

Universitäts- und Landesbibliothek Tirol

Elementares Leben

Kollmann, Julius

Berlin, 1883

Elementares Leben

Mit der für die gesammte Biologie fundamentalen Entdeckung, daß der pflanzliche und thierische Organismus aus Zellen aufgebaut sei, haben die Studien über die Grundbedingungen der Lebensvorgänge eine neue Richtung genommen. Keine der naturwissenschaftlichen Disciplinen konnte sich dem gewaltigen Anstoß entziehen, der mit dieser Entdeckung verknüpft war. So hat z. B. die Medicin eine vollständige Umwandlung ihrer früheren Anschauungen über den Sitz des Lebens und der Krankheit erfahren. Noch im Jahre 1853 ließ von Ringseis seine freilich schon mit Erfolg bekämpften Thesen wieder drucken, daß er in jeder Krankheit ein die physiologischen Kräfte beseidendes, selbstständiges Kraftwesen annehme. Der acute Verunreinigungsprozeß des Hippokrates, das „präternaturale“ des Galenus, der semen morbi, der microcosmus des Paracelsus, die „materies morbifica“ des Sydenham sollten nach seiner eigenen Aussage fester begründet durch seine Lehre wiedererstehen. Unterdessen hatten bahnbrechende Entdeckungen gezeigt, daß das Leben eine Gesamtleistung aller Theile ist. Mit aller Bestimmtheit hatte namentlich Virchow¹⁾ den weittragenden Satz ausgesprochen, daß es nicht einen unbestimmten Sitz des Lebens giebt, sondern daß sich in jeder Zelle, das ist in den Elementartheilen, die Lebensprozesse abspielen. Mit dieser Erkenntniß hatte man auch den so lange gesuchten Sitz der Krankheit gefunden, nämlich in der veränderten

Nun ist nichts mühevoller, als gerade an diesen kleinsten Theilen, so lange sie noch in den Organismus der complicirten Thiere eingefügt sind, Untersuchungen über elementares Leben anzustellen, und dennoch war gerade die genaueste Kenntniß ihres Baues, ihres Verhaltens gegen die Einflüsse der Ernährung, der Wärme, der Elektrizität vor allem unerlässlich. Da haben sich nun Wesen gefunden, welche für diese Studien von besonderer Wichtigkeit geworden sind, an denen die Botanik wie die Zoologie gleichzeitig ihr höchstes Interesse hatten, welche die Geologie überdies als die ersten Zeugen der Vorgänge unserer Erdrinde bezeichnet hatte: Wesen von uralter Abstammung, und so einfach gebaut, daß sie durchsichtig, als Ganzes, der direkten Beobachtung mit dem Mikroskop keine besonderen Schwierigkeiten entgegenstellen, anspruchlos in ihren Lebensbedürfnissen: ein Tropfen Süß- oder Salzwasser, je nach ihrer Herkunft, reicht stundenlang aus, um sie in voller Gesundheit zu erhalten; leicht erreichbar, denn sie sind in allen Gewässern zu finden, in dem Bergbach und in dem Torfmoor, am Ufer und in den Tiefen der Meere. Es sind lebende Wesen, aus jener Abtheilung der niedersten Thierformen, welche man als Moneren bezeichnet, deren ganzer lebender Körper aus einem Klümpchen lebenden Eiweißstoffes besteht. Ein weiterer Vorzug, der nicht gering anzuschlagen, besteht ferner darin, daß sie allen Beobachtern zugänglich sind, denn zahllos sind die Schaaren, welche jeder Frühling in unseren Breiten entstehen läßt aus den Keimen der vorhergegangenen Generationen. Gerade darin liegt aber eine wesentliche Bedingung für den Fortschritt der Erkenntniß, daß dasselbe Problem von vielen Forschern gleichzeitig und an demselben Gegenstand verfolgt werden könne. Denn „nur durch vieler Zeugen Mund“ wird hier die Wahrheit kund. Und überdies muß jeder, wenn er auch nicht nach neuen Entdeckungen strebt, sondern nur eine möglichst getreue Vorstellung von der Organisation lebender Wesen erreichen will, die Gelegenheit zu

eigener Anschauung haben. Denn unsere Phantasie ist den Dingen selbst gegenüber unendlich ohnmächtig, sobald sie dieselben im Geist nachzubilden, oder sie, ohne erneute Prüfung und ohne unsere Sinneswerkzeuge, zu begreifen strebt. Wem gelänge es, sich das ewigfluthende und nimmerruhende Meer, oder die starren Gebirge unserer himmelaustrebenden Alpen zu vergegenwärtigen mit der ganzen Fülle jener wechselvollen Bilder, die ihr Anblick gewährt? Für uns Erdenkinder ist eben nichts allgemeines faßbar, als in den einzelnen Dingen und durch dieselben. Das Licht, die Farbe, irgend ein Stoff, selbst die Ideen des Schönen, Guten, Gerechten können wir uns nur in gewissen Spezialisirungen denken, in der Form der concreten Erscheinung. Folgerecht giebt es keinen Weg zum Allgemeinen, als denjenigen durch das Einzelne. Die Ueberzeugung hiervon hat auf die ganze Unterrichtsmethode in den Naturwissenschaften den weitgreifendsten Einfluß geübt. Unsere Laboratorien aller Art, chemische und physiologische, zoologische und botanische haben die Aufgabe, vor Allem den Dingen mit unsern Sinnen näher zu treten, sie selber kennen zu lernen. Dieselbe Methode muß jeder befolgen, der dem Problem des Lebens näher treten will, soweit es sich in dem Thier- oder dem Pflanzenleib abspielt.

Seit einigen Jahren hat man elementares Leben in einer ganz besonders eingehenden Weise gerade an den oben erwähnten wirbellosen Thieren und zwar an den am einfachsten gebauten studirt, und eine Substanz genauer kennen gelernt, welche den Namen Protoplasma erhalten hat, ein Wort, das dem Sinne nach mit „Urstoff des Lebens“ übersetzt werden kann. Eine Reihe höchst unerwarteter und auffallender Thatsachen wurde an dieser lebendigen Substanz entdeckt, und die Verfolgung der an ihr bemerkbaren Phänomene hat eine ganze Litteratur hervorgerufen. Einige dieser Ergebnisse sind von universeller Bedeutung, wenn man erwägt, daß das Protoplasma geradezu als lebendige

Materie uns entgegentritt und alle Lebenserscheinungen an dasselbe gebunden sind. Ueberall wo Leben existirt, in seinen aller-einfachsten Aeußerungen, bis zu den complicirtesten, da ist seine Anwesenheit erforderlich, und überall wo sich Protoplasma findet, da herrscht Leben. Was in dem Innern der Zelle wirkt und schafft, ist an diese Substanz gebunden, jeder Vorgang steht mit ihr in direktem Zusammenhang.

Die chemische Zusammensetzung dieser Substanz ist so complicirt, wie die des Eiweißes überhaupt²⁾. Obwohl man aber weiß, daß sie vorzugsweise aus eiweißartigen Substanzen besteht, so ist die Bestimmung der einzelnen Stoffe doch noch nicht vollständig möglich gewesen. Besser sind einige physikalische Eigenschaften erkannt. Das Protoplasma ist durchsichtig, nahezu farblos, etwas zähflüssig, ähnlich dem Hühnereiß, und coagulirt auch wie dieses bei der Siedhitze, doch ist es nicht so gleichartig, sondern meist von unendlich kleinen Körnchen durchsäet, die sich dunkel von der hellen Substanz abheben. Noch vollständiger ist das Bild, das anhaltende Beobachtung durch das Mikroskop zu entwerfen vermochte. Die verschiedenen Zustände während der Ruhe und der Bewegung, während der Nahrungsaufnahme der Fortpflanzung, endlich die Einflüsse von chemischen Agentien und von Licht, Wärme und Elektrizität haben viele Aufschlüsse über diese lebendige Materie verbreitet.

Bei ungefähr 400maliger Vergrößerung ist allerdings selbst der geübte Beobachter anfangs rathlos, einem solchen nur aus Protoplasma bestehenden elementaren Organismus gegenüber. Denn im Innern des farblosen Gallertklümpchens ist auch nicht die leiseste Spur von Organen zu sehen. Der platte durchsichtige Kuchen spottet jeder Deutung. Allmählig tritt jedoch eine wahrnehmbare Veränderung hervor. Spontan, aus dem Innern des Dinges heraus kommt es zu einer Bewegung. An einer Stelle des Umfanges schiebt sich die Masse vor. Ein rundlicher, später

feulenförmiger Fortsatz entsteht, in welchen die Körnchen nachströmen. Dann gleitet mehr und mehr von der Körpersubstanz in diesen Fortsatz nach, und zuletzt hat diese fremdartige Gallerte ihren Ort im Raum verlassen, sie hat sich langsam, aber sicher ein neues Gebiet erobert.

Der selbe Vorgang kann sich in anderer Weise wiederholen. Oder es treten die Zeichen selbstständiger Bewegung an mehreren Stellen des Umfanges zugleich auf. Hier kurze, dort lange Fortsätze, sogenannte Scheinfüßchen, Pseudopodien, fließen wie tastend hinaus, um langsam wieder zurückzukehren.

