

II.

Einiges

vom

Bau und Leben der Zellen,

und

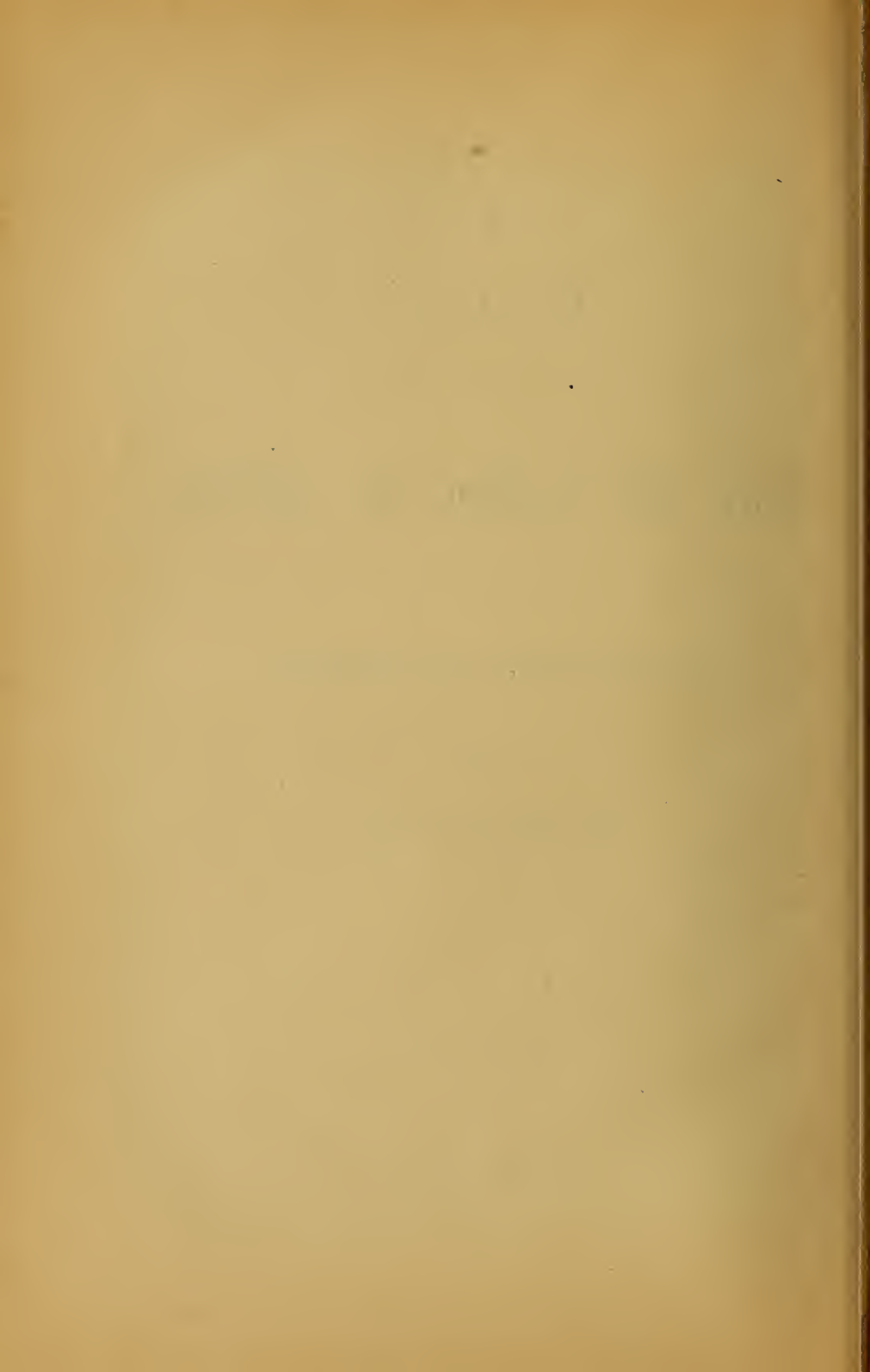
von der Grenze des Sichtbaren.

Von

W. Flemming.

Nach einem Vortrag.

(Hierzu 1 Tafel.)



Ein Gebildeter unserer Zeit, der nicht zu den Fachnaturforschern gehört, aber doch dem Gange der modernen Naturwissenschaft mit Hülfe unserer vielen, popularisirenden Werke gefolgt ist, wird häufig, wenn er den Begriff des denkbar kleinsten lebenden Theilchens eines Organismus ausdrücken will, auf das Wort »Zelle« verfallen. Und dazu hat er einigen Grund. Er hat erfahren, dass Zellen meistens Dinge von so geringen Grössenmaassen sind, dass der Vorstellung des gewöhnlichen Lebens sogar die Vergleichspunkte und damit die Begriffe dafür zu fehlen pflegen; er hat ferner davon gehört oder gelesen, dass die Zelle der Grund-Baustein aller lebenden Formen sei, die kleinste in sich abgegrenzte Einheit im Körper, die bis zu einem gewissen Grade selbstständig lebt. Und so bildet er sich vielleicht die Idee — wenigstens lassen sich oft Beispiele davon erleben — dass, wie dem Chemiker das Atom die letzte, endgültige Einheit in der Zusammensetzung der Stoffe ist, so auch für die Forschung in der organischen Natur die Zelle, um es bildlich auszudrücken, das Formatom und Lebensatom der Organismen sei; von denkbarster Einfachheit in ihrem Bau und ihrer Mischung, von solcher Kleinheit, dass an ihre Zergliederung, oder gar an ein Verfolgen ihrer Lebensthätigkeiten nicht zu denken sei — mit einem Wort, dass sie die letzte sinnlich feststellbare Grösse sei, mit der wir in der Lehre vom Lebendigen als mit einer Einheit rechnen können. — Und somit würde er sich wundern mögen, dass ich im Titel dieses Vortrages von einem Bau der Zelle gesprochen habe. —

Doch, in dieser Idee wäre er, zum Glück für die Zukunft unserer Wissenschaft, zu weit gegangen. Ich sage, zum Glück; denn man kann es getrost behaupten, die ferneren Fortschritte in der Lehre vom Leben werden sich zwar lange nicht allein, aber doch zum guten Theil, zu knüpfen haben an die weitere Erforschung der Form- und Thätigkeitserrscheinungen, welche an und in diesem kleinen Formtheilchen der Organismen, der Zelle, sich finden und sich ereignen.

Einem Naturforscher aus dem Anfange unseres Jahrhunderts würde das Gesagte unverständlich geklungen haben. Denn damals galt auch den Ersten in der Wissenschaft noch das Dogma, dass es eine besondere incommensurable Kraft sei, die Lebenskraft, welche die Erscheinungen der organischen Körper beherrsche. Diese Kraft dachte man sich nur einem organischen Wesen als Ganzem inhärent, nicht aber seinen einzelnen Theilen. Johannes Müller, einer der grössten Anatomen und Physiologen, die gelebt haben, wusste damals den Unterschied zwischen belebten und unbelebten Körpern nicht besser zu definiren als durch den Satz von Kant: »Die Ursache der Art der Existenz ist bei lebenden Körpern im Ganzen enthalten, während bei unbelebten Massen ein jeder Theil sie in sich selbst trägt.«

Auch Kant hat nicht in jedem seiner Worte Recht gehabt. Wäre das mit dem eben citirten der Fall gewesen, dann müsste ein Theil, der von dem lebenden Ganzen des Körpers getrennt wird, unwiderruflich todt sein.

Die Physiologie hat seitdem zahlreiche Beweise dafür gebracht, dass dieser Kant'sche Satz aufzugeben ist; keiner dieser Beweise aber ist wohl schlagender gewesen wie die, welche die Zellenlehre geliefert hat.

Nehmen Sie — um nur ein Beispiel von Vielen zu geben — eine der beweglichen Zellen, welche im Blute der Thiere herumgetrieben werden. Man kann, wenn man sie an geeigneten Theilen des lebenden Körpers mikroskopisch beobachtet, feststellen, dass sie ihre Form in auffallender Weise verändert — sie kriecht, wie wir es zu nennen pflegen. Nehmen Sie jetzt eine solche Zelle aus dem Blute, bringen sie auf eine Glasplatte, schützen sie vor Verdunstung und geben ihr die Temperatur, die sie im Körper hatte; sie wird fortfahren, sich zu bewegen, ganz wie sie es im Thierleibe thut, oft tagelang. Diese Zelle war ein Theil des Körpers; sie kann nach dem erwähnten Satze Kant's, nachdem sie aus dem Körper genommen ist, die Ursache der Art ihrer Existenz nur in sich selbst tragen, sie sollte also todt sein, an und für sich todt; aber, sie bewegt sich.

Wenn wir nun aber vollends sehen, dass viele Wesen, die der Form nach entschieden nur auf dem Range von Zellen stehen, einzellige Wasserorganismen, durch die ganze Dauer ihrer Existenz hin sich selbstständig und frei bewegen, ernähren und fortpflanzen, also alles das thun, was wir leben nennen, wenn wir hinzunehmen, dass jeder Organismus auch der complicirtesten Form sich entwickelt aus einer Zelle, die sich wieder und wieder theilt, ohne dass äussere Hülfe dabei mitwirkt; dann werden wir wohl nicht den Muth behalten einem

solchen Theilchen des Körpers, sei es auch noch so klein, dasjenige abzusprechen, was man durch das Wort eigenes Leben auszudrücken pflegt.

