

Die Weltanschauung  
der  
modernen Naturwissenschaft.

Von

PROF. JOS. LOSCHMIDT.

Zwei Vorträge, gehalten am 9. und 16. December 1867.



## I.

Fast an der Schwelle der Geschichte unserer Naturkenntnisse treffen wir auf einen Mann, welcher, wie kaum jemals Einer, das gesammte Wissen seines Zeitalters in sich aufgenommen.

Es ist Pythagoras aus Samos, der Erste, welcher sich als einen Freund der Weisheit, als Philosophos bekannte. Nach langjähriger Pilgerfahrt zu den uralten Culturstätten des Orientes, Theben in Ober-Egypten und Babylon in Chaldæa nach Griechenland zurückgekehrt, widmete er eine lange, rastlose Lebenszeit — bis in sein hundertstes Jahr — der Pflege und Vermehrung der heimgebrachten Kenntnisse. Die Fragen, welche er im Kreise seiner Schüler, der sogenannten Pythagoräer, aufzuwerfen pflegte, sind für alle Zeiten die Fundamentalfragen des menschlichen Wissens geblieben.

Heute nun, wo mir die ehrenvolle Aufgabe ward, vor Ihnen, meine Herren, in kurzen Umrissen darzulegen, wie weit die Menschheit seit jenen Anfängen in der Naturerkenntniss fortgeschritten, möge es gestattet sein, diesen ehrwürdigen Patriarchen der Wissenschaft uns gleichsam im Geiste vorzuführen, aus

seinem Munde sozusagen jene Urfragen zu vernehmen, und zuzusehen, was wir an befriedigenden fertigen Antworten, was an gesicherten Keimen des Erfolges für eine nächste Zukunft aufzuweisen vermögen.

Vor Allem würde derselbe uns wohl jene gewichtigen Fragen vorlegen: Woraus ist Alles geworden? Was ist der Geist? Gibt es eine Fortdauer nach dem Tode, und wenn ja, was ist es mit der Seelenwanderung? Waltet über den Menschen das Schicksal als *εἰραρπύενη*, d. i. als unabänderlich den Lebenslauf vorzeichnend? Woher ist das Menschengeschlecht gekommen? u. dgl. m.

Hier müssten wir freilich bekennen, dass man zwar löblicher Weise seit 2000 Jahren nie aufgehört habe, diese Fragen zu wiederholen, sie nach allen Seiten zu drehen und zu wenden, dass wir aber mit der Beantwortung bis heute im Ganzen nicht sonderlich weiter gekommen seien als das grosse Priestercollegium im hundertthorigen Theben.

Wir würden vielleicht nebstbei den grossen Mann bescheiden erinnern, dass es seiner Zeit gewisse Fragen gab, welche ausserhalb des Kreises der Eingeweihten zu verhandeln nicht erlaubt war, und hinzufügen, dass es auch noch heute für schädlich erachtet werde, über gewisse Fragen öffentlich zu reden, — schädlich für die Zuhörer, wie die Einen meinen, besonders schädlich für den Redner, wie andere weise Männer behaupten.

Sprechen wir daher, o Pythagoras, lieber von etwas Anderem!

Sprechen wir vor Allem über die Natur der sinnlichen Dinge, — hier sind wir in der That, ohne Selbstüberhebung dürfen wir es gestehen, ganz erheblich vorwärts gekommen.

Zwar von kurzen fertigen Antworten können wir nur Weniges bieten, und wenn man uns boshafter Weise fragte, ob wir denn wüssten, was ein Strohalm ist, in der Erwartung, etwas Genaueres zu erfahren über die stille Macht, welche ihn aus dem Schosse der Erde hervorgetrieben, ihn befähigte, das nährenden Korn zu erzeugen, wir müssten in der That gestehen, nicht zu wissen, was ein Strohalm sei.

Aber wenn du Geduld hast, hoffe ich dir doch so Manches darlegen zu können, dem du deine Anerkennung nicht versagen wirst.

Vor Allem muss ich bemerken, dass jene einfachen Fragen, die deiner Zeit die allerersten und allerleichtesten zu sein schienen, dieses durchaus nicht sind, dass eine Unzahl anderer, und zwar sehr schwerer Fragen vorausgelöst werden mussten. Es ist eine lange Zeit und eine unermessliche Arbeit verloren gegangen, bis man die richtige Folgeordnung der Fragen, und die richtige Art der Fragestellung entdeckte. Schliesslich aber ist es uns gelungen, und wir haben nun als theure Frucht eines endlosen Bemühens zuletzt die geeignete Art des Vorgehens aufgefunden, und sind nun mehr im Besitze einer wissenschaftlichen Methode, die

langsam vordringt, aber in diesem ihrem Vordringen absolut unwiderstehlich ist.