Wer über die im Innern des Protoplasmas sich abspielenden Vorgänge vollen Aufschluß zu geben vermöchte, der hätte das Geheimniß der lebendigen Bewegung nicht bloß für die Moneren gelöst, sondern für das Reich der Pflanzen und das der Thiere. Denn damit wäre nicht nur jenes Hinausgleiten der Körpersubstanz verständlich geworden, von dem eben erzählt wurde, sondern auch die Contraction der Muskeln unseres eigenen Körpers und derjenigen der Wirbelthiere überhaupt. Man weiß zwar durch eine große Reihe scharfsinniger physiologischer Untersuchungen, daß es während der Zusammenziehung zu einer chemischen Zersetzung in den Muskeln kommt, daß also dabei, wie bei jeder anderen lebendigen Funktion, ein Stoffverbrauch stattfindet, allein wie im Einzelnen der ganze Vorgang ineinandergreift, bleibt bis zur Stunde räthselhaft. Den Amöben fällt vielleicht in der Geschichte dieser Studien noch eine wichtige Rolle zu, denn das physiologische Spiel des elementaren Lebens liegt nirgends klarer vor den Augen des Beobachters. Das Hinauschieben der Körpermasse ist die eine Phase der Bewegung, das Zurückziehen offenbar die zweite. Während allgemein die letztere und mit Recht als ein activer Prozeß aufgeführt wird, darf man doch nicht die erstere kurz als eine bloße Erschlaffung betrachten. Denn während dieses für unsere Vorstellung einfachste aller Urwesen einen neuen Raum sich erobert,

ist es aktiv, und folglich die Streckung als eine That aufzufassen. In dem Hinausfließen zeigt sich eine nicht minder reiche Grundeigenschaft und spontane Bethätigung der lebendigen Substanz, als in dem Zurückziehen. Bei den höheren Thieren fällt es allerdings schwer, dieser Auffassung sich anzuschließen, weil die Vorstellung zumeist von dem Eindruck der Contraction unserer eigenen Muskeln beherrscht ist, und seit langer Zeit für den entgegengesetzten Zustand der Ausdruck „Erschlaffung“ gebraucht wird, an den sich der Gedanke an ein passives Verhalten der lebendigen Substanz wie naturgemäß anschließt. Bei unserem Urthier ist aber zweifellos die obenerwähnte Verlängerung eine Lebensäußerung. Diese Auffassung wird berechtigt, sobald die Funktionen anderer Urthiere verglichen werden, welche offenbar hierhergehören. Doch soll zunächst noch eine andere fundamentale Eigenschaft der lebendigen Materie Beachtung finden.

Diese Wesen gehören zu den Vertretern der niedersten Thiere, zu den Amoeben. Ihre Bewegung ist eine selbstständige, sie sind vollgiltige Individuen, obwohl jenen Arten, die ich hier besonders im Auge habe, irgend eine bestimmte Haut, irgend ein Panzer völlig abgeht. Und dennoch bleibt diese lebendige Gallerte trotz ihrer Kleinheit und so zahlreich auch die Fortsätze und so fein sie sind, in dem Flüssigkeitstropfen individualisirt, und löst sich nicht auf.

Zu diesen wichtigen Eigenschaften, der Bewegung und der Erhaltung ihrer Integrität, wodurch sie Anrecht erhält auf den Titel eines lebendigen und selbstständigen Thieres kommt noch eine dritte Eigenschaft hinzu, die Amoebe ist reizbar. Läßt man durch ihr feuchtes Gebiet mäßige Inductionsschläge hindurch gehen, so zieht sie plötzlich alle Fortsätze zurück, und ihr Körper nimmt die Kugelgestalt an. Unterbricht man die feuchten Blitze, so beginnt bald das Spiel der Bewegungen aufs Neue, um bei erneuter Reizung sich wieder in eine unbewegliche Kugel

zu verwandeln. Wirken endlich die Schläge des Inductionsapparates mit zerstörender Gewalt ein, oder hat man Kohlensäure oder Gifte (Veratrin) dem Wasser beigemischt, dann tritt zunächst Ruhe ein, die Ruhe des Todes. Der durchsichtige Körper hat sich getrübt und damit ist der siegreiche Widerstand womit er bisher in dem umgebenden Wasser sich den Raum für sein stilles Dasein erobert hatte, gebrochen. Die Gallertkugel zerfällt, das Wasser dringt zwischen die Bruchstücke, löst sie allmählig auf, und damit ist die Vernichtung vollzogen. Diese Reizbarkeit der Amoebe wurde vorübergehend Empfindung genannt. Es läßt sich streiten, ob dieser Ausdruck gerechtfertigt sei. Wenn ein äußerer Reiz sichtlich auf einen Organismus einwirkt, so wird man das wohl kaum anders nennen können. Dann aber, wenn dies gestattet ist, so liegt hier der Fall vor, daß die bewegungsfähige Substanz gleichzeitig auch empfindungsfähig ist. Bei den höheren Thieren sind diese zwei Qualitäten getrennt und verschiedenen Organen zugetheilt. Die Empfindung ist den Nervenzellen, den Gebilden einer bestimmten chemischen Zusammensetzung überantwortet, sie sind die ausschließlichen Empfindungsorgane, und gänzlich verschieden von den Bewegungsorganen, den Muskeln. Damit ist auch die Organisation eine höhere geworden. Die Theilung der Arbeit ist ein Fortschritt für die Leistungsfähigkeit. Aber selbst die vollendete Function steckt, freilich in einfachen Anfängen, und noch unentwickelt in diesen niederen thierischen Organismen. Ihr Körper besitzt neben der Kraft der Bewegung gleichzeitig auch die Reizbarkeit, das heißt die Fähigkeit, unter dem Einfluß innerer oder äußerer Bedingungen aus dem ruhenden in den thätigen Zustand überzugehen. Diese Eigenschaft des lebendigen Gallertklümpchens giebt sich aber noch durch andere Zeichen kund. Die Amoebe hat nichts der Art, was wir einen Mund nennen, der mit einem Geruchs- oder Geschmacksapparat in Verbindung stünde, auch kein Auge, das ihr die Nahrung zeigte,

deren sie eben so gut bedarf wie irgend ein anderes Wesen. Findet sich jedoch in ihrer nächsten Umgebung thierisches oder pflanzliches Nährmaterial, dann sendet dieses augenlose Gallertklümpchen dennoch im rechten Augenblick Fortsätze aus. Diese wenden sich gegen die Beute hin, fließen um sie herum, schließen sie von allen Seiten ein, und ziehen sich dann mit ihr nach der Hauptmasse des Körpers zurück. Der Raub ist im Innern geborgen, der Fang ist geglückt und wir werden nothwendig zugeben müssen, daß diese complicirte Reihe von Vorgängen, so einfach sie an dem einfachen Wesen sind, offenbar nur unter dem Einfluß der Reizbarkeit begonnen und weitergeführt werden. Der Reiz kommt von der im Umkreis des Körpers vorhandenen Nahrung und wirkt prompt und sicher auf den primitiven Organismus. Wenn nicht die Experimente mit den Inductionsschlägen, die Wirkung der Gifte und Gase, der Hitze und Kälte schon hinreichend Belege für die Reizbarkeit des Protoplasma's geliefert hätten, durch die einfachen Vorgänge bei der Nahrungsaufnahme wäre sie nachgewiesen.

Die Reizbarkeit ist also eine fundamentale Eigenschaft alles lebendigen Protoplasmas. Sie ist dieser Substanz inhärent. Sie und die Fähigkeit der Contractilität gehören zusammen wie Licht und Auge, oder wie Wärme und Electricität. Ob für jede einzelne Qualität besondere Moleküle vorhanden sind, oder ob jede auch in jedem Molekül sich findet, vermag für jetzt noch Niemand zu sagen. Zweifellos ist man aber berechtigt, eine solche Amöbe mit einem primitiven Staatswesen zu vergleichen, dem soweit wahrnehmbar, jede Arbeitstheilung fehlt, und alle Theile dasselbe empfinden und wollen und ausführen können, je nachdem die Außenwelt eine That von ihnen fordert. Wenn bei höher organisirten Thieren die Arbeitstheilung eingetreten ist und Zelle an Zelle sich reiht, von welchen jede besondere Kräfte an sich reiht, die in der Amöbe gleichsam diffus noch an alle Elemente vertheilt sind, so ändert sich die Form und