Und auf diese und viele andere Thatsachen hin ist die Naturwissenschaft heute fast zur entgegengesetzten Auffassung gelangt, wie die, welche jener Satz von Kant ausspricht: sie fasst den Organismus auf als eine Summe seiner Theile, sein Leben als ein Gesamtproduct des lebendigen Wirkens dieser Theile. Sie hat sich ferner zu der Ansicht bescheiden müssen, dass es für uns kein Verständniss der Lebenserscheinungen geben könnte, wenn wir diese nicht als einen Ausdruck derselben physikalisch-chemischen Vorgänge betrachten wollen, die wir in der unorganischen Natur spielen sehen und zu verstehen im Stande sind. Aus Beidem folgt, dass wir diese Vorgänge nicht bloss am ganzen lebenden Körper oder seinen gröbereren Theilen zu untersuchen haben, sondern ihnen auch bis in die Elementartheile des Körpers, die Zellen, nachzugehen haben, wenn wir zu erfahren suchen wollen, was Leben ist. Wir haben zunächst zu sehen, ob von diesen Vorgängen in und an den Zellen sich ein sichtbarer Ausdruck finden lässt.

Und ich möchte Ihnen hier Einiges mittheilen von den ersten, freilich noch sehr bescheidenen Anfängen, die man in dieser Richtung gemacht hat. Es erscheint dies zeitgemäss, weil gerade in den letzten Jahren die Forschung mit besonderem Eifer sich dieser Aufgabe zugewandt hat.

Schon lange war so viel bekannt, dass die Zelle nicht ein, in sich ganz gleichartiges Stofftheilchen ist. Wenn wir es auch bei sehr vielen, man kann sagen den meisten thierischen Zellen mit Dingen zu thun haben von solcher Kleinheit, dass sich in dem Raum eines Stecknadelknopfs einige Millionen von ihnen unterbringen liessen¹⁾, so wussten doch schon ihre Entdecker und ersten Beobachter, dass die Zellen, die meisten wenigstens, eine Gruppierung ihrer Substanz in zwei gesonderte Massen besitzen. Der eine, meisst grösste Theil, ist der eigentliche Zellenleib, den man jetzt gewöhnlich Protoplasma der Zelle nennt; der andere, im Innern abgegrenzte, wird Kern der Zelle genannt und enthält in seinem Innern wieder ein oder mehrere Körperchen, die Kernkörperchen. Endlich bei manchen Zellen, ganz

¹⁾ Einige Zellenarten zeichnen sich allerdings durch besondere Grösse aus; Eizellen, wie die in Fig. 3 und 7 gezeichneten — manche Nervenzellen u. a. sind bequem mit blossem Auge sichtbar (circa 0,100—0,300 mm. Durchmesser), bekannt ist die Grösse vieler Pflanzenzellen; der gelbe Dotter des Vogeleies ist ein er, sehr angewachsenen Zelle gleich zu setzen.

gewöhnlich bei pflanzlichen, kommt dazu um die Zelle her noch eine besondere Hüllschichte, die Membran.

Dies ist ungefähr, was ich, dem Bilde meines Titels entsprechend, die grobe Anatomie der Zelle nennen könnte. Bis vor nicht langer Zeit hat sie als die Summe der Kenntnisse über das Ding gegolten. Aber ich möchte suchen, Ihnen im Verlauf dieser Worte den Eindruck zu geben, dass diese Anatomie in der That noch eine sehr rohe ist. Wer die Beschreibung: die Zelle besteht aus Protoplasma, Kern und Membran, für irgendwie ausreichend halten möchte, der würde einem Geographen zu vergleichen sein, der die Beschreibung eines noch unerforschten Insellandes mit etwa den Worten liefern wollte: »Es besteht aus dem Küstensaum, den man umfahren hat, aus einem Berg, den man von der See aus im Inneren sehr in Wolken gehüllt emporragen sieht, und aus — Land, das zwischen Berg und Küste gelegen ist; und der hiermit die geographische Untersuchung für abgemacht hielt.

Bei der Lectüre mancher populärer und wissenschaftlicher Werke der letzten Zeit werden Sie einen solchen Eindruck freilich nicht bekommen; sondern könnten aus ihnen den Glauben schöpfen, dass wir mit der Feststellung einer Substanz: Protoplasma und einer andern: Kern, in der Zelle, im Wesentlichen am Ende aller anatomischen Kenntniss angelangt seien, dass uns diese Kenntniss genüge, um daraus ein Verständniss der Lebenserscheinungen zu gewinnen — und, dass wir es in diesem Verständniss schon recht herrlich weit gebracht hätten.

Unter dem stolzen Namen der Protoplasmatheorie wurde und wird in solchen Werken eine Anschauung aufgestellt, welche, mit dem Namen einer Theorie, auch den Anspruch enthält, etwas von den Dingen erklären zu wollen. Untersuchen wir diese Anschauung aber näher, so läuft sie im Wesentlichen nur darauf hinaus, dass alle Lebenserscheinungen an dem Protoplasma der Zelle, und an der Substanz ihres Kernes haften, und dass damit das Räthsel des Lebens auf relativ sehr einfache Dinge zurückgeführt sei.

Dass das Erstere der Fall ist, dass das Leben an Protoplasma und Zellkern gebunden ist, daran kann gewiss nicht gezweifelt werden. Führen wir uns in einigen gedrängten Beispielen die Erscheinungen vor, die sich als Lebenserscheinungen des Zellprotoplasmas und des Zellkerns bezeichnen lassen; wir finden, dass wir damit zugleich die Lebenserscheinungen unsers ganzen, eigenen Körpers und jedes lebenden Körpers aufzählen.

Ein lebendes Wesen, sagt man gewöhnlich, giebt sein Leben dadurch kund gegenüber unbelebten Dingen, dass es sich bewegt, ernährt und fortpflanzt. So lassen sich auch die Thätigkeiten der

Zelle wiedergeben in den drei Bezeichnungen: Bewegung, Stoffwechsel, Vermehrung.

Und es lässt sich ohne jede Uebertreibung aussprechen: Unsere Bewegungen sind Bewegungen von Zellen. Aus solchen setzen sich die Bewegungsorgane, die Muskeln zusammen, wie auch der Herzmuskel, der das Blut durch die Gefässe treibt. Die gleichzeitige Zusammenziehung einer Anzahl dieser Zellen ist die Bedingung für die grösste Kraftleistung, wie für die feinste Geste des menschlichen Leibes; und selbst das Erröthen oder Erblassen der Wange ist, auf seinen feineren Mechanismus zurückgeführt, nichts anderes als die Contraction einer grossen Zahl Muskelzellen im Herzen und den Blutröhren, welche die Blutzufuhr hebt oder beschränkt. Das Farbenpiel auf der Haut, das wir an Wasserthieren oder am Chamäleon bewundern, ist seinem Wesen nach ein Ausstrecken und Einziehen von Fortsätzen, das die farbstoffhaltigen Zellen der Haut betreiben auf Reize, oder veranlasst durch den Einfluss des Lichts. — Die Staubtheilchen, die ein jeder Athemzug aus der kohlungeschwängerten Luft unserer Städte in die Luftwege führt, werden zum grössten Theil wieder herausgeschafft durch Zellenbewegungen: feine Fortsätze der Zellen auf der Innenfläche der Luftwege bewegen sich in raschen Schlägen, alle in einer Richtung, und erregen damit einen herauschwemmenden Strom in der Flüssigkeitsschicht, welche die Fläche bedeckt. Auf dieselbe Weise, durch diese sogenannte Flimmerbewegung, führt die Muschel, die festgesponnen am Pfahl sitzt, einen Wasserstrom über die Fläche ihres weichen Körpers und durch ihren Nahrungscanal, als das einzige, aber ausreichende Mittel ihrer Athmung und Ernährung.

Und zweitens: Die Ernährung und der Stoffumsatz eines jeden Organismus ist der Stoffwechsel seiner Zellen, die chemische Thätigkeit ihres Protoplasma. Der Sauerstoff, der durch den Körper kreisend die Lebensflamme unterhält, ist dabei an die Substanz von Blutzellen gebunden: in der ersten feinen Blutperle, die auf einen Nadelstich aus der Fingerspitze quillt, rollten ihrer 4—5 Millionen und trugen das Gas durch den Körper. — Die Säfte, welche die Nahrung umsetzen und lösen, werden von Drüsenzellen bereitet. Was nur im Körper abgesetzt wird an bleibendem oder wechselndem Material, an Knochenkalk, an Fett, an Chlorophyll bei den Pflanzen, wird nicht an seinen Ort gelagert als das, was es ist, sondern wird chemisch gebildet und umgesetzt im Protoplasma der Zellen. Den augenfalligsten Beweis dafür, dass es so ist, liefert ja die Pflanze; sie nimmt von Aussen nur Gase und Flüssigkeiten auf, und in ihren Zellen

finden wir doch die Fetttropfen und Stärkekörner und den grünen Farbstoff.