Und wenn dir deine Thebischen Priester von ihrer ergrauten Wissenschaft sprachen, deren Alter nach Jahrtausenden zähle, und unsere heutigen Egyptologen geben ihnen das Zeugniß, dass sie Wahrheit sprachen, so können wir dich versichern, dass du bei einer abermaligen Wiederkehr nach nur tausend Jahren von deinen grossen Fragen kaum eine mehr ungelöst finden werdest — wofern eben nicht das Geschick zerstörend in den Gang der Culturgeschichte eingreifen sollte.

Davon hoffe ich mit den wenigen Bruchstücken, die vorzunehmen hier die Zeit gestattet, in der That den Beweis zu liefern.

\* \* \*

Um mit dem zu beginnen, was nach altem Brauch von jeher für das erste galt — die vier Elemente der Alten haben wir durch Spaltung bereits auf fünfundsechzig gebracht. Wir haben zudem die wohlbegründete Hoffnung, dass es gelingen werde, diese Spaltung noch weiter zu treiben. In dieser Leistung tritt das Wesen sowie die Macht unserer Methoden recht deutlich vor Augen. Es zeigte sich nämlich bei schärferem Zusehen, dass die vier alten Elemente sozusagen von selbst in ihre Bestandtheile zerfielen, als man sie unter den geeigneten Umständen zusammenbrachte. So wird das

Wasser schon durch starke Hitze allein in Sauerstoff und Wasserstoff zerlegt, leichter gelingt dies in Anwesenheit von Eisen.

Ganz auf dieselbe Weise wird Marmor und Kalkstein durch Erhitzen in Kalk und Kohlensäure zersetzt. Die letztere Zerlegung wurde schon bei den Alten, da sie eben Kalk brannten, vorgenommen. Ja noch mehr, Vitruv erwähnt ausdrücklich, dass der Kalkstein beim Brennen nahe die Hälfte seines Gewichtes verliere. Und doch machte er nicht die Entdeckung von der zusammengesetzten Natur des Kalksteines. Die Alten legten eben zu wenig Gewicht auf die scharfe Beobachtung der Thatsachen.

Um Beobachtungen zu machen, gehört eine ausgebildete Kunst des Sehens hinzu, die aus dem Kalkstein entweichende Kohlensäure ist eben unsichtbar, nur durch besondere Veranstaltung kann sie sichtbar gemacht werden für den aufmerksamen Beobachter. Dies aber gelingt wieder nur durch Zuhilfnahme von mannigfachen Apparaten, Erfahrungen und Handfertigkeiten, welche zusammen das Wesen einer eigenen Kunst — der Scheidekunst — ausmachen.

Doch genügen diese Künste des Versuches und Beobachtens nicht, wenn nicht ein Drittes hinzutritt, das dem sonst planlosen Experimentiren die Richtung vorschreibt, das vereinzelte Wissen zur Wissenschaft zusammenfasst, ein Etwas, das den Alten in unserem Sinne völlig unbekannt war, dieses Etwas ist die Hypothese.

Die Hypothese unterscheidet sich vom Wissen wie die Skizze vom fertigen Bilde, sie ist nämlich der Correctur, der Wandlung fähig. Auf Grundlage der vorhandenen Erfahrung macht man sich eine ungefähre Vorstellung über die Natur und Wirkungsweise der betreffenden Objecte, und benützt diese sogleich dazu eine Frage an die Natur zu stellen, welche durch den anzustellenden Versuch beantwortet werden soll.

Eine Hypothese, die zu solchen Fragen keinen Anhaltspunkt bietet, würde in den Augen der Naturforscher nur einen sehr relativen Werth haben, welche andere Vorzüge sie auch aufweisen möchte. Fällt der Versuch derart aus, dass er mit der Hypothese im Widerspruch steht, so wird letztere keineswegs sogleich verworfen, sondern einer Correctur unterzogen und nun neue Versuche ersonnen, welche die Correctur bestätigen oder andere Correcturen herbeiführen sollen. So wird fortgefahren, bis die Hypothese keinen sicheren Beobachtungen widerspricht, während sie zugleich sich ausweitert, bis im Verlaufe aus einigen Sätzen ein verzweigtes Ganze geworden ist, das sich über ein mehr oder minder weites Gebiet der Wissenschaft erstreckt.

Der wesentliche Unterschied zwischen einer solchen naturwissenschaftlichen Hypothese und der einer Ansicht der alten Naturphilosophen springt in die Augen. Letztere, von einem genialen Geist ersonnen, ward sogleich in's Detail ausgearbeitet, gewann begei-



sterte Anhänger, die sie von A bis Z mit allen Details hartnäckig vertheidigten, während fanatische Gegner sie aufs heftigste angegriffen; unterlag sie diesen Angriffen, so ward sie begraben, und im Archive der Geschichte der Philosophen verzeichnet.