damit auch die Funktion, allein unter ihrem wechselvollen physiologischen Gewand sind dennoch alle diese Eigenschaften der lebendigen Einheit vorhanden. Der Zellenstaat umschließt Wesen, die wie Sklaven dem Ganzen dienstbar sind, und dennoch steckt in ihnen etwas von jener selbstständigen Natur, die eben doch auch den scheinbar willenlosen Knecht auf eine viel höhere Stufe stellt, als die Maschine. Die Kraft der Individualität erscheint bei den niedersten Moneren unendlich hoch, allein wenn sie auch an den verschiedenen Zellen eines zusammengesetzten Organismus verkümmert ist, gänzlich aufgehoben ist sie niemals. Wieviel sie von ihrer souveränen Herrlichkeit dadurch verloren, daß sie als Glieder in einen Organismus eingefügt, das ist eben erst noch zu bestimmen. Die farblosen Blutkörperchen der Wirbelthiere und des Menschen sind nach dieser Seite hin berühmt geworden. Ihr nacktes Protoplasma zeigt einen ausgeprägt individuellen Charakter. Sie begegnen sich häufig in dem Strom der circulirenden Säfte und legen sich aneinander, ja werden sogar aneinandergepreßt von der Gewalt des Blutstromes. Aber selbst nach längerem innigen Contact verschmelzen ihre Leiber nicht, sie trennen sich wieder, um einzeln durch den Körper zu treiben oder getrieben zu werden. Der Versuch diese hohe Stufe der Individualität aus einer trennenden Hülle allerfeinster Art zu erklären, ist hinfällig gegenüber der Wahrnehmung, daß die Fortsätze desselben Individuums, die von dem Körper ausgestreckt werden, sich leicht vereinigen und ineinanderfließen, diejenigen anderer dagegen nicht. Die weißen Blutkörperchen bewahren sich ihre Unabhängigkeit also auch gegenüber derselben Art, gerade so wie die Amöben. Liegen zwei von diesen letzteren nebeneinander, so daß sich ihre ausgestreckten Fortsätze berühren, sie verschmelzen dennoch niemals. Selbst auf den Stufen niederster Organismen besteht also nicht nur ein Unterschied zwischen der Körpermasse verschiedener Arten, selbst die Leiber derselben Spezies, bei denen man doch die größte Gleichheit in

der Zusammensetzung vermuthen darf, sind bis in die feinsten fließenden Fäden hinein individualisirt.

Und so bewahrt sich das lebendige Geweis einen Theil jener individualisirenden Kraft selbst bis in die Tiefen unseres eigenen Wesens, bald aufbauend, bald zerstörend. Bis zu welchem Grade die Selbstständigkeit der Zellen in dem Thierkörper anwachsen kann, zeigen namentlich auch pathologische Elementarorganismen, welche in fremde Gebiete desselben oder eines anderen Organismus verpflanzt, durch Weiterentwicklung oft einen so beklagenswerthen Beweis von der Dauerbarkeit der individualisirten lebendigen Materie zu geben vermögen. (Krebszellen.)

Bei einer großen Zahl von Protozoen sind die hervorragenden Eigenschaften der lebendigen Substanz vollkommen nachweisbar, ohne daß im Innern irgend ein anderer Körper, ein „Kern“ enthalten wäre. Auch das ist ein bedeutungsvoller Fortschritt in unserer Erkenntniß gewesen und ein werthvolles Argument in jenem langen Streit „was man eine Zelle zu nennen habe“. Nach unseren heutigen Erfahrungen über die große Rolle, welche dem Kern bei höherer Differenzirung des Protoplasmas zukommt, muß man wohl nothgedrungen verschiedene Zellenformen unterscheiden, solche nur aus lebendiger Materie aber ohne Kern und ohne Membran, und andere mit Kern und mit Membran. Jeder Versuch einer solchen oder ähnlichen Classification verdient Beachtung und man wird sich einer eingehenden Discussion auf die Dauer wohl kaum entschlagen können.

Wie auch der endgiltige Entscheid ausfallen möge, die Protozoen wie die elementaren Einheiten der höher organisirten Wesen fordern dringend eine Klarstellung dieser Verhältnisse. Schon innerhalb der Protozoen machen sich zwei Gruppen bemerkbar, eine niedere und eine höhere. In der ersteren, derjenigen der Moneren, ist kein dichteres Gebilde im Innern des Protoplasmas zu unterscheiden; in der letzteren dagegen ist ein

bestimmter Theil der Substanz von der übrigen Masse ausgezeichnet. Es ist zunächst gleichgiltig, ob dieser „Endoplast“ mit dem bekannten Kern der Zelle identisch sei, der Schwerpunkt liegt darin, daß die erste physiologisch wichtige Spur einer Differenzirung hervortritt. Die Schöpfung des Kerns, von der Stufe festerer Protoplasmaaballen aus, bis hinauf zu seiner Vollendung, ist vielleicht als der nächste große Gewinn in der Organisation zu bezeichnen, der nach dem Ursprung der ungesformten lebendigen Materie erreicht wurde. Denn bei den zusammengesetzten Wesen erscheint er mit ganz bestimmten Qualitäten ausgestattet und er spielt eine bedeutende Rolle, das ist unverkennbar. Mit seinem Auftreten wird ein Theil jener Eigenschaften, welche das „ungeformte“ Protoplasma auszeichnen, auf ihn übertragen. Schon die Geschichte der Vermehrung liefert dafür unzählige Belege. Bei der kernlosen Amöbe ist jeder Theil gleichwerthig, jeder enthält dieselben Eigenschaften, und die Spaltung in zwei neue Individuen besteht in dem einfachen Akt der Trennung. Sobald das Protoplasma mit scharf differenzirtem Kern versehen ist, hängt der Vorgang der Vermehrung auf das Innigste von der Betheiligung des Kerns ab.

Aus dem Innern heraus erfolgt der Anstoß hierzu, soweit wir bis jetzt wissen. Welche Bewegungen dabei stattfinden, um die vorher einheitliche Masse zu einer Trennung zu veranlassen, ist vorerst noch in völliges Dunkel gehüllt. Nur bei den Theilungsvorgängen der höher organisirten Zellen und bei denen der Befruchtung ist genaueres bekannt geworden. Protoplasmafortsätze strecken sich vor und werden zurückgezogen, der ganze Leib geräth in Bewegung dadurch, daß die einzelnen Theile sich in veränderter Weise gruppiren. Das ist die im Ganzen magere Ausbeute unserer Erfahrungen. Dennoch zeigen sie, wie Reizbarkeit und Bewegung in den Dienst nicht allein des Individuums treten, sondern auch in den der Spezies, der lebendigen Natur überhaupt. Um die Erhaltung der Art handelt es sich,

um einen einheitlichen Akt nach dem Ziel irdischer Unsterblichkeit. Im Vergleich mit dem raschen Untergang des Individuums verdient die nahezu unbegrenzte Dauer der Spezies wohl diese Bezeichnung. Und in jedem Organismus häuft sich soviel Substanz schon nach aller kürzester Lebensdauer an, daß sie sich abspaltet für die Zukunft.

Mit Hilfe der Reizbarkeit und der Bewegung ist also schon das Bedürfnis nach Nahrung geweckt und die Möglichkeit zu dem Erreichen der Nährsubstanz gegeben. Ein unaufhaltbares Bedürfnis zwingt die Amöbe, wie alle ihre Nachkommen zu chemischer Wiederherstellung des Verlorenen, und zwingt sie einem Nahrungstrieb zu folgen, weil die leiseste Berührung mit der Außenwelt, schon das Dasein an sich, die Kräfte verzehrt.

Was geschieht nun mit der aufgenommenen Nahrung? Sie gelangt in keinen Magen, denn irgend etwas der Art fehlt unserer Urform eines Thieres vollkommen. Keine Speicheldrüsen sind vorhanden in dem gleichmäßig durchsichtigen, jeder Struktur baaren Körper. Und dennoch ist nach einiger Zeit die vorher noch eiweißreiche Navicelle eiweißleer geworden, das nahrhafte ist verdaut, assimilirt, in die Körpersubstanz der Amöbe aufgenommen, und hat sich spurlos in ihr verloren, das Kieselgerüst mit all dem was unbrauchbar ist, verläßt an irgend einer Stelle das Gallertklümpchen, ohne daß dabei die Spur eines Risses oder eines Spaltes übrigbliebe. Es schließt sich hinter den ausgestoßenen unbrauchbaren Resten, wie das Wasser, aus dessen Tiefe eine Luftblase an die Oberfläche stieg. Unterdessen ist alles neu aufgenommene Eiweiß zum Körpereiweiß geworden, zu einem untrennbaren Theil des Organismus. Durch die Nahrung ist der Verlust der vorausgegangenen Zersetzungen durch neue Zufuhr gedeckt. Es hat sich dasjenige vollzogen, was wir Stoffaufnahme und Ernährung nennen. An dieser unscheinbaren Kreatur tritt dieselbe Eigenschaft auf, welche durch das ganze Thier- und

Pflanzenreich verbreitet ist, die allein alles was lebt, in den Stand setzt, die Existenz gegen die zerstörenden Einflüsse der Außenwelt zu retten. Den beständigen Angriffen der Zersetzung setzt sich also dieses Klümpchen lebendigen Eiweißes mit Erfolg durch die Ernährung zur Wehr. Auch in ihm steckt etwas von der Energie des Lebens, die allem Lebendigen eigen ist. Mit Hilfe der ihm gegebenen von Natur aus innewohnenden Kräfte der Bewegung, der Reizbarkeit und des Stoffwechsels vertheidigt es siegreich seinen Raum, und erobert sich von Sekunde zu Sekunde die Berechtigung seines Daseins. Diese in dem Protoplasma liegende Uebermacht gegenüber der umgebenden Natur rettet die spezifische Einheit des Organismus, hilft ihm zur Erhaltung seiner Individualität. Die Autonomie erhält sich durch die Assimilation, eine Fähigkeit der lebendigen Materie, die dadurch Fremdes und Unorganisirtes auf die gleiche Höhe der eigenen Organisationsstufe emporhebt. Sie ist eine bis jetzt völlig unerklärbare Kraft, von der wir die Integrität sowohl der Organismen, als der einzelnen Organe abhängig sehen.