Und drittens gilt es: Das Wachsthum der Organismen ist das Wachsthum und die Vermehrung ihrer Zellen. Auf der Grundlage einer solchen Zelle baut sich ja, durch deren Theilung und Vermehrung, auch der complicirteste Thier- und Pflanzenleib auf, und seine Massenzunahme im weiteren Wachsthum ist stets bedingt in einer Zahlzunahme seiner Zellen durch Theilung.

Und endlich auch die Vorgänge, die man mit Grund als die höchsten, mit noch besserem Grund als die dunkelsten im Gebiet des Lebens bezeichnet, die Functionen des Nervensystems, haben keine andere Grundlage der Form, als die Zelle. Der ganze, unendlich verschlungene Leitungsapparat von Nervelementen, auf dessen Bahnen unser Seelenleben abrollt, besteht aus Zellen, nur zum Theil in eigenthümliche Fasern umgewandelt, in denen sich aber der Zellenbau noch deutlich erkennen lässt; und Zellen sind es wiederum, die in den Sinnesorganen die äusseren Reize auf diese Leitungsbahnen übertragen. Das Wesen der Seelenvorgänge mag uns noch so geheimnissvoll sein, immerhin bleibt es bestehen und kann von keinem Physiologen gelehrt werden, dass auch sie an die Substanz von Zellen gebunden sind.

Treten wir aber nun auf den Punkt zurück, von dem ich zu dieser physiologischen Abschweifung ausging. Alles dies, kann man mit Recht sagen, sind Leistungen der Zelle oder ihres Protoplasma; in so fern also kann man das ganze Leben in der That, »eine summirte Protoplasmaleistung« nennen. — Ist aber damit so viel gewonnen, dass man diesem Satz den Namen einer Theorie geben darf? Ist überhaupt etwas dadurch endgültig erklärt, oder nur ein erheblicher Schritt zu solcher Erklärung damit gethan? Dies gewiss ebenso wenig, als das Wesen des Protoplasma selbst dadurch aufgeklärt wird, dass man es mit einem viersylbigen griechischen Wort benennt.

Die Protoplasmatheorie hat unstreitig einen Vorzug: sie ist unendlich bequem. Auf jede Frage, warum dies oder das im Leben so vor sich gehe, hat sie die Antwort bereit: weil das Protoplasma der Zellen dazu im Stande ist. Wer nicht will, braucht sich dann weiter nicht zu bemühen — und hat damit freilich die alte Lebenskraft, die wir für alle Zeit aus der Wissenschaft beseitigt hielten, in Miniaturausgabe wieder in sie eingeführt.

Aber es ist schwer einzusehen, wie man in einer solchen »Theorie« eine ganz besondere Errungenschaft hat erblicken können. Denjenigen, welche sie besonders priesen, galt das Protoplasma der Zelle und auch

die Substanz ihres Kerns, abgesehen vom Kernkörperchen »als eine in sich ganz gleichartige, weiche Eiweisssubstanz«; sie sei, wie z. B. Ernst Haeckel sich ausdrückte, für unsere Sinne so gleichartig »wie ein Krystall«¹⁾; keinen anderen, wahrnehmbaren Bau wollte man ihr in den meisten Fällen zuerkennen, als denjenigen, welcher allen Körpern zukommt, den Aufbau aus chemischen Moleculen. Man proclamirte damit eigentlich, dass eine weitere directe, optische Erforschung der Art und Weise, wie denn die Zelle alle jene schönen Dinge macht, die wir Leben nennen, nicht möglich sei; und doch wollte man das einen Fortschritt nennen, ja man bezeichnete es gradezu »als einen der grössten Triumphe der Biologie«,²⁾ dass es gelungen sei, das Wunder der Lebenserscheinungen auf so »einfach« beschaffne Dinge, auf die physikalischen und chemischen Eigenschaften des Protoplasma, resp. der Eiweissverbindungen, zurückzuführen. Die allgemeine Erklärung des Lebens habe damit für uns nun nicht mehr Schwierigkeit, als die Erklärung der physikalischen Eigenschaften der unorganischen Körper.

Dass das Letztere richtig ist, oder dass doch die Verschiedenheit der Schwierigkeit in beiden Fällen nur eine graduelle ist, das glaubt wohl jeder neuere Naturforscher. Er glaubt gewiss ebenfalls, dass die Lebenserscheinungen durch die physikalischen und chemischen Eigenschaften der organischen Substanz, also des Protoplasma bedingt sind. Aber bis er darin einen Triumph erblicken kann, muss er doch erst möglichst viel darüber zu erfahren suchen, wie sie dadurch bedingt sind; und es könnte ihm dabei nicht sehr willkommen sein, wenn ihm das Forschen danach wirklich durch eine krystallähnliche Gleichartigkeit der Zellsubstanz abgeschnitten wäre.

Stellen wir uns Beispiels halber einen ungebildeten Menschen vor, der zum ersten Mal eine Locomotive fahren sieht. Der erste Eindruck, den er erhält, wird der sein, dass sie sich bewegt. Aber er müsste schon sehr wenig regsamen Geistes sein, wenn er nicht wenigstens noch an den Gedanken käme, dass irgend eine wahrnehmbare Maschinerie in ihr ist, wodurch sie sich bewegt. Er wird das zu erkennen geben, indem er mit verwundertem Blick in das Ding hineinzusehen sucht, um dieses mysteriöse Etwas mit Augen zu schauen. Man könnte finden, dass der Betreffende immer noch ein stärker entwickeltes Erkenntnissbedürfniss hat, als Jemand, der sich mit der vorerwähnten Plasmatheorie zufrieden giebt. Denn Jener macht wenig-

1) S. E. Haeckel, natürliche Schöpfungsgeschichte und Anthropogenie, an mehreren Stellen.

2) Derselbe, natürl. Schöpfungsg. 1873, p. 294.

stens den Versuch, zu sehen, er nimmt nicht ohne Weiteres an, dass die Dampfmaschine eine in sich gleichartige Masse sei, der ein für alle Mal das Vermögen innewohne, sich zu bewegen — wie das mancher Protoplasmatiker von seiner Zellsubstanz annahm.

Wir wissen in diesem Falle, dass es nur ein Bild ist, zu sagen, dass die Maschine sich bewegt; wir wissen, dass die Kraft, welche sie treibt, nicht stets in ihr war, sondern vor Jahrtausenden einmal als Baum geblüht hat, und noch früher als Gas durch die Atmosphäre trieb, bis man sie jetzt als Kohle in den Heizraum legte. Wir wissen, dass die Art der Bewegung geknüpft ist an den inneren Bau der Maschine; und wer sie verstehen will, der hat diesen Bau und seine Theile zu studiren, und die Gesetze der Mechanik und der Wärmelehre zu befragen.

Sollen wir anders verfahren gegenüber den Milliarden kleiner Locomotiven und chemischen Laboratorien, die in der Form von Zellen in unserem Körper durcheinanderwirken?

Auch hier wird demnach zu fragen sein, was zunächst in chemischer Hinsicht die Substanzen sind, die in den Zellen arbeiten. Es wird ferner zu suchen sein, ob in ihnen sich irgend welche für das Auge sichtbare Maschinerie, also ein Bau erkennen lässt; ob ein solcher Bau, wenn er sich findet, Aenderungen zeigt während der Lebensthätigkeit, und welche; — und, als Ideal aller dieser Untersuchung, werden wir uns vorzuhalten haben, auch alle dies in seinem physikalischen Zusammenhang zu verstehen und zurückzuführen auf den letzten scharfen Ausdruck menschlicher Erkenntniss, auf Formel, Maass und Gewicht.

Seit jene, vorher angeführten Sätze von Haeckel, und viele ähnliche geschrieben und gesprochen wurden, sind wohl auch ihre Urheber selbst nicht bei ihnen stehen geblieben; denn man hat gesucht, und gefunden, und wenigstens Folgendes einsehen gelernt: dass das Protoplasma und der Kern der Zelle nicht stets chemisch gleichartig ist »wie ein Krystall«, sondern in sich sehr verschiedenartig beschaffen sein kann; — dass beide Dinge wirklich sichtbare und erkennbare Bauverhältnisse besitzen können und vielleicht immer besitzen; — und endlich, was wohl das Wichtigste und Hoffnungsreichste ist, dass sich während des Lebens der Zelle wirklich erkennbare Veränderungen in diesem Bau verfolgen lassen, die offenbar ein Ausdruck der Lebenserscheinungen sind.

Was den ersten Punkt angeht, so können wir schon mit Sicherheit sagen, dass das Protoplasma bei verschiedenen Zellenarten eines Körpers — d. h. Zellen, die durch Form und Leistung sich als eigenartige, in jedem Körper am gleichen Ort und im gleichen Organ

wiederkehrende Sorten kundgeben, auch chemisch verschieden ist: dass z. B. die Muskelzellen eine andere chemische Constitution besitzen wie die Drüsenzellen, die Nervenzellen u. s. w. — Das ergibt sich schon aus den verschiedenen Verhalten, welches diese Zellenarten unter dem Mikroskop gegen die verschiedensten Reagentien zeigen; so unbehülflich und so wenig chemisch genau auch die Untersuchungsmethoden sind, die wir dafür bis jetzt gewonnen haben.