Im schroffen Gegensatze zu diesem Vorgehen haben wir innerhalb der Naturwissenschaft wiederholt erlebt, dass zwei entgegengesetzte Hypothesen von zwei Partheien aufgestellt, hartnäckig festgehalten, aber zugleich ebenso emsig verbessert und ausgebildet worden, bis ein Unbefangener, ausserhalb der Streitenden Stehender, eines Tages zum allgemeinen Staunen zeigte, dass nunmehr beide Hypothesen im Wesentlichen zusammenfielen. Die Lehre von der Entstehung des galvanischen Stromes ist das bekannteste Beispiel innerhalb der letzten Jahre.

Uebrigens hat die Naturwissenschaft so mancher verlassenen Ansichten alter philosophischer Systeme wieder hervorgeholt und zu Ehren gebracht. Sie hat sie aber auf ihre Weise behandelt, indem sie ihnen jene Biegsamkeit verlieh, welche mit der Umwandlungsfähigkeit organischer Gebilde Aehnlichkeit hat, indem diese bald in leisen Uebergängen, bald in rascher Metamorphose ihre Gestalt wechseln, bald Theile abwerfen, andere ansetzen, alles aber in jenem gesetzmässig bedingten Verlaufe, den die Wissenschaft eben mit dem Worte „organische Entwicklung“ bezeichnet.

Das schlagendste Beispiel dieser Wiedererweckung und Adaptirung einer alten philosophischen Ansicht

von Seite der Naturforschung haben wir in der Lehre des Demokritos und Leukippos von den letzten Bestandtheilen der Materie. Diese unter dem Namen der Atomistik allgemein bekannte Anschauung ist so recht eigentlich zur Fundamentalhypothese der gesamten Naturforschung geworden.

Nach ihr sind die letzten absolut untheilbaren Bestandtheile der tastbaren Materie Kugeln von so ausserordentlicher Kleinheit, dass sie sich jedem auch, mit den schärfsten Instrumenten bewaffneten Sinnesorgan entziehen.

Je nach der Natur des Körpers sind die constituirenden Atome verschieden, und zwar verschieden in Betreff ihres Volumens und ihrer Masse, und verschieden in Betreff der Anziehung und Abstossung, welche dann auftritt, wenn zwei Atome mit einander in Berührung kommen. Diese Anziehungs- und Abstossungskräfte, welche man unter dem Namen Affinität zusammenfasst, sind sozusagen die Seele der Atome, — durch sie werden vor Allem die einzelnen Atome in feste geordnete Gruppen, Moleküle, zusammengefügt, welche wieder die Bausteine jener grösseren sinnlich wahrnehmbaren Gebilde liefern, die wir als Krystalle wegen ihrer Regelmässigkeit bewundern. Ein bekanntes Beispiel sind die Krystalle des Wassers, welche als regelmässige sechsseitige Säulen die Schneeflocken zusammensetzen.

Aber nicht immer legen sich die Moleküle zu starren Gebilden wie die Krystalle aneinander, oft

hängen sie nur lose zusammen und wälzen sich fortwährend durcheinander, d. h. sie bilden Flüssigkeiten. Es erscheint daher nach dieser atomistischen Hypothese eine Flüssigkeit unter dem Bilde eines Ameisenhaufens rastlos durcheinander wimmelnder Einzelwesen: der Moleküle.

Schon lange hatte man als die Moleküle belebend die Wärme erkannt, da nahezu alle Flüssigkeiten durch Entziehung von Wärme in den festen krystalisirten Zustand übergehen.

Im Gegensatze dazu steht die Beobachtung, dass durch fortwährende Wärmeaufnahme die Beweglichkeit der Flüssigkeit fortwährend gesteigert wird, bis die Theile sich gänzlich von einander losreißen und sich als Dampf durch den Raum zerstreuen. Hier fährt jedes einzelne geradlinig fort, bis es an ein anderes Theilchen oder an einen Körper stösst, wo es gleich einem elastischen Körper zurückgeworfen, seine Bewegung in anderer Richtung fortsetzt.

Die Luftarten haben genau dieselbe Constitution, wie die flüssigen Dämpfe, nur lassen sie sich nicht wie jene durch Wärmeentziehung oder Abkühlung in den flüssigen oder gar in den starren Zustand zurückführen.

Wenn man ein Kilogramm Luft in ein Gefäss einschliesst, so werden die Moleküle (Atomgruppen) derselben fortwährend an die Gefässwände anprallen, und auf diese Weise einen Druck von innen nach aussen auf sie ausüben.

Die Gesamtstärke dieser Impulse, also dieser Druck würde derselbe bleiben, wenn man die Moleküle sich immer zu je 2 zusammengefügt denkt, und ihnen ihre Geschwindigkeit lässt.