Es wäre nutzlos, eine Erklärung dieser verdauenden Kraft zu versuchen. Obwohl wir ihr überall begegnen, unsere eigene Existenz von der physiologischen Rolle ähnlich wirksamer Zellen abhängt, und das Problem der Selbsterhaltung überall dieselben Kräfte erfordert, sind wir doch weit davon entfernt, diese elementare Funktion des Protoplasmas zu verstehen. Dagegen lohnt es sich, auf das Phänomen der Bewegung nochmals hinzuweisen, womit die Beute gefaßt wird. Nicht etwa, um die Zweckmäßigkeit des ganzen Vorganges zu berücksichtigen, denn damit gerieth man nur in das Gebiet eines neuen Räthsels, sondern um noch einmal auf die Berechtigung hinzuweisen, das Ausstrecken von Fortsätzen ebenso als eine active Form der Bewegungsphänomene aufzufassen, wie dies mit derjenigen der Beförderung der Fall war. Sobald dies zugegeben werden muß,

und es scheint kein anderer Ausweg möglich, dann vermag dieselbe Substanz zwei antagonistische Bewegungen auszuführen und es ist klar, daß damit die Verlängerung des Amöbenkörpers mehr als eine bloße Erschlaffung ist.

Montgomery³⁾ betrachtet demnach mit Recht auch das aktive Herausfließen als eine wahre Grundeigenschaft und als eine spontane Bethätigung der lebendigen Substanz. Wiederherstellung der durch eine vorausgegangene Contraction verbrauchten Stoffe mag vielleicht die nächste Veranlassung sein, also ein chemischer Prozeß, der das gestörte Gleichgewicht der Theile beseitigt. Eine solche chemische Bervollständigung muß jedes Molekül wieder erfahren, das einen Theil seiner Kräfte einsetzen mußte für die Aeußerungen des Lebens. Offenbar liegt darin der Schlüssel für das Geheimniß der Bewegung, wie des Wachsthum's und der Vermehrung, sowie für den dauernden Widerstand gegen die zerstörenden Einflüsse. Aber bei jedem dieser Prozesse wird die spezifische Form des Vorganges eine andere sein müssen. Die nahezu unbegrenzte Vielseitigkeit eines jeden dieser lebendigen Theilchen zeigt sich eben unter anderem auch darin, daß die chemische Zerstörung, welche mit jeder Veränderung Hand in Hand geht, aus eigener Kraft wieder ausgeglichen wird, nach bestimmten Regeln, deren Entdeckung eine derjenigen Aufgaben der Wissenschaft ist, welche diese Seite der Vorgänge des Lebens klar zu legen hat.

Am bestimmtesten legen dies gerade die Vorgänge im Leibe der Moneren nahe, deren Körper nackt, strukturlos in der weiten nassen Umgebung sich befindet. Durchsichtiges, leicht vergängliches, aber von Leben durchdrungenes Eiweis ist dabei die einzige Waffe gegenüber der Außenwelt.

Daher kommt es, daß die Amöben seit langen Jahren beständig in allen Phasen ihres Daseins beobachtet werden, und daß sie und ihre Verwandten in Forscherkreisen so gut bekannt sind, als die Geschichte irgend eines berühmten Geschlechtes.

Immer finden sich wieder Historiographen, welche von Neuem die Archive der Natur durchsuchen, um Familie für Familie zu verfolgen, ihre Jugend und ihr Alter und jede leise Regung ihres Wesens zu belauschen. Und sie verdienen diese Aufmerksamkeit aus mehr als einem Grunde. Sie gehören unstreitig mit zu dem allerältesten Adel unseres Planeten. Sobald Leben auftrat, waren auch sie zur Hand. Ihre Geschichte beginnt mit den ersten geologischen Epochen. Es läßt sich dies daraus entnehmen, daß einige ihrer nächsten Verwandten, die im Stande sind, ihren zarten Leib mit einer festen Schale zu umgeben, ihre Spuren in den ältesten geologischen Schichten hinterlassen haben. Diese Schale kann aus einer Horn- (Chitin=?) Substanz bestehen, oder aus kohlensaurem Kalk, der von ihnen aus dem Wasser, in welchem sie leben, abgetrennt wird. Unendlich mannichfache Gestalten solcher Schalen oder Skelette vermögen sie zu erzeugen. Das Kalkskelet ist dabei meist von unzähligen Oeffnungen und Kanälen durchsetzt, welche von Protoplasma erfüllt sind, das so an die Oberfläche kommt, und das ganze Skelet mit Leibessubstanz überzieht. Dieser äußere Theil hat ganz dieselben Eigenschaften wie der im Innern befindliche. Die Körpermasse schiebt ihre Fäden aus (Pseudopodien), welche Beute einfangen, und sie in ähnlicher Weise verzehren, wie dies oben erwähnt wurde. Der außerhalb der Schale liegende Theil des Thieres empfindet und nimmt also Nahrung auf, um sie durch die Poren dann dem innerhalb der Schale befindlichen Theile des Leibes mitzutheilen. Wegen der zahlreichen Oeffnungen hat man die Thiere als Foraminiferen bezeichnet. Sie sind fast sämtlich Meeresthiere, leben von der Oberfläche an bis hinab in große Tiefen. Bis zu 2400 Faden hat man z. B. Globigerinen gefunden. Durch die Gelehrten des „Challenger“ ist neuerdings wieder bestätigt worden, daß mehrere Formen beständig an der Oberfläche aller Meere der tropischen und gemäßigten Zonen vorkommen, die Skelette der Todten

sinken dann in die Tiefe, und so rührt ein Theil dieser Gehäuse von jenen einst an der Oberfläche vom Spiel der Wellen umher getriebenen Thiere her, während andere wirklich an dem Boden leben mögen, wie ihre Verwandten in geringerer Tiefe.

Die Nummulitenkalle der Cocenperiode bedecken ein ungeheures Gebiet in Mittel- und Südeuropa, Nordafrika, Westasien und Indien. Ihre Hauptmasse besteht aber aus mehr oder minder metamorphosirten Foraminiferen-Nesten, die auf der Oberfläche oder auf dem Grund der früheren Oeane lebten. Die Kreideschichten, welche unter dem Nummulitenkalk liegen, und noch größere Flächen bedecken, sind im Wesentlichen identisch mit dem Globigerinenschlamm, und was sehr wichtig, die darin vorkommenden Globigerinen-Arten sind von den jetzt lebenden nicht zu unterscheiden. Damit ist der Beweis geführt, daß dieselben Wesen durch geologische Epochen hindurch sich erhalten haben durch Fortpflanzung, und daß das Protoplasma der Natur Felsen und Gebirge gebildet hat.

Von der stillen geräuschlosen Thätigkeit dieser Moneren, welche nur die Biologen interessirt, wendet sich die Aufmerksamkeit jenen Wirkungen zu, welche dieses Protoplasma in dem Haushalt der Natur spielt. Es ist hier nur eine einzige Seite erwähnt worden, aber sie ist großartig genug, um die enorme Leistung von Einzelwirkungen beurtheilen zu können. Kleine mikroskopische Mengen einer lebendigen Eiweißsubstanz häufen Schichte auf Schichte erdiger Substanzen, welche gesammelt zusammengetragen und geformt und aufgehäuft wird durch diese unscheinbaren Gallertmassen, die seit den allerältesten Epochen unserer Erde leben. Wenn das Eozoon canadense, wie es den Anschein hat, nichts ist als eine krustenbildende Foraminiferenform, so ist die Existenz verwandter Organismen bis auf eine Zeit zurückverfolgt, welche weit vor derjenigen zu setzen ist, aus der uns sonst Spuren von lebenden Wesen vorliegen. Es wäre also recht wohl möglich, wie Wyville Thomson

vermuthet hat, daß die ungeheuer mächtigen „azoischen“ Schiefer und andere Gesteine, welche die laurentische und cambrische Formation bilden, zum großen Theil die metamorphisirten Erzeugnisse Foraminiferen-Lebens sind. Dann wären die Worte Linne's buchstäblich wahr: „Petrefacta non a calce, sed calx a petrefactis. Sic lapides ab animalibus, nec vice versa“.

Möglich, daß es keinen Theil der gewöhnlichen Gesteine, welche in der Erdrinde vorkommen, gibt; der nicht zu einer oder der anderen Zeit durch Protoplasma hindurch gegangen ist, allein noch immer bestehen erhebliche Zweifel, und noch fehlt die große Masse jener Beweise, welche allein genügend ist, eine Annahme von solcher Tragweite als berechtigt erscheinen zu lassen.