Handgreiflicher und leichter zu demonstriren ist der zweite und dritte Punkt: die Bauverhältnisse und Structurveränderungen in Zellen.

Gehen wir aus, so zu sagen, von der Zelle der guten alten Zeit, bloss aus Protoplasma, Kern und Kernkörperchen bestehend und durch ein Beispiel in Fig. 1 veranschaulicht. Sie sehen bei einem Blick auf die übrigen Abbildungen, dass das winzige, anscheinend so einfache Körperchen unter den Beobachtungsmitteln der Jetztzeit in vielen Fällen zu einem recht complicirten Apparat geworden ist.

Nehmen Sie zum Beispiel in Fig. 2 das Bild einer Zelle des Knorpels; ihr Protoplasma sieht nicht gleichartig aus, sondern ist durchzogen von faserigen Streifen in verschiedenen Richtungen. Aehnliches sieht man in vielen anderen Zellenarten. Ihr Kern zeigt nicht nur ein oder wenige Körperchen, sondern ist noch durchsetzt von Zügen einer besonders beschaffenen Substanz, wie Sie das auch an anderen der abgebildeten Zellkerne sehen. Fig. 3. 7. — Auch das Körperchen im Kern, dies kleine Ding, das man überhaupt zu sehen sich früher freute, hat noch einen besondern Bau bekommen; in manchen Zellenarten wenigstens besteht es aus zwei verschiedenen Substanzen, von denen die eine, bei Färbung der Zelle mit Carmin oder Anilin, sich scharf in dunklerer Farbe von der anderen abhebt, während, was länger bekannt ist, auch der Kern selbst sich anders färbt, wie das Protoplasma der Zelle. Die Figur 4 stellt eine der sogenannten Flimmerzellen dar, von denen vorher die Rede war, die an ihrer freien Fläche haarförmige bewegungsfähige Fortsätze trägt. Auch in ihr ist das Protoplasma besonders gebaut, es lassen sich darin Streifungen wahrnehmen, die die Verlängerung der Haare bilden und wohl zu ihrer Bewegung in Beziehung stehen werden.

In der Figur 5 ist nach der Darstellung Kupffers die Zelle einer Drüse wiedergegeben: Sie sehen, sie hat einen recht complicirten Bau. Zwei Substanzen, die eine gerüstförmig angeordnet; die andere, hellere, füllt die Räume zwischen diesem Gerüst. In das letztere hinein zieht sich die Verästelung einer zutretenden Nervenfasers, deren Einfluss die Drüsenzelle zur Absonderung von Flüssigkeit veranlasst; endlich an einer Seite der Zelle giebt es noch eine

besonders beschaffene Substanz, als Begrenzung des Hohlraums, in welchen diese Flüssigkeit abströmt.

Schon lange bekannt sind die eigenthümlichen und zierlichen Structures der willkürlichen Muskelfasern, welche Figur 6 darstellt. Aber sie sind früher für ganz besondere Dinge ohne sonstige Analogie gehalten worden, ebenso wie die Muskelfasern selbst. Jetzt, wo wir aus der Entwicklungsgeschichte der Letzteren wissen, dass sie dem Wesen nach Zellen sind, die nur mächtig wuchsen und viele Kerne statt eines einzigen erhielten, reihen sich die eigenthümlichen Querschichtungen der Muskelfasern ungezwungen den sonstigen Protoplasma-structuren an, von denen hier die Rede ist. In der Muskelfaserzelle wechseln je zwei Scheiben von verschiedener Beschaffenheit (Fig. 6 a, i) mit einander ab, die eine (a) das Licht doppelt brechend, die andere (i) einfach brechend; in der Letzteren findet sich erstens noch eine halbirende Querscheibe (K, Krause'sche Scheibe), ferner daneben noch zwei feine Querschichtungen (F, Flögel'sche Scheiben), es können deren sogar noch mehrere nebeneinander sichtbar sein; endlich auch in der Mitte der doppelt brechenden Substanz a erkennt man, wie die Abbildung zeigt, noch eine weitere Querschicht (H, Hensen'sche Scheibe). Weiter zeigt noch die ganze Faser eine Längsstreifung, als Ausdruck der Zusammensetzung aus feinen Fäserchen, deren jedes denselben Querschichtenbau besitzt wie die ganze Faser: deutlich tritt dieser Längsbau in der doppeltbrechenden Substanz a hervor. —

Dieser, schon länger bekannte Bau der Muskelfaser ist wegen seiner Klarheit und Regelmässigkeit wohl das eleganteste Beispiel einer »Protoplasmastructur«, das bis jetzt ermittelt ist. Als eine solche können wir ihn ohne die mindesten Scrupel den übrigen, hier beschriebenen Structures von Zellen gleichwerthig setzen; denn die Muskelfasern bilden sich nachgewiesener Maassen aus Zellen.

Aber noch mehr Aufmerksamkeit beanspruchen die Formveränderungen, Bewegungen und Verschiebungen, die wir als Ausdruck von Lebenserscheinungen im Körper der Zelle auftreten und schwinden sehen.

Es ist schon eine ziemliche Reihe von derartigen Dingen bekannt geworden: Bewegungen von Körnern in lebenden Zellen, namentlich bei Pflanzen, die in oft regelmässiger Weise im Protoplasma fortgeschoben werden; eigene Gestaltveränderungen des Kernkörperchens; eigenthümliche Strichelungen, welche bei kriechenden Zellen an der Grenze ihrer Substanz sichtbar und wieder unsichtbar werden. Etwas näher will ich hier nur verweilen bei einem besonders auffallenden Beispiel, das in neuester Zeit näher erforscht ist und mit

Recht grosse Aufmerksamkeit gefunden hat, bei den Vorgängen, die in der Zelle während ihrer Theilung ablaufen.

Bis vor einigen Jahren wusste man darüber nur das Aeusserlichste: dass eine Zelle, wenn sie sich vermehrt, sich in zwei oder wohl auch mehr Theile zerschnürt. Man glaubte, obwohl man es nie gesehen hatte, dass dabei zuerst eine Theilung des Kernkörperchens in zwei, dann des Kerns in zwei, dann des ganzen Zellenkörpers in zwei Theile erfolge.

Es hat sich durch eine ganze Reihe neuer Arbeiten gezeigt, dass diese Auffassung für viele, und vielleicht für alle Fälle von Zelltheilung nicht zutrifft, dass die Vorgänge dabei viel verwickeltere sind.

Verfolgen wir sie in den Hauptzügen dort, wo sie am Augenfälligsten verlaufen, bei der Eizelle eines Thiers, Fig. 7—13.

Was vorangeht, ist ein Undeutlichwerden des Zellkerns; er geht in seiner alten Form zu Grunde, es wird sogar ein Theil davon aus der Zelle ausgestossen und als überflüssig weggeworfen. Dann tritt ein neuer Kern auf, der aber viel kleiner ist wie der alte war. Mit dem Beginn des eigentlichen Theilungsprocesses fängt auch dieser Kern an, undeutlich zu werden (Fig. 9), schwindet aber nicht ganz; er streckt sich in die Länge, es formen sich in seinem Innern Fäden, ebenfalls der Länge nach geordnet. (Fig. 10). In der Mitte jedes Fadens zeigt sich eine Verdickung, ein Knötchen; diese Knötchen theilen sich in je zwei, und diese zwei rollen in entgegengesetzter Richtung auseinander, (Fig. 11) gegen das Ende des Fadens (Fig. 12) wo sie mit den benachbarten verschmelzen. Während dies am Kern verläuft, hat das Protoplasma der Zelle eine eigene, regelmässige Structur angenommen; von dem Ende des langgestreckten Kerns gehen Strahlen aus, in denen die im Protoplasma gelagerten Körnchen sich in Reihen anordnen, so dass zwei zierliche, sternförmige Figuren (s. die Abbild.) in dem Zellenkörper zu sehen sind. Endlich wird aus der Substanz, zu welcher die Knötchen der Kernfäden verschmolzen sind, je ein neuer, anfangs kleiner Kern, (Fig. 13) — und während dessen (s. Fig. 12. 13.) bildet sich nun eine Einschnürung am Körper der Zelle, entsprechend der Mitte zwischen den beiden Strahlencentren, welche allmählich durch die ganze Zelle hindurchgreift und sie in zwei theilt, jede mit einem der jungen Kerne. Es kann bei manchen Zellen wenige Minuten, bei andern viele Stunden dauern, bis dieser Process von Anfang zu Ende abgelaufen ist. Etwas abweichende Formen nimmt er bei anderen Zellen des fertigen Thierkörpers an, wofür Fig. 13 a.: Theilung einer Zeller der Oberhaut.

Man sieht, es ist bei ihm eine recht verwickelte Maschinerie im Spiel, von der wir uns bis jetzt freuen müssen, etwas zu sehen, ohne schon ihr Wesen zu durchschauen. Jedenfalls lohnt es die Mühe, nach solchem Verständniss zu suchen. Denn in ganz ähnlicher Weise, wie hier an der Eizelle eines Seesterns, verlaufen diese Prozesse der Zellentheilung auch grossentheils in unserem eigenen Körper, und auf Zellentheilung beruht hauptsächlich dessen Wachsthum, und ein grosser Theil seiner Krankheitserscheinungen.