Auf dasselbe Flächenstück werden dann in einer Secunde statt 1000 Moleküle nur 500 anprallen; da sie aber eine doppelte Masse und die gleiche Geschwindigkeit haben, so bleibt der Effect derselbe. Ebenso könnte man die Moleküle zu 10, ja zu 100 u. s. w. zusammenschmelzen, der Totaleffect, d. h. der Gasdruck, wird dadurch nicht geändert; d. h. der Gasdruck hängt nicht ab von der grössern oder geringern Vertheilung des eingeschlossenen Gases, sondern nur von der Gesamtmasse, d. h. ihrem Gewichte und der Geschwindigkeit ihrer Theilchen; ob diese grösser oder kleiner, ist dabei vollkommen gleichgiltig. Nun kennt man das Gewicht der eingeschlossenen Luft, man kann den Druck, welchen sie auf die Gefässwand ausübt, sehr genau messen. Aus diesen beiden Daten lässt sich aber die Geschwindigkeit der einzelnen Moleküle sehr leicht nach den Gesetzen des Stosses elastischer Körper berechnen.

\* \* \*

Auf diesem Wege hat man gefunden, dass die Theilchen unserer Luft bei gewöhnlicher Temperatur mit der mittleren Geschwindigkeit von 500 Meter per Secunde durcheinander fahren. Man kann damit vergleichen die Geschwindigkeit einer Flintenkugel, welche gleichfalls an 500 Meter per Secunde beträgt.

Obwohl der Gasdruck uns über die Vertheilung der eingeschlossenen Luft keinen Aufschluss geben kann, so finden sich doch andere Gründe, welche für die ausserordentliche Vertheilung derselben sprechen, ja sie annähernd zu berechnen gestatten.

Wenn an dem einen Ende dieses Saales eine Flasche mit riechendem Gas entleert wird, so dauert es immerhin eine geraume Zeit, bis man dasselbe an dem andern Ende durch den Geruch oder durch chemische Reagentien nachweisen kann.

Und doch sollte man bei der enormen Geschwindigkeit der Gasmoleküle meinen, dass sie sich im Bruchtheil einer Secunde durch den ganzen Raum ziemlich gleichmässig vertheilt hätten. Dass dies nicht geschieht, daran ist eben die grosse Zertheilung der Gasmasse schuld. Denn dadurch kommt es, dass ein Molekül jeden Moment einem andern begegnet. Man konnte aus den Thatsachen berechnen, dass es dabei im Mittel nach einem Stosse immer nur eine Strecke von 140 Millionstel des Millimeters sich geradlinig bewegt, bis es mit einem andern zum neuen Zusammenstosse kommt, daher es nur im Zickzack vorwärts zu dringen vermag.

Daraus endlich kann man berechnen, wie viele solcher Luftmoleküle ein Würfel, dessen Seiten ein Millimeter beträgt, einschliesst. Das Ergebniss der Rechnung liefert die erstaunliche Zahl von 866 Billionen Luftmoleküle, die in diesem Raume von der Grösse eines Stecknadelkopfes enthalten sind.

Und dennoch sind die ponderablen Atome nicht die kleinsten Wesen im Universum. Wir werden durch die Thatsachen gezwungen, noch weiter hinabzusteigen in den Abgrund des unermesslich Kleinen, zu Wesen, deren letzte Theilchen sich zu unseren Atomen verhalten wie das Sandkorn zu einem Gebirge, d. h. wie das Atom selbst zu den sichtbaren Körpern.

Es gibt nämlich Räume, in denen absolut nichts Wägbares nachzuweisen ist; wir können derlei Räume im Kleinen künstlich darstellen, und sie existiren in der Natur im riesigsten Massstabe. Die Himmelsräume nämlich sind nur in unmittelbarer Nähe von Planeten und Fixsternen mit wägbarer Materie besetzt, im Uebrigen sind sie von jeder Spur derselben frei.

Diese leeren Räume, sowohl künstliche als auch die natürlichen sind der Schauplatz mannigfacher Licht- und Wärmeerscheinungen.

Nun ist es ein Fundamentalsatz der Naturforschung, dass dort, wo absolut nichts Reales sich befindet, auch keine Erscheinungen irgend welcher Art auftreten können. Daher wird man durch die Thatsachen selbst hingedrängt zur Annahme von Stoffen, welche, verschieden von den übrigen, der Schwere nicht unterworfen sind.

Die Lichterscheinungen aber, zu deren Erklärung diese Stoffe unentbehrlich sind, fordern, dass man annehme, dass sie alle Zwischenräume der sinnlichen Körper, die ja zum Theil durchsichtig und für die mit dem Licht engverwandte strahlende Wärme durch-

gänglich sind, erfüllen, und dass dieselben eine die Atome derselben umschliessende athmosphärenartige Hülle bilden.

Auch von den Erscheinungen des Magnetismus und der Electricität vermuthet man, dass ihre Quelle in der Wechselwirkung zwischen diesen Stoffen, und der ponderablen Materie zu suchen sei. Doch ist man auf diesem Felde noch immer nicht zu einer einigermassen sichern Hypothese gekommen.