Das Protoplasma fällt aber nicht allein für die Lebensprozesse des Thierreichs und des Menschen ins Gewicht, sondern auch für dasjenige des gesammten Pflanzenreichs. Hugo von Mohl, der Botaniker, hat das Protoplasma im Innern der Pflanzenzelle entdeckt und mit diesem Namen benannt. Er hat die große Rolle dieser lebendigen Urmaterie sofort klar erkannt. Auch innerhalb des Pflanzenreichs hat der Satz allgemeine und unbedingte Gültigkeit: „Ohne Protoplasma kein Leben.“ Das Wachsthum der niedersten Bacterie, die so klein ist, daß sie mit unsern schärfsten Mikroskopen erst an der Grenze des Sichtbaren auftaucht, wie das Wachsthum der Riesen unserer Wälder, ist allein möglich durch das Protoplasma und seine ihm inwohnenden Kräfte. So wird es auch bei den Pflanzen der Angelpunkt für die Physiologie alles dessen, was grünt und sproßt. Auch dort gibt es niedere Formen, welche das durchsichtige Protoplasma nackt, ohne Hülle beobachten lassen, das ebenfalls kleine Körnchen in seinem Innern besitzt. Da sind u. A. die Myxomyceten, welche de Bary durch seine Untersuchungen hierfür in den Vordergrund gerückt hat.

Sie kommen vorzugsweise an feuchten Stellen vor, auf faulenden Blättern, im Moos, im Loh der Gerber. Verschiedene

Repräsentanten dieser Familie lassen Erscheinungen beobachten, welche vollständig jenen der Amoeben gleichen. Da treten gleichfalls lebhaft, selbstständige Bewegungen auf, Wellen schreiten durch die weiche Substanz fort; die kleinen Körnchen rollen durcheinander wie von einer unbekanntem Macht getrieben. Dabei werden Fortsätze ausgestreckt und wieder zurückgezogen, und endlich verläßt die ganze Masse ihr Lager, und begiebt sich an eine andere Stelle — genau so wie eine Amoebe.

Am bekanntesten sind in dieser Hinsicht die Wanderungen des gelben Hohlpilzes, *Etalium septicum*, der Abends aus der Tiefe seines Lagers schlüpft, und am Morgen vielleicht an der Decke des Gewächshauses hängt. Er klettert an der Wand oder irgend welcher Einrichtung in die Höhe — ein Beispiel spontaner Bewegung überraschendster Art.

Das fließende und gleitende Protoplasma der Schleimpilze mischt sich ebensowenig mit Wasser, wie dasjenige der Amoeben. Von ihrem feuchten Standort losgelöst, lassen sie sich leicht unter geeigneten Umständen züchten, also zur Entwicklung neuer Pilze antreiben, und mit Hilfe des Mikroskopes dabei beobachten. Auch sie entbehren, wie ihre thierischen Verwandten einer Haut, einer abschließenden Grenzschihte, und dennoch wird ihre Substanz so lange sie leben, nicht vom Wasser aufgelöst.

In ihrem Protoplasma steckt nicht minder jene überraschende Selbstständigkeit und jene Widerstandsfähigkeit gegen die Einflüsse des stärksten Lösungsmittels gegen diejenigen des Wassers. Es antwortet auch auf Inductionsströme. Bei schwachen Schlägen bleiben die sonst im Fluß befindlichen Körnchen festgebannt an ihrem Platz. Ist die Reizung nur schwach gewesen, so beginnt nach kurzer Zeit das Spiel der bewegten Körnchen. Wie Kugeln rollen sie dahin, um von dem nächsten Blitz, den der Beobachter ihnen zusendet, aufs Neue ihren Lauf zu unterbrechen. Ueberschreitet aber der Blitz eine bestimmte Stärke, so tritt

völlige Ruhe ein, der Schleimpilz, das vorher noch lebendige Protoplasma, bleibt als eine todte unbewegliche Masse zurück und wird der Tummelplatz der zerstörenden Kräfte der Natur.

Diese einfachsten pflanzlichen Organismen besitzen also auch, gerade wie die Thiere, die fundamentalen Eigenschaften in ihrem Protoplasma: Bewegung und Reizbarkeit, sie wachsen und nehmen Stoffe auf. Mag die Masse so groß sein, daß sie mit freiem Auge sichtbar ist, oder nur mikroskopische Dimensionen besitzen, niemals herrscht Ruhe in ihr, so lange sie lebt. Ihre Theile sind in beständigem Umschwung begriffen und vermitteln dadurch jene Erscheinung, die wir „Leben“ nennen.

Was hier, an dem für die Untersuchung so vortrefflich geeigneten freien Protoplasma festgestellt wurde, läßt sich auch an den in den Pflanzen- und Thierkörpern eingeschlossenen Zellen nachweisen. Das Studium der Lebensvorgänge hat nicht allein ihr Verständniß bei den elementar gebauten Organismen erleichtert, sondern ganz bedeutend zur Aufklärung der Prozesse in den complicirten Wesen beigetragen. Die Zusammenziehung des Muskels, die Absonderung der Drüsen, der Einfluß des Lichtes und der Elektrizität ja selbst die Berrichtungen des Nervensystems sind unserer Auffassung näher gerückt; denn die Grundphänomene sind, wie die Uebersicht der vorliegenden Resultate ergibt, überall im Bereiche des Lebendigen, durchaus dieselben. Bei ruhiger Prüfung dieser einzelligen Wesen beider Reiche fällt so Schranke für Schranke, und der Satz ist kaum anfechtbar, daß die Abgrenzung fehlt.

So hat man aus diesen Erfahrungen den Schluß gezogen, daß auf einer bestimmten Stufe der Organisation der Unterschied zwischen Thier und Pflanze aufhöre, daß es ein neutrales Gebiet gebe, innerhalb dessen die Merkmale des einen Reiches allmählich in diejenigen des andern übergingen. Dieses Reich niederer Organismen, der Protisten wäre einem großen, lebendigen, wimmelnden Urbrei vergleichbar, der überall auf der Erde in kleinen

und größeren Massen verbreitet vorkäme, und aus dem einst im Beginn der Schöpfung die verschiedenen Arten des Thier- und Pflanzenreiches ihren Ausgang genommen. Im Anschluß daran erklärt sich die Divergenz der Arten hier wie dort. Wie jeder Punkt einer Linie von dem entsprechenden der andern um so weiter entfernt ist, je ferner er dem gemeinsamen Ausgangspunkt, so fänden sich auch die Verschiedenheiten in beiden Reichen um so bedeutender, je mehr man sich von den niederen Zuständen den höheren zuwendet.

Gegen diese wichtige Voraussetzung ist kein begründeter Einwurf möglich. Allein sie legt die schwere Verpflichtung auf, die Grenze zu bestimmen, an der die Pflanze aufhört und das Thier beginnt. Trotz der bestehenden Gleichheit darf man doch die Unterschiede nicht aus dem Auge lassen. Bisher wurde, theilweise unter dem Einfluß der Descendenztheorie diese bedeutungsvolle Aufgabe im Ganzen wenig ins Auge gefaßt, in der letzten Zeit ist aber eine Frage aufgetaucht, welche die Entscheidung etwas brennend gemacht hat, nämlich das Vorkommen von Blattgrün in Thieren.

Bis in die jüngsten Tage schien es kaum zweifelhaft, daß gewisse niedere Thiere selbsterzeugtes Chlorophyll enthalten, das vollständig demjenigen der Pflanzen entspricht. Selbst hochorganisirte Wesen sollten Chlorophyll gerade so wie Pflanzen in ihrem Körper erzeugen! Dabei war überraschend, daß nicht etwa ein bestimmter Theil des Körpers diese hervorragende Fähigkeit besaß; alle Organe schienen mit einer Eigenschaft ausgerüstet, die als ein hervorragender Charakter nur bei den Pflanzen festgestellt war. Sie erschienen als wie centaursche Wesen, halb Thier und halb Pflanze. Mit besonderer Vorliebe deutete man gerade auf sie hin als auf Organismen, welche noch etwas von jener Uebergangsstufe an sich trügen aus jener Zeit, in welcher das allmähliche Werden erfolgte.

Es fehlte freilich nicht an Widerspruch. Vor allem wurde

geltend gemacht, die grüne Farbe an sich beweiße gar nichts. Da fand sich aber eine grasgrüne Planarie an der Betragner Küste (*Convoluta Schulzii*), welche Sauerstoff im Sonnenlicht ausschied. Später stellte sich heraus, daß die grünen Zellen in den Thierleibern auch eine derbe Cellulose-Membran besitzen, gerade wie die Chlorophyllkörperchen. Höchst auffallend war es freilich und erregte Nachdenken, daß der protoplasmatische Inhalt auch einen Kern besitze. Als sodann ihre Vermehrung durch Theilung beobachtet, und es sich dabei herausstellte, daß eine successive Spaltung in zwei und mehr Theile stattfinde, war kein Zweifel mehr erlaubt; die grünen Körperchen der Thiere enthielten nicht nur Chlorophyll, sondern sie waren überdies auch echte Zellen und morphologisch, was das höchste Erstaunen hervorrufen mußte, mit einzelligen Algen identisch.

Chlorophyll für sich allein war in den Thierkörpern nicht allzu auffallend erschienen. Bedenklicher war schon die Zellennatur dieser Elemente, denn bei Pflanzen sind diese grünen Kügelchen nicht als Zellen anzusehen; die Theilung endlich widersprach geradezu den Voraussetzungen jener Verwandtschaft.