Endlich noch ein recht farbendeutliches Beispiel dafür, dass man Lebensveränderungen der Zelle zum sichtbaren Ausdruck bringen kann. Wir wählen dazu die Zellen der Drüsen, deren Arbeit die Absonderung von Flüssigkeiten ist. Unterwirft man Magen- und Munddrüsen eines Thieres in dem Zustand, wo sie unthätig verharren, einer bestimmten Art der Präparation und Färbung, und untersucht ein Schnittchen davon unter dem Mikroskop, so zeigen ihre Zellen das Bild, das in Fig. 14 und Fig. 16 angegeben ist. Entnehmen wir sie aber dem Thierkörper zu einer Zeit, wo sie lebhaft Flüssigkeit absonderten, und behandeln sie ganz in der gleichen Weise, so haben die Zellen eine ganz andere Färbung bekommen und sind zum Theil grösser geworden, wie bei der unthätigen Drüse,¹⁾ wie es Fig. 15 u. 17 darstellt. Obwohl sich der thätigen und der unthätigen Drüse im Ganzen keinerlei Verschiedenheit ansehen lässt, haben wir also hier Mittel gefunden, die wirklich eintretenden Veränderungen in die einzelnen Zellen hinein zu verfolgen und an diesen zu demonstrieren. (Für das Nähere ist auf die Erklärung der Figuren zu verweisen).

Doch genug mit diesen Formbeschreibungen. Wenn ich Ihnen auch statt weniger Beispiele Alles mitgetheilt hätte, was wir über Bauverhältnisse und Bauveränderungen in Zellen wissen, so würden Sie doch mit Recht das Urtheil fällen, dass es noch sehr wenig ist: nur eine ziemliche Anzahl von Formbeobachtungen, von denen wir meistens noch nicht wissen, was sie bedeuten — Hieroglyphen, die selbst noch gelesen werden sollen. Wir stehen, um auf das Bild von vorher zurückzugreifen, mit all diesen Kenntnissen der Natur des Zellenlebens leider noch fast so gegenüber, wie ein ungebildeter Heizer seiner Dampfmaschine gegenübersteht; er kennt die Formtheile in ihr vom vielen Ansehen gut genug, aber er weiss nicht, nach welchen Gesetzen sie arbeiten, und kann darum höchstens ahnen, wozu sie da sind.

¹⁾ Da von einer Colorirung der Abbildungen abgesehen wurde, ist die verschiedene Färbung der Zellen in Fig. 13—16 nur durch die Dunkelheit der Schattirung ausgedrückt.

Aber ich wollte Ihnen auch nicht zeigen, dass man schon viel Verwerthbares gefunden hat; ich wollte nur zeigen, dass man schon etwas findet und damit auch die Hoffnung, noch weiter vorzudringen.

Um diese Hoffnung zu verstehen, wollen Sie berücksichtigen, dass Beobachtungen über den feineren Bau und die Lebensverhältnisse der Zellen zu den zeitraubendsten, und in gewissem Sinne zu den mühsamsten gehören, welche die Naturforschung kennt; und dass trotzdem fast alle die Ermittlungen, von denen ich hier nur eine Auslese gab, in dem kurzen Raum der letzten 15 Jahre gewonnen sind. Wenn wir sehen, wie heute die Zahl der Arbeiter in rascher Progression zunimmt, wie fortwährend neue Untersuchungsmethoden von der Chemie beigesteuert werden, wie verbesserte Laboratorien und zoologische Stationen dazu helfen, das geeignete Material zu liefern und nutzbar zu machen — so mag der Gedanke nicht fernliegen, dass man in 20 Jahren Dinge in und an der Zelle verfolgen wird, gegen welche die hier beschriebenen Structures noch so grob und umrisshaft erscheinen werden, wie etwa die Malerei auf einer Theatercoulisse, verglichen mit dem feinen Detail auf einem niederländischen Miniaturbild.

Aber, Sie sind vielleicht in Gedanken meinen Worten schon zuvorgekommen und haben die Frage gestellt, die ich jetzt stellen will: Wie weit werden wir denn kommen können in dieser Arbeit, die sich in den Leib der kleinen Zelle hineingräbt? Wie viel dürfen wir endlich hoffen, noch zu sehen?

Wir wissen, die Chemie ist in der theoretischen Erkenntniss des Kleinsten, was da ist, dem menschlichen Auge und seinen Hilfsinstrumenten weit vorausgeschritten; sie findet durch Wägung und Rechnung, dass wir als die letzten geformten Theile alles Stoffes die Atome, demnächst die Gruppen verbundener Atome betrachten können, die man Molecule nennt, und sie erklärt die Erscheinungen aller Naturkörper aus der Verschiedenheit dieser letzten Theile selbst, ihrer Gruppierung und ihrer Bewegung.

Wird es einmal gelingen, die Molecule selbst und ihre Bewegungen mit unserem Auge, unterstützt durch optische Mittel, zu sehen, oder ihnen doch so weit nahe zu kommen, dass die Richtigkeit der durch Rechnung gefundenen chemischen Theorien auch direct, durch das Auge, Bestätigung findet?

Die Antwort fällt nicht eben günstig aus. Nicht weil es unmöglich schiene, sehr stark vergrößernde Mikroskope zu bauen. Wenn man auch jetzt selten stärkere Vergrößerungen, als etwa 1500fache anwendet, weil solche noch mit gewissen Mängeln behaftet sind, so bleibt es doch denkbar, dass die Technik diese Mängel bis zu viel weiteren Grenzen überwinden wird.

Das Hinderniss liegt nicht in der Mangelhaftigkeit der Instrumente, sondern in der Unzulänglichkeit eines Dinges, dem man eine solche Eigenschaft nicht zutrauen sollte.

Der Bote, der uns über die Dinge auf Erden und am Himmel die meiste Kunde zubringt, und der uns auch über die feinsten Theilchen der Zelle zu unterrichten hat, ist das Licht. In unserem Falle die Lichtstrahlen, die der Spiegel des Mikroskops auffängt und durch die Gegenstände in die Glaslinse des Instrumentes wirft, welche das Bild dieser Gegenstände entwerfen soll.

Im gewöhnlichen Leben hält man den Lichtstrahl, diese Undulation von Aetherwellen, so ziemlich für das Feinste was sich denken lässt, und benutzt ihn ja in poetischer Redeweise mit Vorliebe zu Vergleichen mit unkörperlichen Begriffen, als das zarteste körperliche Ding, das man in der Natur eben zur Hand findet.

Viel zu viel Ehre für das Licht; das Licht ist sehr grob.

Denn das Hinderniss, das dem Vordringen der mikroskopischen Beobachtung bis in's Kleinste eine Grenze setzt, beruht in der Natur des Lichtes selbst, wie sie uns durch die Wellentheorie erklärt wird. Und zwar im Besonderen in den sogenannten Beugungserscheinungen des Lichts.

Wenn man einen Lichtkegel durch eine kleine Oeffnung in ein dunkles Zimmer fallen lässt, und dann in diesen Lichtkegel vor die Oeffnung einen kleinen undurchsichtigen Körper schiebt, so ist der Schatten dieses Körpers grösser, als er es nach der Projection desselben sein sollte; das rührt daher, dass die an den Rändern des Körpers vorbeigehenden Strahlen eine Ablenkung von ihrem geradlinigen Wege erleiden, die man eben Abbeugung nennt. Dasselbe erfolgt in etwas anderer Weise, wenn man statt dessen einen durchsichtigen Körper in den Lichtkegel setzt, auch durch diesen erfährt ein Theil der Lichtstrahlen Ablenkung von seiner Richtung.

Aehnlich wie ein solcher eingeschalteter Schirm, wirkt nun ein jeder kleiner, undurchsichtiger oder durchsichtiger Theil in dem Object, das unter dem Mikroskop liegt, z. B. ein feines Körnchen oder Fäserchen in einer Zelle. Eine Portion der Lichtbüschel, welche wir mit dem Spiegel durch dieses Object hindurchlenken, wird durch jene Theilchen in den verschiedensten Winkeln von ihrer Richtung abgelenkt, und zwar erfolgt diese Abbeugung um so stärker, d. h. in um so grösserem Winkel, je kleiner das betreffende Theilchen ist. Dadurch gerathen die Strahlen, die in die Mikroskoplinse gelangen und das Bild entwerfen sollen, zum Theil in so verschiedenen Richtungen, dass daraus eine Trübung des Bildes entsteht; diese abgelenkten Strahlen bilden sogar zum

Theil Dinge ab, die gar nicht im Object vorhanden sind. Statt längerer theoretischer Auseinandersetzung nehmen Sie dafür ein deutliches praktisches Beispiel.