Diesen allgegenwärtigen, alldurchdringenden Stoff nennen wir Aether; die Wissenschaft muss es einstweilen dahingestellt sein lassen, ob er aus Atomen einerlei Art besteht, oder ob es auch hier wie bei den wägbaren Stoffen deren verschiedenartige gebe.

Es lege nahe, die ponderablen Atome als geballte Conglomerate des feinern Aethers anzusehen; der Drang nach Einheit, welcher dem Menschengenossen angeboren, hat bereits namhafte Gelehrte zu ähnlichen Ansichten geführt, allein die strenge Wissenschaft hat dieselben zurückgewiesen für so lange, als keine That- sachen vorliegen, welche nach einer solchen Hypothese hindrängen. Und dass ein solches Hindrängen vor Allem gefordert wird, ist eben das Charakteristische der naturwissenschaftlichen Hypothese im Gegensatze zur philosophischen Ansicht.

### **Kraft.**

Doch mit all' dem Vorrathe an greifbarer Materie und ätherischem Stoffe wären wir nicht im Stande,

ein entsprechendes Bild jenes grossen Ganzen zu entwerfen, das wir mit dem Namen Natur bezeichnen.

Diejenige Eigenschaft, welche am nachdrücklichsten zum Nachdenken anregt, und als tiefstes Räthsel erscheint, ist der Wechsel der Form bei gleichbleibender Substanz, das τὸ παντα ῥεῖ der Alten, der beständige Fluss aller Dinge.

Die einfachste Form dieses Fliessens, auf welche sich die meisten, vielleicht im Grunde alle anderen Formen zurückführen lassen, ist die Bewegung. Und zwar zeigt eine auch nur oberflächliche Beobachtung, dass die Bewegung übertragbar ist von einem Körper auf einen andern, gleich einem Fluidum.

So wird beim Stosse die Bewegung vom stossenden Körper auf den gestossenen direct übertragen, so geht bei einem Wasserrade ein Theil der Bewegung des Wassers an die Masse des Rades über. Die theoretische Mechanik lehrt, dass in all' diesen und in ähnlichen Fällen keine Bewegung neu erzeugt wird, sondern dass nur eine andere Vertheilung eines schon Vorhandenen stattfand. Und dieses Etwas, das den Bewegungen zu Grunde liegt wie das Atom der Materie, heisst: **lebendige Kraft**.

Die lebendige Kraft, dieses Substrat des Werdens, ist unzerstörbar wie das Atom, ihre Quantität im Universum ist keiner Vermehrung und keiner Verminderung fähig, sie war vom Anbeginn vorhanden, wie die Substanz vorhanden war.



Aber, sowie das Oel der Lampe verzehrt wird, und dabei Stoff der Vernichtung anheimzufallen schien, bis die Naturwissenschaft zeigte, dass es sich hier um keine Zerstörung, sondern um eine scheinbare Stoffverwandlung handle, dass sich in den freilich unsichtbaren Verbrennungsproducten alle Bestandtheile des Brennstoffes unverkürzt wiederfinden, so kann auch die lebendige Kraft aus der Erscheinung verschwinden, indem sie Wandlungen erfährt, in welcher sie nur durch eine genaue wissenschaftliche Beobachtung verfolgt werden kann.

Und zwar gibt es zwei Hauptformen, in welche die lebendige Kraft eines bewegten Körpers übergehen, und für die oberflächliche Beobachtung verschwinden, und umgekehrt, aus denen sie wie aus einer verborgenen Quelle wieder plötzlich hervorgehen kann.

Das einfache Beispiel einer in Bewegung gesetzten Bleikugel möge dazu dienen, um uns die drei Formen der Naturkraft vorzuführen.

Im ersten Fall, wo wir dieselbe von der Hand geschleudert werden lassen, liegt die einfache Uebertragung von Bewegung aus der in heftige Bewegung gesetzten Masse des Armes vor Augen: es ist eben Uebertragung von lebendiger Kraft als solche von einem Körper auf einen andern. Im zweiten Fall lassen wir die Kugel von einer Windbüchse fortgetrieben sein. Hier ging die bewegende Kraft offenbar von der comprimirten Luft des Kolbens aus, diese aber war

doch in Ruhe, wie konnte sie lebendige Kraft der Bewegung enthalten?

Die neuere Theorie der Gase sagt uns, dass diese Ruhe in der Luft des Kolbens nur eine scheinbare ist.

Wir wissen, dass diese Luft aus zahllosen Atomen besteht, welche mit sehr grosser Geschwindigkeit innerhalb des Kolbens durcheinanderfahren. Solange die Wandung nirgends nachgab, dauerte diese Bewegung ungeschwächt fort, indem die an sie heftig anprallenden Atome mit derselben Heftigkeit von ihr zurückgeschleudert wurden: die lebendige Kraft blieb fortwährend dieselbe. Wie aber ein Theil derselben, die Kugel, nachgab, wurde durch die Stösse ein Theil der lebendigen Kraft der Luft auf die Kugel übertragen, und diese fortgeschleudert. Natürlich muss jetzt die Bewegung der Luft geringer geworden sein, ihre Atome müssen mit geringerer Geschwindigkeit herumgetrieben werden.