Mit der Entdeckung der Zellennatur und der Theilung war man an einem Punkte angekommen, der mehr neue Räthsel brachte, als vorhandene löste. Was konnte es bedeuten, daß diese Pigmentflecken sich auch noch theilten? Das stand in grellem Gegensatz zu dem Verhalten des gewöhnlichen Blattgrüns, und zu allem, was man von dem Verhalten der im Thier sonst abgelagerten Pigmentschollen wußte. Da öffneten die Untersuchungen von Cienkowski eine neue Bahn für das Verständniß dieser eigenartigen grünen und gelben Farbenflecke. Er beobachtete nämlich an Radiolarien, daß die gelben Zellen (von *Collozoum inerme*), welche offenbar die Schwestern der grünen und völlig gleicher Herkunft und Beschaffenheit waren, fortleben und sich vermehren, auch wenn das Radiolar abgestorben und die Centrankapsel und das umgebende Protoplasma

schon völlig zerstört waren. Es entwickelt sich um die gelben Zellen eine Schleimmembran, dann wird die Zelle durch amoeboiden Bewegungen frei und theilt sich. Jetzt lag die Vermuthung nahe, daß diese gelben und grünen Zellen gar nicht zu den Thieren gehören, in denen sie gefunden werden, daß sie keine Bestandtheile des Radiolarienkörpers, sondern selbstständige Wesen, einzellige Algen sind, welche sich in diese Thiere einnisten, um sich hier ungestört fortzupflanzen. Andere Beobachter machten gleiche Wahrnehmungen und gleiche Folgerungen, deren Richtigkeit in der allerjüngsten Zeit durch B. Braudt bestätigt wurde, welcher die gelben Zellen zwei Monate den Tod ihres Wirths überleben sah und ferner bemerkte, daß sie in den Nesten der Radiolarien ganz in derselben Weise fortleben, wie in zu Grunde gegangenen Exemplaren. Sie leben wochenlang munter fort und vermehren sich. Diese Erscheinungen stimmten selbstverständlich noch weniger mit der Vorstellung überein, die man sich auf Grund naturwissenschaftlicher Erkenntniß über Zellen eines Organismus machen konnte. Wir wissen zwar, daß der Thierkörper aus Zellen aufgebaut ist, und daß dieselben, auch fest eingesügt in das lebendige Triebwerk des Organismus, einen bestimmten Grad von Selbstständigkeit besitzen; es ist auch bekannt, daß mit dem Tod des Thieres nicht alle gleichzeitig sterben, sondern daß einzelne bisweilen stunden-, selbst tagelang den Tod des Gesamtwesens überdauern. Allein es stand mit Allem, was wir vom Werden und Vergehen von Organismen kennen, im Widerspruch, daß untergeordnete Zellen, die mit der Erhaltung der Spezies in gar keinem Zusammenhang stehen, wochen- und monatelang fortleben, sich vermehren, kurz, sich als selbstständig gewordene Theile des untergegangenen Thieres erhalten können. So wurde mehr und mehr klar, daß die Chlorophyllkörperchen nicht zu den Thieren, in welchen sie angetroffen werden, gehören können.

Jetzt fehlte nur noch ein Glied, um die Kette zu schließen.

Es mußte gelingen, diese nach dem Tode des Thieres freigeordneten grünen Körperchen sich in Algen, also in Pflanzen umwandeln zu sehen. Auch diese Beobachtung gelang bei Infusorien. Da noch mehr, es ließ sich sogar ihre Theilung im Innern des Thieres verfolgen. Damit war klar erwiesen, daß diese Chlorophyllkörperchen eigentlich Algen und als solche den Thieren fremde Organismen sind, die nur zeitweise in ihnen Aufenthalt nehmen. Sie gehören also zu dem großen Haufen jener pflanzlichen Wesen, die bisweilen ein parasitisches Dasein führen, wenn man das Wort „Parasit“ in dem weitesten Sinne des Wortes auffaßt. Die grünen Algen existiren in ihren Wirthen ganz nach Art freilebender selbstständiger Pflanzen, sie verlieren niemals die Fähigkeit, sich zu vermehren, kurz sie behalten alle ihre Eigenschaften, wenn sie auch zeitweise im Innern von Thieren ihren Wohnsitz aufschlagen. Nach und nach ward es erst offenbar, daß hier nicht Uebergänge vor uns liegen, nicht uralte Verwandtschaften zwischen Thier und Pflanze, sondern fertige Organismen — vollgültige Vertreter beider Reiche, die mit einander leben können, doch nicht nothwendig mit einander leben müssen.

Der Zusammenhang der beiden Reiche lebender Wesen beruht, das lehrt diese mühevollen Reihe von Untersuchungen, in viel geheimer und tiefer liegenden Eigenschaften, und die Ueberlegung hat dennoch irre geführt, als sie einst meinte, die Verwandtschaft könnte sich auf äußerlich so leicht erkennbare Verhältnisse erstrecken.

Die Bewegungen des Protoplasmas hier wie dort mögen noch so überraschende Gleichförmigkeit zeigen, die Elektrizität und das Licht und chemische Substanzen auf beide Arten für unsere Wahrnehmung noch so übereinstimmend wirken, trotz dieser physiologischen Identität bleibt die lebendige Substanz der Pflanzenzelle verschieden von derjenigen des Thieres noch in den niedersten Formen. Noch niemals ist es gelungen, eine der gesuchten Uebergangsformen zu entdecken.

Wie lange glaubte man nicht auf die Diatomeen hinweisen zu können. Die Botanik und die Zoologie nahmen sie für sich in Anspruch. Bald neigte sich der Sieg nach der einen, bald nach der andern Seite. Heute sind sie endgiltig für Pflanzen erklärt. Durch die außerordentliche Aehnlichkeit in der Form der Bewegung und den besonderen hierfür vorhandenen Organen konnte man einst irgeleitet werden, die Schwärmsporenbildung als eine Entwicklung von Thieren aus pflanzlichen Organismen zu deuten. Man glaubte dem Geheimniß der Schöpfung eines thierischen Wesens direkt nahe zu sein. Aber die Hoffnung, die Pflanze in dem Momente der Thierwerdung belauscht zu haben, hat sich als verfrüht herausgestellt. Es war ein verzeihlicher Irrthum, dessen Mutter die Vorstellung von der Verwandtschaft zwischen Thier und Pflanzenreich war. Allein die Natur hat sich noch niemals bei einer dieser Thaten belauschen lassen, sie spielen sich entweder geheimnißvoll und in tiefster Verborgenheit ab, dort wo noch nie ein beobachtendes Auge hindrang, oder sie haben sich einst, vor Aeonen ereignet, und wir erleben nur das Schauspiel ewiger Wiedergeburt des schon Vorhandenen.

Selbstverständlich bedurfte es langer Arbeit, um das, was heute als eine Consequenz unserer biologischen Kenntnisse über die Vorgänge in der lebendigen Natur erscheint, durch genaue Beobachtung zu erhärten. Alle Naturwissenschaften haben hierfür ihre Kräfte geliehen und die Geschichte dieser Entdeckungen gibt ein vollkommenes Bild von dem Zusammenhang aller Forschungszweige. Da haben sich die Zoologie, und die Chemie, die pathologische und die normale Anatomie, die Physiologie u. s. w. die Hand gereicht zu gemeinsamer Arbeit.

Eine besondere Schwierigkeit lag u. A. darin, den Beweis zu liefern, daß die festen Zellenmembranen, in welche das Protoplasma sowohl bei Pflanzen und Thieren eingeschlossen ist, weder die Stoffaufnahme hindere, noch irgendwie die Wirkung

auf die benachbarten Zellen. Es war unerlässlich, zu zeigen, daß die lebendige Substanz, gleichgültig ob sie wie die Amoeben offen daliege, oder von einer Membran umschlossen sei, wie bei den ächten Zellen, dennoch die Fähigkeit der Wirkung in die Ferne besitze. Es hat sich herausgestellt, daß diese Membranen nicht isolirend wirken. Ohne direkten Contact mit der Außenwelt empfängt die lebendige Materie im Innern dennoch Reize von außen und zwar aller Art, und wirkt wieder zurück. Denn diese Membranen sind permeabel; als eine aus dem Protoplasma hervorgegangene Hülle lassen sie Diffusionsvorgänge aller Art geschehen von flüssigen wie von gasförmigen Substanzen. Durch diese Erfahrungen werden die Amoeben wiederum gleichsam Maasstab und Vergleich für die physiologischen Vorgänge innerhalb der Zelle. Denn die Vorgänge an unsern Muskeln erinnern an solche bei den niederen Thieren und Pflanzen. Wenn die Erscheinungen nicht bloß ähnlich, sondern wie es in der That der Fall ist, sogar direkt miteinander vergleichbar sind, so hat das darin seinen Grund, daß sich die schaffende Natur von der Stufe der einfachsten und einzelligen Wesen allmählig erhebt zu höheren Formen. Zelle reiht sich an Zelle und Millionen finden sich in einem einzigen Wesen vereinigt, bei den Pflanzen wie den Thieren. Jede derselben oder jede Gruppe übernimmt dann eine besondere Aufgabe. Alle stehen dabei aber doch im Dienste der Einheit trotz individueller Unabhängigkeit³⁾. Wie der Bürger sammt seiner Familie in das Gemeinwesen eingefügt ist, ähnlich die Zelle in den Organismus. Hier wie dort ist dabei das Prinzip der Arbeitstheilung maßgebend. Je höher der Organismus, desto vollendeter die Gliederung. Wie die bewaffneten Männer eines Landes für den Schutz besonders organisiert sind, so hat auch der Organismus, namentlich der Thiere Zellenmassen — Organe zur Wehr. Andere Zellen sind umgewandelt und stellen die Wege dar, auf denen der