Man hat es sehr weit gebracht in der Kunst, äusserst feine Theilstrichelchen in regelmässigen Abständen mit dem Diamant auf Glas zu ritzen. Es werden leicht solche Theilungen hergestellt, die auf die Breite eines Millimeters 1000 oder mehr Theilstriche enthalten. — Nehmen wir nun eine Glasplatte mit solcher feinen Theilung, wo der Abstand der Striche etwa dieses Maass beträgt, unter das Mikroskop, — wir haben damit ein Object, von dem wir ja ganz genau vorher wissen, was darin zu sehen sein wird, nichts als rechtwinklig gekreuzte Striche in gleichem Abstände, (Fig. 18). Das sieht man auch unter Umständen; wir brauchen aber nur gewisse Arten der Beleuchtung eintreten zu lassen, wie man sie gerade für Beobachtung feiner Dinge oft anwenden muss, und wie sie dem Entstehen von Beugungserscheinungen Vorschub leisten, so kann man ausserdem noch ein paar Streifungen in der Diagonale zu sehen bekommen, wie sie die untenstehende Figur 19 angiebt, und unter Umständen sogar noch andere in anderen Winkeln. Diese also sind in natura gar nicht vorhanden; sie werden bloss täuschend abgebildet durch abgebeugte Strahlen.

Solche falsche verwirrende Bilder erhalten wir natürlich auch von den feinsten Dingen, die in den Objecten selbst sind. Zwar gelingt es bis zu einem gewissen Punkt, Wahres und Falsches auseinander zu halten, aber das Wahre wird doch getrübt; so dass man sagen kann: wir sehen zwar diese Dinge, aber wir sehen sie im Nebel, und es zeigt sich keine Aussicht das zu ändern, weil die Dinge selbst es sind, die diesen Nebel um sich verbreiten.

Aber das ist noch nicht das Schlimmste. Wie ich vorher sagte, je kleiner der eingeschaltete Gegenstand ist, desto grösser wird der Winkel, in den die Strahlen von ihm abgebeugt werden. Bei sehr kleinen Gegenständen wird er so gross, dass die abgebeugten Strahlen überhaupt nicht mehr von der bildentwerfenden Linse aufgenommen, und mit den ungebeugt durchgehenden übrigen vereinigt werden können, d. h. mit anderen Worten, ein so kleiner Gegenstand wird durch das Mikroskop thatsächlich gar nicht mehr abgebildet. Wie nun aber die mathematische Theorie dieser Erscheinungen zeigt, richtet sich diese letzte Grenze nach der Länge der Wellen des Lichts. Die äusserste Grenze der Kleinheit, in der ein Gegenstand noch sichtbar ist, entspricht, bei bester Construction des Instruments und bei der günstigst gewählten Beleuchtung, der halben Wellenlänge des Lichts.

Wie lang ist nun eine Lichtwelle? Für das Licht der verschiedenen Farben bekanntlich nicht gleich gross. Für rothes Licht, dass die grössten hat, beträgt die Länge der Wellen etwa $\frac{1}{1300}$ mm., für dunkelblau $\frac{1}{2300}$ mm., nur etwa halb so viel. Das Maass der kleinsten noch sichtbaren Gegenstände, das ist die Hälfte dieser Grössen, stellt sich also für rothes Licht auf $\frac{1}{2600}$, für blaues auf $\frac{1}{4600}$, oder, um stark abzurunden, den 5000sten Theil eines Millimeters¹⁾. Es folgt daraus, dass man bei Anwendung blauen Lichts noch halb so feine Dinge zu sehen bekommen kann, wie mit rothem, was auch in der Mikroskopie schon Anwendung gefunden hat. Es giebt ferner bekanntlich Strahlen im Spectrum, die noch über das Blau hinausliegen und die das Auge nicht mehr sieht, die aber noch chemisch wirksam sind und sich also photographisch zum Ausdruck bringen lassen, die sog. ultravioletten Strahlen; diese haben eine noch geringere Wellenlänge wie die blauen, und damit stimmt es denn, dass man in der That beim Photographiren von mikroskopischen Bildern, durch Hülfe dieser Strahlen noch kleinere Structuren abbilden kann als solche von $\frac{1}{5000}$ mm. Durchmesser, dass man also Dinge photographiren kann, die kein Auge je gesehen hat.

Abgesehen davon liegt das, was unter $\frac{1}{5000}$ mm. gross ist, unter der Grenze des Sichtbaren. Der 5000ste Theil einer Nähnadeldicke würde für das menschliche Auge auch durch das beste Mikroskop nicht mehr da sein.

Mit dieser betrübenden Kenntniss ausgerüstet wollen wir nun zu der Frage zurückkehren, wie es denn mit der Hoffnung steht, dass unser Auge noch einmal directe Bekanntschaft mit den Moleculen überhaupt, und in unserm Fall mit den Moleculen in der Zelle machen könnte. Wie gross, oder besser wie klein, mögen denn diese sein?

Das ist freilich eine schwierige, und bis jetzt sehr unsichere Berechnung. Sie ist nach verschiedenen Methoden versucht worden, die Resultate gehen noch stark auseinander und ich möchte vor den Herren Chemikern keineswegs die Verantwortung dafür übernehmen. Immerhin hat sich eine ungefähre Schätzung darüber aufstellen lassen und bei der Kleinheit der Dinge überhaupt soll es uns einmal nicht darauf ankommen, ob sie auch ziemlich fehlerhaft ist.

Nach solcher Schätzung würden auf der Länge von einem 5000stel mm. noch ungefähr 1500 — 2000 Molecule des Wassers nebeneinander liegen.

Die Molecule der Substanzen, mit denen wir es in den Zellen der organischen Körper zu thun haben, würden allerdings grösser

¹⁾ Genau: 0,000215 mm. für Blau, 0,00038 mm. für Roth.

sein wie die des Wassers, sie würden, so kann man schätzen, etwa 4 mal so grossen Durchmesser haben wie diese; aber — auch dann liegen von ihnen auf jenem kleinsten Längenraum, den wir wahrnehmen können, noch immer 400 bis 500 nebeneinander.

Wenn wir sie sehen wollten, müssten wir nicht bloss Instrumente haben, die 4 — 500 mal stärker vergrössern wie die jetzigen, — die liessen sich vielleicht schaffen — nein, wir müssten auch Licht haben, mit Wellen von einer solchen Kürze, dass sie sich zu den wirklich vorhandenen verhielten wie die Kräuselung auf der Oberfläche eines Teiches, zu einer Sturzwelle der Nordsee.

Und deswegen werden Sie mir beistimmen in dem indignirten Urtheil, das ich vorher aussprach: das Licht ist sehr grob. Viel zu grob für die Wünsche eines strebsamen Mikroskopikers.

Erlauben sie mir, das Gesagte noch in ein leicht fassliches Bild zu kleiden. Wollen Sie sich die Molecule der Körper als gedruckte Buchstaben in einem Buche vorstellen, das wir zu lesen wünschen. Dann würden wir, wie die Sache jetzt liegt, mit all unsern schönen mikroskopischen Hilfsmitteln vom Erkennen derselben so weit entfernt sein, als befänden wir uns mit unbewaffneten Auge hier vor der Universität, und als würde das aufgeschlagene Buch etwa in der Entfernung des Kieler Marktplatzes von hier gehalten. Und um das Unglück zu vervollständigen, können wir uns dabei als Zugabe noch einen richtigen Kieler Nebel vorstellen, der bildlich die Trübung darstellen mag, welche durch die Beugungserscheinungen des Lichts entsteht.

Wenn wir so traurig gestellt sind, warum, werden Sie vielleicht fragen, beugt sich der Mikroskopiker denn noch weiter über sein Instrument, um im besten Fall neue Dinge zu finden, die ihm nur wieder als eben so viel neue Räthsel dastehen werden? Da es ihm doch versagt ist, bis in die letzte Zusammensetzung der Körper vorzudringen.

Gesetzt, das Letztere wäre wirklich der Fall, so ist darum die erste Frage doch leicht in günstigem Sinne zu beantworten. Die Dinge in und an der Zelle, die ich Ihnen hier vorgeführt habe, liegen meistens noch erheblich über der Grenze des Sichtbaren; und wenn das Feinste davon schon etwas im Nebel steckt, so giebt es uns doch einen Ausdruck des wirklich Vorhandenen, aus dem wir mit Vorsicht auf die wahre Struktur schliessen können; so wie man die Gruppierung einer Landschaft auch wohl an einem trüben und wolkigen Tage herauskennt, wenn auch nicht so leicht, wie bei klarem Sonnenschein.

Zu dem Meisten aber von diesen Dingen hat es noch gar nicht so besonders starker Vergrößerungen gebraucht, sondern sie sind gefunden worden durch Aufsuchen geeigneter, besonders günstiger Objecte, durch Ausprobiren passender chemischer Behandlung, welche diese zarten Dinge deutlicher macht, durch Aufmerksamkeit am rechten Orte, und endlich, nicht zum Mindesten, durch Glück. Und so vertrauen denn die Mikroskopiker darauf, dass durch diese selben Factoren noch viele Dinge an's Licht kommen werden, die jetzt im Körper der Zelle verborgen liegen, dass man dadurch in nutzbringendem Verständniss des Zellenlebens und des Gesamtlebens, des gesunden wie des kranken Körpers fortschreiten wird — auch ohne dass wir dafür schon viel weiter vordringen müssen gegen die Grenze des Sichtbaren, auch ohne dass wir je ein Atom zu Gesicht bekommen brauchen, wenn es ein solches giebt.