Die Physiker, welche sich alle Mühe gaben, diesen nothwendigen Verlust thatsächlich nachzuweisen, haben dabei die merkwürdige Beobachtung gemacht, dass in solchen Fällen die Luft immer eine Temperaturerniedering erfahren habe.

Und diese Wahrnehmung führte zu einer der folgenreichsten Entdeckungen, die im Gebiete der Physik in diesem Jahrhundert gemacht wurden. Einerseits hatte man einen unerklärlichen Verlust an Wärme, andererseits in der Kugel einen unerklärlichen Gewinn an lebender Kraft — was war natürlicher als die An-

nahme: die Wärme der Luft sei eben nichts anderes als die lebendige Kraft jener Bewegung der Atome, und je heftiger dieselben durcheinander fahren, desto heisser nennen wir die Luft.

Es war diese Hypothese eine der fruchtbarsten, sowohl was die Experimente betrifft, welche zu ihrer Feststellung unternommen wurden, als nicht minder durch die weittragenden Folgerungen, die sich für eine Reihe theoretisch und technisch wichtiger Probleme daraus ergaben.

Die prüfenden Versuche haben ausnahmslos zu ihren Gunsten entschieden. Die nächste Folge war die, dass man nun die Wärme nicht nur bei den Luftarten, sondern in der ganzen Körperwelt als lebendige Kraft von hin- und her gehender Bewegung der Atome zu betrachten anfang. Man wusste nunmehr, was Wärme sei. Nicht ein eigener Stoff, wie man früher meinte, sondern eine zweite Form von lebendiger Kraft — von lebendiger Kraft einer Bewegung, die man nicht mit den Augen sehen, wohl aber mit der Hand fühlen, mit dem Thermometer messen konnte. Von absoluter Ruhe konnte von nun an nirgends mehr die Rede sein. Die ganze Natur erschien in neuem Lichte, die starrsten Felsmassen waren nun in ewiger Vibration ihrer kleinsten Theile begriffen. Absolute Ruhe könnte nur ein Körper darbieten, welcher auf 271 Grad Cels. unter Null abgekühlt wäre.

Der höchste Kältegrad, welchen wir bisher künstlich hervorzubringen vermochten, war circa 120 Grad C.

In der Natur finden sich dergleichen extreme Temperaturen nicht.

Aus der reichen Fülle gelöster Probleme wollen wir nur einige hervorheben. Verfolgen wir vor Allem unsere Kugel, welche die lebendige Kraft entführte, die sie der Luft der Windbüchse entnahm. Wenn sie endlich ans Ziel gelangt, zur Ruhe kommt, wohin ist die verschwundene lebendige Kraft gekommen, was ist aus ihr geworden?

Einen Theil derselben hat sie bereits während des Fluges durch Stösse an die ihr begegnenden Lufttheilchen abgegeben, welche sie zur Seite schleuderte, den Rest überliefert sie an den Körper, in welchen sie einschlägt, und zwar als lebendige Kraft sichtbarer Erschütterung, und als lebendige Kraft unsichtbarer vibrierender Bewegung der Atome, d. h. als Wärme.

Vor nicht langer Zeit berichteten die Journale von Versuchen, welche die englische Admiralität mit Armstrong-Kanonen anstellte, um die Widerstandsfähigkeit ihrer neunzölligen Panzerplatten zu erproben. Dabei kam die lehrreiche Erscheinung vor, dass die getroffene Eisenplatte momentan in helles Rothglühen kam, wenn die Kugel in ihr stecken blieb. Wir begreifen nun diese Erscheinung vollkommen: es wurde dabei die lebendige Kraft der translatorischen Bewegung fast ganz in Wärme verwandelt. Wir begreifen auch jenes vielbesprochene Experiment, das Anfang des Jahrhunderts Rumford anstellte, indem er eine Kanone unter Wasser getaucht ausbohren liess, und dasselbe dadurch

stundenlang im Sieden erhielt. Es war einfach die lebendige Kraft der Bohrmaschine, welche als Wärme zum Vorschein kam. Wir begreifen ferner die Wichtigkeit, die die Verhinderung der Reibung an Maschinentheilen hat, denn, abgesehen von dem schädigenden Einfluss auf die Bestandtheile, ist es lebendige Kraft des Betriebes, welche hier als Wärme an die Umgebung entweicht, es ist Arbeit, welche nutzlos verzettelt wird.