Transport des Nährmaterials geschieht, das selbst wieder durch besonders organisirte Elemente verbreitet wird. Da sind ferner besondere Zellen, Nervenzellen vorhanden, welche vorzugsweise die Reizbarkeit und die verschiedenen Qualitäten von Empfindung und Bewußtsein vermitteln, hin bis zu jener Stufe, die wir bei dem Menschen Selbstbewußtsein nennen. Dienen viele dem nämlichen Zweck, dann entsteht ein Organ, das, wie das Gehirn sich zur beherrschenden Macht des ganzen Organismus aufschwingt, soweit es die Eigenart der übrigen Elemente erlaubt und möglich macht. So gewaltig sein Einfluß, viele Organe haben sich beinahe völlig seiner Herrschaft entzogen. Das Herz vermag weder der lebhafteste Wunsch noch der energische Willensimpuls zum Stillstand zu zwingen. Ja das Gehirn selbst ist nicht immer Herr all der Zellen und ihrer Thätigkeit. In ihnen wird, das läßt sich bei dem heutigen Stand unserer Kenntnisse annehmen, die Summe der Eindrücke aufbewahrt, welche durch die Sinnesorgane und die Nerven zugeführt werden. Wir kennen sogar das Gebiet der Großhirnoberfläche, in welchem nach den eingehenden Untersuchungen Munk's⁴⁾ u. A. die Bilder aufbewahrt werden, welche die empfindliche Netzhaut von den Objekten der Außenwelt empfängt. Im dunkeln Schooß des Gedächtnisses ruhen sie, bis sie auf dessen Geheiß über die Schwelle des Bewußtseins heraufsteigen und vor unserem geistigen Auge wieder erscheinen.

Hier zeigt sich das Protoplasma willig und gehorsam, aber wie dann, wenn die Bilder ungerufen erscheinen? wenn ohne unser Zutun, ja selbst gegen unsern Willen die Gestalten auftauchen und sich nicht mehr von der Bildfläche unseres Geistes verdrängen lassen? Erscheint hier nicht ein Maaß von Unabhängigkeit, das bis zu offener Empörung sich verliert? Es giebt in der Physiologie wenige dunklere Punkte als die Verdoppelung unseres Ich, das in dieser einfachsten Form uns hier erscheint. Werden diese Erinnerungsbilder schmerzlich dadurch,

daß sie unser ganzes Sein erschüttern, so lautet der weise Rathschlag, man solle sie unterdrücken. Wir ziehen dann mit etwas, das aus dem Gehirn stammt, gegen das zu Felde, was aus denselben Quellen entsprang — wir kämpfen gegen ein Etwas in uns, und doch ist das was kämpft, und das was bekämpft wird ein Theil desselben Subjektes. Der Ausgang dieses inneren Kampfes erfolgt in den meisten Fällen zu Gunsten des eigentlichen uns bekannten Ich, und die wachen Träume schweigen, die Zellen unterbrechen ihre Arbeit, aber es bedurfte eines Kampfes, um die Revolte zu unterdrücken.

Die Selbstständigkeit der Zellen ist selbst dann noch zu erkennen, wenn wir uns im Vollbesitz unseres Herrschergefühles glauben. Man vergleiche die Stimmung, wenn ein Becher feurigen Weines durch unser Blut kreist, wenn der Alcohol die Nervenzellen belebt. Die heitere Laune, die der Sorgenbrecher verbreitet, ist bekannt, er verscheucht den Gram, er lindert — was? — vielleicht den trägen Lauf der Moleküle, den der Trübfinn hervorbrachte, beseitigt ein Hinderniß, er löst vielleicht chemische Verbindungen, die im Innern der Zellen stattgefunden und die freie Bewegung der Protoplasmatheilchen hemmten. Wir wissen darüber noch nichts, und es ist kaum zu hoffen, daß diese Vorgänge allerfeinsten Art jemals mit unsern Mikroskopen irgendwie genauer festgestellt werden, oder daß Bewußtsein in seiner einfachsten Form jemals in der Anordnung oder der Bewegung der Moleküle sich nachweisen lasse. Gleichwohl liegt ein unverkennbarer Gewinn für das ganze Verständniß nicht allein der niederen Funktionen der lebendigen Materie, sondern auch der höchsten, der geistigen darin, daß wir Empfindung und Willen an Zellen und ihren Inhalt, an das Protoplasma gebunden sehen.

In allerjüngster Zeit sind an Zellen höher organisirter Thiere Aufschlüsse gewonnen worden, welche andern nach einer Seite hin nicht minder bedeutungsvoll zu werden scheinen.

Sie betreffen die Vermehrung der Zellen, und zwar nicht bloß bei der ersten Entwicklung eines Thieres aus dem Ei, sondern auch in dem erwachsenen Organismus. Wie in dem Ei, so kommt es auch in dem Innern einer jeden Zelle zu einer vollständigen Umlagerung der einzelnen Theile, sobald die Vermehrung geschehen soll, und namentlich theilhaftig sich daran auch der Kern. Durch den gleichmäßigen Körper dieses elementaren Gebildes zieht eine geheimnißvolle Bewegung, es tauchen dichtverschlungene dunkle Bänder auf, die sich zu einer zierlichen und sternförmigen Rosette ordnen. Diese trennen sich, der entstandene Doppelstern bildet zwei neue Anziehungspunkte, um welche sich das Protoplasma aufs Neue concentriert. Nach einiger Zeit vollendet sich die Scheidung der Zelle in zwei, und jede derselben besitzt wieder den schon seit lange bekannten Kern. Bei der Entstehung einer neuen Zelle wiederholen sich dieselben Erscheinungen. Wieder beginnt der Kern nach kurzer Ruhepause eine vollständige Umformung seiner Theile, gerade so wie bei der ersten Theilung in dem Ei. Nachdem nun derselbe Prozeß bei dem Aufbau jedes Wesens eintritt, also schon die ersten Entwicklungsprozesse in dem Ei begleitet, so erscheint er in allen späteren Zellen-Generationen als ein unerläßlicher Akt, der mit hartnäckiger Beharrlichkeit immer wiederkehrt und jede Zelle zwingt, sich nach denselben Regeln zu vermehren. Alle erben dieselbe Art der Vielfältigung, und können keinen anderen Weg, soviel bis jetzt bekannt ist, einschlagen. Wir sind noch weit davon entfernt, den Grund dieser seltsamen Fadenfiguren und Doppelsterne zu verstehen, die ganze Prozedur ist sogar für unsere Beurtheilung schwerfällig und schleppend, gleichwohl erhält sie eine enorme Bedeutung, dadurch, daß auch die Pflanzenzellen auf dieselbe Art sich vermehren. Damit wächst der Werth dieser Thatsache bis in's ungemessene, denn wir stehen vor einer Erscheinung, der wie einer universellen Regel, alle aus einer Zelle geborenen Wesen, Thiere und Pflanzen, gehorchen müssen. Denn

wenn sie von dem Menschen an durch die Reihe der Säugethiere, Vögel, Reptilien, Amphibien und Fische ihre Herrschaft übt, wenn ihr auch die wirbellosen Thiere hinab bis zu den Seeigeln unterworfen sind, so wiegt diese Thatsache an sich schon schwer genug, und die „Karyokinese“⁵⁾ wird zu einem sichtbaren Zeichen von Uebereinstimmung des Zellenlebens und der Zellenkräfte, wie bis jetzt noch kaum eines bekannt war. Daß die Zellvermehrung der Pflanzen nur unter der Beihilfe dieser „nuclearen Netze“ geschieht, ist ferner ein deutlicher Hinweis, daß die Beobachtung eines der allerältesten Zeichen⁶⁾ jener elementaren Vorgänge belauscht hat, welche allen Lebewesen gemeinsam sind, ebenso wie die Empfindung für Licht und Elektrizität.

Bei all' diesen Ergebnissen unserer Forschung kommt aber ein Umstand in Betracht, der die Langsamkeit des Fortschrittes unserer Erkenntniß begreifen läßt — denn all' das, was hier mitgetheilt wurde, ist mühsam errungenes Stückwerk — der Umstand nämlich, daß, was auch immer um uns herum vorgeht, nur Veränderungen sind, die wir an den Dingen wahrnehmen und daß die Dinge an sich uns dennoch in ihrer Gesammteigenschaft entgehen. Wenn alle Empfindungen und Bewegungen des Moneres, deren äußere Zeichen wir zu beurtheilen versuchen, uns doch noch nicht das Wesen, den letzten Grund all der Vorgänge durchschauen lassen, so darf man sich nicht wundern, wenn wir vor den vollkommeneren Wesen der Schöpfung noch immer wie vor einem geheimnißvollen Schlosse stehen, in dem wir Leben wahrnehmen und aus dem Licht uns entgegenstrahlt. Mit gespannter Aufmerksamkeit beobachten wir, was immer ab- und zugeht, wir berechnen die Zufuhr und deuten den ganzen Verkehr, aber unser Wissen bleibt dennoch Stückwerk und unvollkommener Versuch, der nur langsam zum Ziele führt.