Aber dies letzte Räthsel also, das Atom und seine Bewegung, das werden wir nie mit dem Auge erforschen. Weit entfernt davon; wir müssen, so wird man nach dem Gesagten urtheilen, schon weit vor ihm an einer Schranke Halt machen müssen, der mehrerwähnten Schranke von $\frac{1}{5000}$ mm. Es ist ja die grobe Natur des Lichtes selbst, die das gebietet.

Oder sollten wir nicht lieber vorsichtiger sagen: zu gebieten scheint?

Sollte die Physik, deren Eroberungen unserem Zeitalter eine staunenswerthe Ueberraschung um die andere bereiten, nicht bis jetzt ungeahnte Mittel und Wege finden, um auch die Hindernisse zu umgehen, die uns jetzt die Biegung des Lichts in den Weg wirft?

Ein Hinderniss schlimmster Art für die Gebrauchsfähigkeit der optischen Instrumente war bis in unser Jahrhundert hinein die Farbenzerstreuung, welche bei der Brechung der Lichtstrahlen erfolgt. Sie liess namentlich das Mikroskop so untauglich, dass die bedeutendsten Physiologen und Anatomen sich damals unwillig von dem Instrument abwandten; sie hätten es nicht geglaubt, wäre ihnen prophezeit, dass man mit einem Mikroskop solche Dinge, wie diese hier, einstmals zeigen würde. Die Physik hat dies Hinderniss umgangen; so erfolgreich, dass heute fast keine Spur davon bleibt. Die Physik hat so viel für uns gethan, dass ihr fast nur noch übrig bleibt, uns auch die Lichtwellen verkürzen zu helfen.

Doch vielleicht wird mancher der Herren Physiker von Fach das Recht auf solche schönen Aussichten bestreiten, und gestützt auf den Buchstaben der Undulationstheorie des Lichts, dabei beharren, das wir angelangt sind an der unwiderrufflich letzten Grenze des

Sichtbaren. Ein Nichtfachmann hat nicht zu widersprechen. Dann also werden wir niemals Aussicht haben etwas zu sehen, mit unserem Auge direct zu sehen, was unter dieser Grenze liegt.

Werden die Menschen es darum niemals erfahren?

Es ist vielleicht gewagter das zu behaupten, als das Gegentheil zu hoffen. — Wer ansieht, was heute ist und was früher war, wer überdenkt, wie viele Träume von früher heute Wirklichkeit, wie viele Unmöglichkeiten möglich geworden sind, der wird glauben dass es sicherer ist, an ungeahnte Fortschritte unseres Geschlechts zu glauben, als auf das Vorhandene zu schwören. Wie wenig Menschen würden in der Zeit, wo der alte Flügeltelegraph das beste Mittel unseres Schnellverkehrs war, für glaublich gehalten haben, dass man in unserer Zeit für diesen Zweck den ganzen Erdball mit einem Netz electricischen Drahts umspinnen haben würde; wer hätte noch vor wenigen Jahren daran gedacht, dass man heute das, was ehemals das Auge an den Telegraphenflügeln ablas, und noch viel mehr, gemächlich auf telephonischem Wege mit dem Ohr aufnehmen würde?

Lässt sich nicht eine Zeit denken, wo das Instrument, das man heute Mikroskop nennt, in den Raritätenkammern steht und wo man die Dinge, von denen ich hier gesprochen habe, mit Arbeitsweisen erforschen wird die von unsern Studien am Mikroskopirtisch so verschieden sind, wie der Telephon vom Zeichentelegraphen?

Das ist ein Wechsel auf unbestimmte Zukunft, wird man vielleicht sagen, und also unsichere Waare.

Aber der Naturforscher findet für solche Hoffnungen auf eine unsichere Zukunft den Muth in einer gesicherten Vergangenheit; er darf sich auf das berufen, was seine Wissenschaft erlebt hat. — Lassen Sie mich, um einen Appell an diese Vergangenheit noch einzulegen, Ihnen eine kurze und traurige Geschichte erzählen, deren Held unserem Gegenstand besonders nahe steht.

Als noch vierhundert Jahre zu vergehen hatten, bis die Welt Fernrohr und Mikroskop kannte, und als noch kein Mensch in Europa eine Brille trug, im 13. Jahrhundert, lebte in England ein Franziskanermönch. In den Mussestunden, von denen die glücklichen Mönche so viele hatten, beschäftigte er sich mit allerhand wenig praktisch erscheinenden Dingen, — mit Philosophiren, mit Schriftstellern, und mit dem Schleifen von Gläsern. Nicht ohne Erfolg; es wird von seinen Zeitgenossen berichtet, er habe ein Glas geschliffen durch das man so merkwürdige Dinge sah, dass seine Wirkung allgemein dem Einfluss des Teufels zugeschrieben wurde. Kurz nach seinem Tode, vielleicht noch vor demselben, sind die Brillen in Gebrauch gekommen, und

es ist möglich, wenn auch nicht erwiesen, dass er an ihrer Erfindung Antheil hatte; jedenfalls wird es aus seinen Werken deutlich, dass er den Nutzen künstlich geschliffener Gläser für Schwachsichtige eingesehen hat. Aber seine Gedanken hafteten nicht an den Linsen, über denen er polirte, noch an den Büchern des Aristoteles; sie schweiften um die Zukunft des Menschengeschlechts und flogen voraus über hunderte von Jahren.

In seinen Werken, zum Theil in bedenklichem Mönchslatein, finden wir unter anderen die folgenden Stellen:

»Es können aber durchsichtige Körper also geformt werden, dass weit Entferntes nahe erscheint und umgekehrt; so dass wir auf unglaublichen Abstand die kleinsten Buchstaben würden lesen können; und dass uns das Grösste klein erscheinen wird, und das Kleine gross; dass, was oben ist, unten erscheint und was unten ist, oben; und dass, was verborgen ist, offenbar wird. Und mit solchen Mitteln werden wir die Sonne und den Mond und die Sterne zu uns herabsteigen lassen.«

»Und es können«, so fährt er fort, »Instrumente gemacht werden, um Schiffahrt zu treiben ohne Schiffsmannschaft, so dass die grossen Seeschiffe gehen werden unter einem einzigen Steuermann, mit grösserer Schnelligkeit als wären sie voll von Ruderern; und ebenso lassen sich Wagen bauen, die ohne Pferd sich bewegen mit unglaublicher Geschwindigkeit; und Brücken können gebaut werden über Flüsse, die keine Pfeiler und Stützen brauchen. Und so liessen sich auch Werkzeuge des Fliegens erdenken, so dass ein Mensch in der Mitte des Werkzeugs sitzend nur irgend einen Mechanismus zu drehen brauchte, und künstliche Flügel würden die Luft schlagen, nach der Art eines Vogels im Fluge«.

Es war, so wiederhole ich, im 13. Jahrhundert, als diese Sätze geschrieben wurden.

Roger Baco — das war der Name dieses seltsamen Propheten — war in der Wahl seines Zeitalters nicht vorsichtig gewesen. Einige 100 Jahre später hätte man ihn wohl auch noch für einen Narren und Träumer gehalten, aber ihn sonst vielleicht unbehelligt gelassen; die Leute seiner Zeit fassten die Dinge noch von einer anderen Seite auf. Er wurde der Zauberei angeklagt und in den Kerker gesetzt, in dem er, nach glaubwürdigem Bericht, nach 10jähriger Haft gestorben sein soll.

Wir aber können der rührenden Gestalt des glasschleifenden Mönchs in seiner Gefängniszelle, des vereinsamten Denkers unter den Gedankenlosen, gern in unserem Gedächtniss ein freundliches

Denkmal setzen; denn uns ist geschehen wie er gesagt hat. Heute haben wir die durchsichtigen Körper formen gelernt, und wir lassen die Sonne und die Sterne herabsteigen, und das Kleine erscheint uns gross; heute rollen die Wagen ohne Pferd über die Erde, schwingen sich die Drathbrücken über die Flüsse und tragen uns die Dampfer über das Meer; und dass wir noch einmal das Fliegen lernen mögen, darf man heute für annehmbar halten, ohne deswegen verlacht zu werden. Es scheint, wir haben nach solchen Erfahrungen Grund, weniger kleingläubig und weniger unduldsam gegen allerhand kühne Zukunftsträume zu sein, wie die Zeitgenossen des Roger Baco.

Erklärung der Abbildungen.