Nachdem die Physik die Wärme in ihrer Natur erkannt, und selbe den mechanischen Erscheinungen eingereiht hatte, galt es für sie auch ein neues Maass zu finden, denn nun Bewegung geworden, muss sie sich auch nach jenen Maassen, nach welchen die Kraftbewegungen überhaupt gemessen werden, messen lassen. Man konnte z. B. die Frage so stellen: Wenn unsere Armstrongkugel sich mit der Geschwindigkeit von 1500 Fuss pr. Minute bewegt, und sie würde plötzlich in ihrem Fluge aufgehalten, und die lebendige Kraft der Bewegung in Wärme verwandelt, welche Temperaturerhöhung würde die Kugel erfahren, wenn diese Wärme in ihrer Masse verbliebe? Die Frage hängt unmittelbar mit jenem technisch so wichtigen Probleme zusammen. Die Verbrennungswärme eines Kilogramms von einer gewissen Steinkohle sei auf die längst bekannte Methode in Calorien bestimmt, d. h. es sei bekannt, wieviel Pfd. Wasser sich damit von 0° auf 1 Grad erwärmen liessen, wenn dabei nichts verloren ginge, wieviel

Arbeit liesse sich damit erzielen in einer idealen Maschine, welche die Steinkohle vollkommen ausnützte. Mit andern Worten: Wenn ich 1 Kilogr. Wasser einmal um 1 Grad erwärme, ein zweites Mal aber die gleiche Wärme durch meine ideale Maschine in Arbeit umwandle, und diese Arbeit benütze, das Kilogr. Wasser in die Höhe zu heben, wie hoch werde ich es mit jenem Kraftaufwand bringen?

Antwort: 421 Meter hoch.

### Affinität.

Um endlich zu der dritten Hauptform der Kraft zu gelangen, kehren wir zu unserer Kugel zurück. Wir lassen sie aber nun nicht durch die Armbewegung, auch nicht durch die comprimirte Luft, sondern durch die Gewalt des Schiesspulvers fortreiben. Ueber den Ursprung der bei der Explosion des letzteren entstehenden lebendigen Kraft aber wissen wir Folgendes: Im Schiesspulver haben wir eine Reihe von Elementen: Kohlenstoff, Sauerstoff, Stickstoff, Schwefel und Kalium in bestimmter Gruppierung verbunden. Die Explosion besteht nun darin, dass diese Gruppierung zerstört und eine neue Gruppierung der Atome gebildet wird. Diese neuen Gruppen sind aber nicht mehr wie das Schiesspulver feste Körper, sondern grösstentheils luft- oder gasförmig. Sie wirken nunmehr auf die Kugel genau so wie vordem die comprimirte Luft in der Windbüchse.

Wir besitzen also im Schiesspulver ausserordentlich comprimirte Luftarten, aber in gebundener Form: bei der Entzündung werden sie in Freiheit gesetzt und geben ihre lebendige Kraft zum Theil an andere Körper ab. Die fesselnde Macht aber war die chemische Anziehung zwischen den Bestandtheilen des Pulvers, d. h. die schon vorher angeführte chemische Affinität.

Und wenn wir die chemischen Processe genauer untersuchen, so finden wir, dass bei der Verbindung zweier Stoffe immer Wärme, d. h. lebendige Kraft frei wird. Diese kann unter günstigen Umständen sogleich in bewegende Kraft umgesetzt werden, wie bei der Entzündung des Schiesspulvers, meist aber geschieht dies erst durch künstliche Vorrichtungen, wie bei unseren Dampfmaschinen, welche eben Apparate sind, bestimmt, die Wärme, welche bei der chemischen Verbindung des Kohlenstoffs mit dem Sauerstoff der Luft entsteht, möglichst vollständig in bewegende Kraft umzusetzen.

Ueberhaupt, so oft ein Körper verbrennt, oder eine chemische Verbindung vor sich geht, soweit die Vegetation ihre Kraft entfaltet, oder die Muskelbewegung des animalischen Körpers in Anspruch genommen wird, ist die chemische Affinität als Quelle der erscheinenden lebendigen Kraft zu bezeichnen. Doch auch hier findet keine Schöpfung von Kraft, sondern nur eine Umwandlung statt. Denn man kann eben die Kohle nicht noch einmal verbrennen, das Schiesspulver nicht nochmals entzünden, auch wenn man die

Verbrennungsproducte auf das sorgfältigste sammelt. Die Affinität gleicht einer gespannten Feder, die lebendige Kraft oder Arbeit zu spenden vermag, aber nur bis sie abgelaufen ist. Diese letztere kann aber wieder gespannt, mit lebendiger Kraft wieder sozusagen gesättigt werden, einfach dadurch, dass man die entzogene Kraft auf passende Weise ihr wieder zuführt. Genau dasselbe gilt von der Affinität.

Die Geschicklichkeit des Chemikers vermag es in der That, die verbrannte Kohle, das entzündete Schiesspulver aus den Endproducten wieder herzustellen. durch eine Reihe von Operationen die entwichene lebendige Kraft wieder in die Stoffe hineinzuführen. Wenn auch diese Kunst unvergleichlich schwieriger ist als das Wiederaufziehen jener abgelaufenen Feder, die Aufgabe ist theoretisch dennoch die gleiche.