Unsere Kenntnisse sind das Resultat unzähliger Einzelbe-

obachtungen, die sich häufig widersprechen. Bei den höheren Organismen tritt dann die Nothwendigkeit hervor, die Theile aus ihrem Zusammenhang zu reißen, um ihre Eigenschaften studiren zu können. Und während das geschieht, schwindet vor unserm Auge nur allzuleicht das Band, daß alles verbindet und bei dem Versuch, dasselbe wieder herzustellen, laufen wir oft genug Gefahr, an der falschen Stelle unsern Versuch einzusetzen.

Diese Schwierigkeiten sind geringer bei den durchsichtigen Moneren, und deshalb sind sie wie der Frosch, die stillen Freunde nicht allein der Zoologen, nein, alle die sich um das Räthsel des Lebens kümmern, belauschen ihr geräuschloses Dasein. Wenn dabei die Beobachtung immer aufs Neue wieder mit der Bewegung beginnt, mit ihrer Entstehung, und nach den letzten Vorgängen dabei fragt, so rührt dies davon her, daß diese auffallende Thatsache der Ortsveränderung von der Empfindung und von der Ernährung, von beiden gleichzeitig abhängt dort, wie bei uns. Ueberdies fehlt dort ein centralisirendes Nervensystem, dessen Eingreifen für den Beobachter immer Schwierigkeiten bringt. Bei einem Thier dagegen, das einen solchen Apparat nicht besitzt, und bei dem wie bei dem Urthier nur die allgemeine Eigenschaft der Reizbarkeit vorhanden ist, treten die Modificationen des Stoffwechsels als ein tiefgreifender Factor in den Vordergrund. Der leiseste Reiz, mag er durch electriche, mechanische, calorische oder chemische Vorgänge ursprünglich bewirkt werden, berührt immer den Kern der Organisation das vorhandene, mit Reizbarkeit ausgestattete Plasma und erregt den Stoffwechsel. Wenn eine Steigerung des Stoffwechsels in der Amöbe auf irgend eine Veranlassung hin eintritt, so kann sie entweder die ganze Amöbe, oder nur einen Theil derselben betreffen. Ist das erstere der Fall, dann ist die Steigerung vielleicht schon eine gewaltsame, wie bei dem electriche Schlag, welche jedoch wiederum gleichmäßig nachläßt, war sie aber eine krankhafte, die Amöbe vernichtet. Tritt der letztere Fall ein, wobei nur

ein Theil des Thieres erregt wird, so pflanzt sich die Steigerung von dem Punkte, in welchem sie zuerst eintrat, allmählich fort, und verläuft in Form einer Curve. Sie nimmt dabei eine gewisse Zeit in Anspruch. Wie bei der Wellenbewegung findet aber nicht allein eine Hebung und Senkung statt, sondern die Welle schreitet fort. Der Unterschied zwischen Wellenbewegung und der kurzen Stoffwechselcurve in dem Leibesfortsatz einer Amöbe, welche einer Erregung folgt, besteht darin, daß gleichzeitig die Masse selbst ihren Ort verändert. Das Plasma folgt der Bewegung, welche in dem Verbrennungsheerde entsteht, und es wird nach einem bestimmten Punkte hinströmen. Ueberlegen wir, wie die Bewegung in dem Verbrennungsheerde zustande kommt, so gerathen wir zu der Annahme, daß der Drydationsprozeß vorhandenes Plasma zerstört, indem er es in neue, für den Organismus fernerhin unbrauchbare Combinationen überführt. Mit der Steigerung des Verbrennungsprozesses steigert sich die Größe der Bewegung, und immer neue Moleküle werden successive dem Lebensvorgange zum Opfer fallen. Philipp⁷⁾ hat jüngst diese Betrachtungen in sehr eingehender Weise angestellt, und kam dabei zu dem Schluß, spontane amöboide Bewegung entspreche der Bewegung stehender Wellen, freilich mit dem wichtigen Zusatz, daß in Wirklichkeit die theoretische Schwankungsform durch äußere Einflüsse mannigfach modificirt werde. In der That ist aber das Ausstrecken von Pseudopodien mehr als eine Bewegung stehender Wellen, weil der Drydationsvorgang eine Bewegung zur Folge haben muß, soll Flucht oder Angriff überhaupt möglich und damit die Existenz des Wesens gesichert sein. Sieht man von einer reinen Wellenbewegung ab, so lassen sich die vorhandenen Beobachtungen mit den Voraussetzungen in Einklang bringen. Gerade bei den Amöben spielt sich ein fortlaufender Cyklus von evidenten Thatfachen ab, wobei das Muthmaßen des Forschers auf ein Minimum reducirt wird. Man sieht nämlich die sich

ausstreckende Substanz, welche den Fortsatz bildet, zuerst an ihrer Berührungsfläche mit dem Medium, und zuletzt durchgehends eine Veränderung erleiden. Der durchsichtige Stoff hört dann auf zu fließen, wird mehr und mehr durch feine Körnchen undurchsichtig. Zugleich erfolgt eine allmähliche Schrumpfung oder vielmehr ein Zusammenballen des veränderten Fortsatzes. Die lebendige Substanz hat sich contrahirt, die Hauptfunktion, die äußerlich sichtbare Bewegung hat sich vollzogen. Nun gilt es zu wissen, wie diese Lebensäußerung zu deuten ist. Hat eine bloße Umlagerung oder Zusammenschiebung der kleinsten Proto-plasmatheilchen stattgefunden, oder hat der schrumpfende Stoff vielmehr durch Veränderung seiner chemischen Zusammensetzung die sichtbare Kraftleistung vollbracht? Ueber diese Frage geben augenscheinliche Ereignisse willkommenen und unzweideutigen Aufschluß. Gleichzeitig mit den wahrgenommenen Veränderungen im Fortsatz taucht nämlich an dessen Basis ein helles Pünktchen auf, welches sich immer mehr vergrößert bis zu einem ansehnlichen Bläschen, einer sogenannten Vacuole. Ihr Inhalt wird schließlich in das umgebende Medium entleert.³⁾

Es kann kaum einem Zweifel unterliegen, daß Contraction und Zersetzung und das Auftreten des Bläschens wie seine Elimination in einen bestimmten Causalnexuß gebracht werden dürfen. Unter dem Bilde einer chemischen Explosion erscheint jener Vorgang, der innerhalb des Organismus die Spannkraft frei werden läßt.

Diesen eben geschilderten Vorgang in der Amöbe auf andere Organismen, auf Zellen höher organisirter Wesen zu übertragen, können wir nunmehr dem Leser überlassen, freilich mit dem Hinweis, daß durch diese Erörterung das Problem erst angedeutet ist. In dem physiologischen Spiel von Zusammenziehung und Streckung, in der Bewegung lebendiger Organismen tritt es uns gegenüber. Nur schrittweise werden wir vordringen, elementares Leben in all seinen Theilen zu durchschauen, das schon seit

Neonen währt, bei dessen Beurtheilung weder ausschließlich physikalische noch ausschließlich chemische Triebkräfte in Betracht kommen, bei dem vielmehr noch eine durch Vererbung gesteigerte Kraft in jedem Augenblicke zu berücksichtigen ist.

Anmerkungen.

1) Virchow, R., die Cellularpathologie in ihrer Begründung auf physiologische und pathologische Gewebelehre. Berlin. Dieses Buch zeichnet am schärfsten den Einfluß der Zellenlehre auf die biologischen Wissenschaften.

2) In dem todtten Protoplasma werden gefunden Eiweißstoffe, Lecithin, Cholesterin, Kohlehydrate, Kaliumverbindungen, ferner in den Kernen Nuclein. Das Lecithin ist eine phosphorhaltige Substanz, das Cholesterin bekannt als Bestandtheil des Gehirns und der Pflanzensamen, namentlich in Erbsen und Bohnen, dann im Weizen gefunden, in jungen Rosenknochen, Pilzen, in Bierhefe, Mais, im Blut und im Eidotter. Die Kohlehydrate d. h. Fette und Zuckerarten in allen thierischen, namentlich den sich entwickelnden Zellen. Das Kalium findet sich in allen Organismen, auch den einfachsten, und man ist bei dem allgemeinen Vorkommen seiner Verbindungen zu der Annahme gezwungen, daß die Kaliumverbindungen zu den allgemeinen Lebensvorgängen in den Zellen in Zusammenhang stehen.

3) Montgomery. Zur Lehre von der Muskelconcentration. Pflüger's Archiv für Physiologie. Bd. XXV. Er hat ferner in einer Reihe interessanter Artikel die Frage erörtert: sind wir Zellenaggregate? Offenbar ist eine Diskussion hierüber berechtigt, sobald der Satz mit Nachdruck immer wieder betont wird, daß der Menschen-, der Thier- und Pflanzenleib aus Zellen aufgebaut sei, welche einen bestimmten Grad von Selbstständigkeit besitzen. Allein trotz der Einheit jedes höheren Organismus hat jede Zelle dennoch ein gewisses „Ich“, dieses Resultat der gesammten biologischen