-

schen Analyse jener geschaffen. Wir müssen uns indessen damit begnügen, aus der Vergleichung des Thatsachenmaterials zusammenfassende Gesichtspunkte zu kombiniren, deren Werth nach dem Grade ihrer Wahrscheinlichkeit im allgemein naturwissenschaftlichen Sinne geprüft werden muss. Das ist die Aufgabe der auf vergleichender Anatomie und Entwicklungsgeschichte sich aufbauenden »Descendenzlehre«, wie sie DARWIN, HAECKEL und Andere begründet haben. Einen wichtigen Gesichtspunkt dieser Art von allgemeiner Bedeutung bildet z. B. das von HAECKEL benannte »biogenetische Grundgesetz«. Es ist klar, dass die Kenntnis dieser Bedingungen der Entwicklung, welche den ersten Theil des Problems bildet, nur eine sehr unvollkommene ist und bleiben wird. Doch setzen wir in einem Falle die Lösung dieses Theils als richtig gegeben voraus, so würde der zweite Theil des Problems, »die mechanische Analyse«, doch noch unendliche Schwierigkeiten darbieten. Dieser zweite Theil des Problems fällt aber mit dem zusammen, was nach den Definitionen von ROUX als »Entwicklungsmechanik« bezeichnet wird. Zur Lösung dieser Aufgabe ist es weiterhin erforderlich, über die Art der auf das biologische System von außen her einwirkenden Kräfte die geeigneten Hypothesen aufzustellen. Es ist ebenso einleuchtend, dass auch die Lösung dieses Theils des Problems immer nur eine sehr unvollständige und lückenhafte sein kann ¹⁾.

Kehren wir nach diesen allgemeinen Betrachtungen wieder zu dem speciellen Thema dieser Mittheilung zurück; so können wir nach unserer Darlegung das besprochene Problem folgendermaßen zerlegen:

Die »morphologische Deutung« der Befruchtung besteht in der Annahme, dass wir eine durch Stoffwechsel wachsende Materie haben, dass diese nach dem Princip der Variabilität sich abgeändert und in kleinere Elemente (Zellen) von variabler Beschaffenheit zertheilt habe, und dass es für das Wachsthum vortheilhaft gewesen sei, wenn solche Elemente von möglichst divergenter Beschaffenheit sich mit einander vereinigt haben. In diesen Annahmen würden die »Bedingungsgleichungen« des Problems enthalten sein. Die »mechanische

¹⁾ Die Bedingungsgleichungen eines biologischen Problems müssen immer complicirter werden, je weiter die phylogenetische Entwicklung vorschreitet, indem die Resultate der mechanischen Analyse des unmittelbar vorhergehenden Problems in die Bedingungen des nachfolgenden eingehen, worin das Moment der »Vererbung« gegeben sein würde.

Analyse« des Problems wurde in Angriff genommen, indem wir die Hypothese von der Existenz »treibender« und »hemmender Kräfte« hinzufügten, welche in gewisser Weise in der Materie wirken sollen. Diese Lösung konnte selbstverständlich nur eine ganz allgemeine Form annehmen. Wir sind weit davon entfernt, sie auf alle Details der Zelltheilung in Anwendung zu bringen. Und doch scheint es mir nicht ganz aussichtslos, von dem eingenommenen Standpunkte aus Einzelheiten der morphologischen Wandlungen der Zellen beim Wachsen und Vermehren zu beleuchten. Forschung und Kritik mögen entscheiden, ob die gemachten Hypothesen einen Fortschritt der Erkenntnis herbeiführen können.

Zum Schluss bitte ich um Entschuldigung, wenn ich in dieser Mittheilung Manches aus der umfangreichen morphologischen Litteratur, was mit meiner Theorie einige Ähnlichkeit haben möge, nicht berücksichtigt haben sollte. Es ist unter den heutigen Verhältnissen nicht mehr möglich, auch noch die Litteratur einer angrenzenden Wissenschaft nur annähernd zu bewältigen. Wenn ich daher Einigen etwas nicht ganz Neues gesagt haben sollte, so habe ich mich doch bemüht, den Kern der Sache in einer neuen Form, in der exakteren Sprache der Mechanik, darzustellen.