- Fig. 1. Schema einer thierischen Zelle, mit Kern und Kernkörperchen.
- Fig. 2. Knorpelzelle, in einer lebenden Amphibienlarve beobachtet; Die Substanz der Zelle, sowie die des Kerns, sind durchzogen von gerüstartig angeordneten Fäden.
- Fig. 3. Eizelle einer Muschel. Im Kern (hell) gerüstförmige Fäden; das Kernkörperchen besteht aus zwei verschieden beschaffenen Theilen. Die Zelle hat eine Membran, die von der Zellsubstanz getrennt liegt.
- Fig. 4. Wimperzelle mit beweglichen Haaren am Vorderende: in der Verlängerung dieser Haare sieht man im Zellkörper Streifen.
- Fig. 5. Speicheldrüsenzelle von *Blatta orientalis* (nach Kupffer). Gerüstförmige Structur des Zellkörpers, k Kern, n eintretender Nerv s. d. Text.
- Fig. 6. Stück einer willkürlichen, s. g. quergestreiften Muskelfaser, a doppelbrechende Substanz, i einfachbrechende, in jener; bei H. Hensen'sche Querscheibe, in der einfachbrechenden Substanz i bei K: Krause'sche, bei F. Flögel'sche Querscheibe.
- Fig. 7 — 13. Theilung der Eizelle eines Seeigels, *Toxopneustes lividus* (nach Präparaten von H. Fol und Abbildungen von O. Hertwig). Vergl. den Text.
In 10 — 12 ist die Zellsubstanz nicht ganz mitgezeichnet.
- Fig. 13. a, 1 — 7. Skizzen des Ablaufs einer Zelltheilung an der Kieme der Salamander-Larve, nach eigenen Beobachtungen.
- Fig. 14. 15. Drüsenschläuche des Magens, aus zwei Arten von absondernden Zellen (a und b) zusammengesetzt. Fig. 14: in ruhendem, Fig. 15: in absonderndem Zustand, in beiden Fällen gleich präparirt und mit gleichen Farbstoffen gefärbt. Zeigt die innere Veränderung der Drüsenzellen während ihrer Thätigkeit.
- Fig. 16. 17. Zellen einer Speicheldrüse, ebenso in 16 in ruhendem, in 17 in absonderndem Zustand mit der gleichen Behandlung fixirt und gefärbt.
- Fig. 18. Eine quadratische Mikrometertheilung auf Glas geritzt, mikroskopisch beobachtet; bei 19: dieselbe bei gleicher Vergrößerung, aber Veränderung der Beleuchtung, welche schräge Liniensysteme vortäuscht, die in Wirklichkeit nicht da sind.

Die Figuren sind mit Ausnahme von Fig. 5 und 9 — 13 (s. deren Erklärung) nach eigenen Präparaten, bei 100 bis 500facher Vergrößerung, gezeichnet.

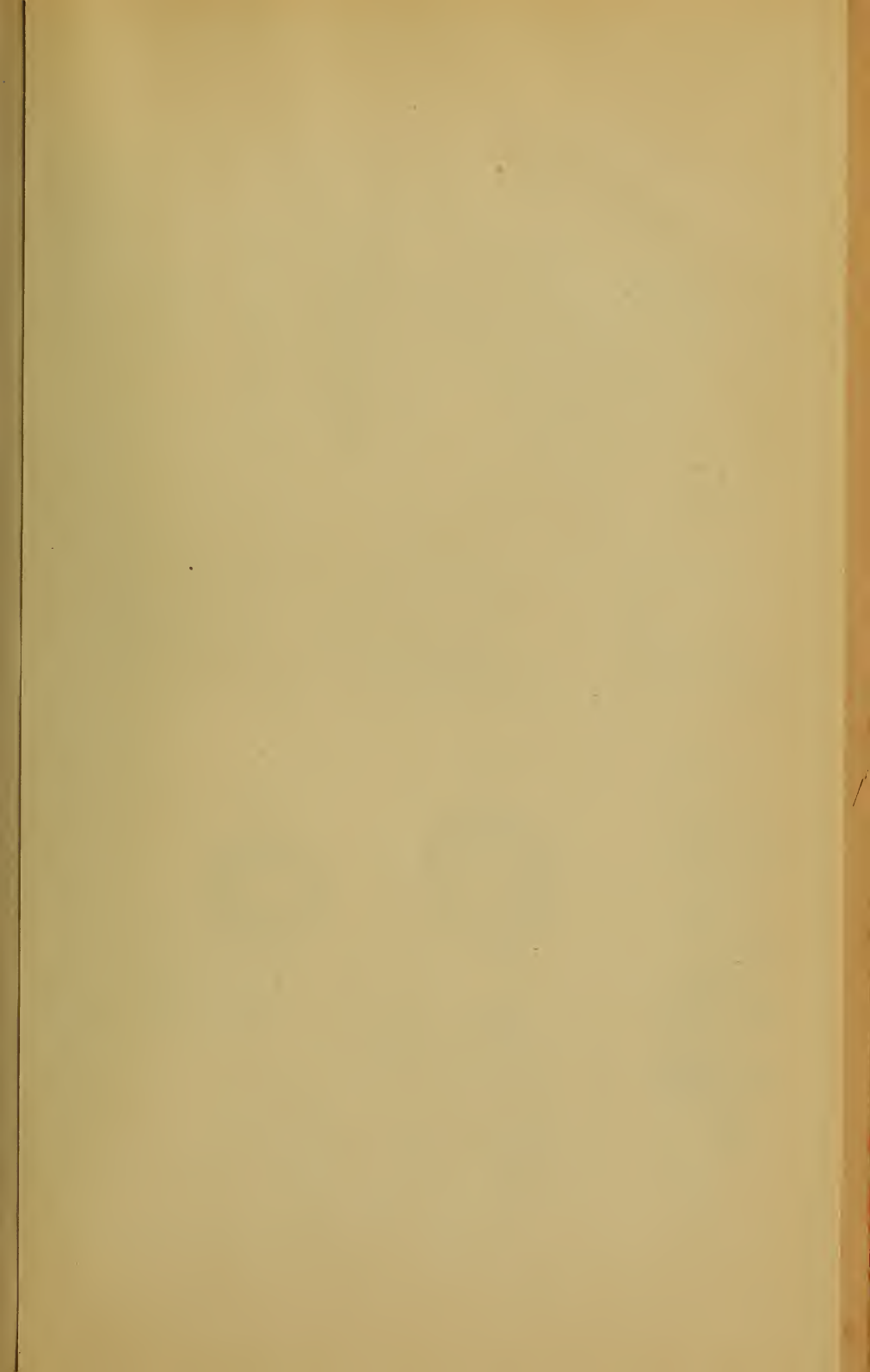


Fig. 1.



Fig. 2.



Fig. 3.

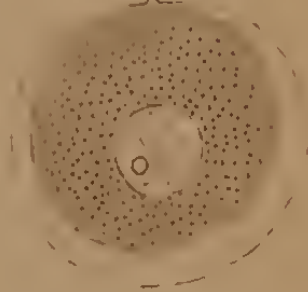


Fig. 4.



Fig. 5.



Fig. 6.



Fig. 7.

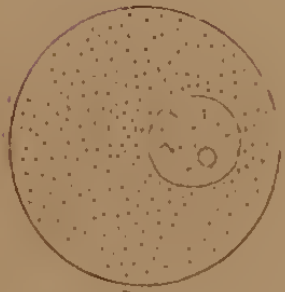


Fig. 8.



Fig. 9.

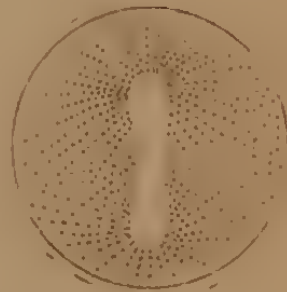


Fig. 10.

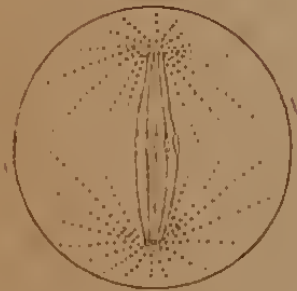


Fig. 11.

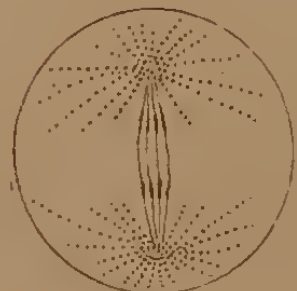


Fig. 12.



Fig. 13.



Fig. 13 a.



Fig. 14.



Fig. 15.

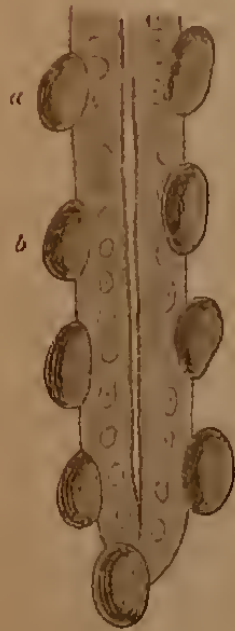


Fig. 16.



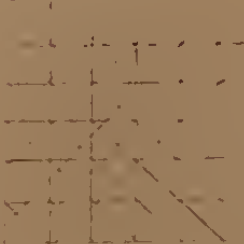
Fig. 17.



Fig. 18.



Fig. 19.



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Schriften des Naturwissenschaftlichen Vereins für Schleswig-Holstein](#)

Jahr/Year: 1878

Band/Volume: [3_1](#)

Autor(en)/Author(s): Flemming Walter [Walther]

Artikel/Article: [Einiges vom Bau und Leben der Zellen und von der Grenze des Sichtbaren. 29-52](#)