In der sichtbaren Bewegung der sinnlichen Körper, in der fühlbaren Wärme, und in der nur im Momente der Verwandlung sinnlich wahrnehmbaren Affinität haben wir die drei verschiedene Formen der Kraft.

Das Wechselspiel dieser drei Formen der Kraft, ihr Ueberströmen von Atom zu Atom, von einem Körper zum andern, ist das belebende Princip der Natur, das Treibende in den Wandelszenen des grossen theatrum mundi. Von gleicher Unvergänglichkeit wie die Materie, durchfluthet sie dieselbe, ihre Massen zu immer neuen Formen des Daseins umgestaltend.

Diese Macht ward in alter Zeit als schaffend, erhaltend und zerstörend von den Völkern geahnt,



gefürchtet und göttlich verehrt; die neuere Zeit aber hat sich dieselbe unterthan gemacht, und auf sie einen grossen Theil der Arbeit, welche auf dem Menschengeschlechte lastete, abgewälzt.

Wie jener mythische Heros als Wohlthäter der Menschheit gepriesen ward, der zuerst die im Brennstoff schlummernde Affinität zur wohlthätigen und nützlichen Wärme erweckte, so verehren wir in James Watt den modernen Prometheus, da er uns lehrte, jene Wärme als nutzbare Arbeit zu verwerthen. Den letzten Schritt aber zu diesem Ziele hat erst die jüngste Zeit gethan. Ihr war es vorbehalten, eine strenge Buchführung in den Haushalt der Kraft einzuführen, ihre Wandlungen einer scharfen Controle zu unterziehen.

Wir berechnen heute im Vorhinein, wie viel Arbeit in einem Kilogramm einer uns vorgelegten Sorte von Steinkohle stecke, wir prüfen sodann, wieviel unsere Dampfmaschinen davon wirklich zur Disposition bringen und wieviel sie nutzlos vergeuden.

Diese Vergleichung lehrt uns, welch' ein unvollkommenes Werkzeug unsere heutige Dampfmaschine ist. Die besten Constructionen liefern kaum  $\frac{1}{4}$  des berechneten Effectes, während  $\frac{3}{4}$  nutzlos verloren gehen.

\* \* \*

Aber die Tragweite der neuen Wärmetheorie reicht noch weit über die Grenzen der theoretischen und technischen Physik hinaus, sie ist namentlich von fundamentaler Bedeutung für die Physiologie und

für einen Theil der kosmischen Naturlehre. Wir wollen in letzterer Beziehung nur auf den Satz der Aequivalenz der Verwandlungen von Clausius hinweisen. Aus der höchst einfachen Thatsache, dass die Wärme von selbst aus einem heissern Körper in einen nahen kälteren übergeht, dass aber die Wärme den umgekehrten Weg nie einschlägt, und unter keinerlei Umständen von einem kälteren zu einem heisseren übergehen kann, folgt mittelst einer Reihe höchst einfacher Schlüsse,

1) dass die vorhandene Wärme des Universums einem allgemeinen Ausgleiche zustrebt, und

2) dass schliesslich alle sichtbare Bewegung aufhören werde, indem ihre lebendige Kraft vollständig in Wärme umgesetzt sein werde.

Wir haben dann vollkommene Ruhe in allen Welten, die ewige Ruhe des allgemeinen Todes.

Man hat die grössten Anstrengungen gemacht, einen Ausweg zu finden, diesen wenig erbaulichen Folgerungen zu entgehen, bisher vergeblich, und es ist wenig Aussicht vorhanden, dass es noch gelingen werde.

### Somme.

Wenden wir nunmehr unsern Blick speciell jenem, allerdings winzigen Gliede des Weltganzen zu, welches wir als die Wohnstätte unseres Geschlechts, als unsere Welt zu betrachten haben, so gewahren wir, dass dasselbe mit einem unermesslichem Vorrathe von

lebendiger Kraft vom Anbeginn an ausgestattet ward. Wir erkennen dieselbe in der doppelten kosmischen Bewegung der Achsendrehung und des siderischen Umlaufes, ferner in der Gravitation, welche alle irdischen Körper gegen den Mittelpunkt der Erde hinzieht, und zugleich sie selber auf ihrer Bahn durch den Himmelsraum leitet, endlich auch in den chemischen Affinitäten, welche ihre constituirenden Atome beherbergen, und in der Gluthhitze die — wie wir mit grösster Wahrscheinlichkeit annehmen — das Erdinnere im feurigen Flusse erhält.

Doch sobald wir an die Betrachtung jener wunderbaren Erscheinungen gehen, deren Gesammtheit das Leben und Weben auf der Oberfläche des Erdballs ausmacht, gewahren wir zu unserem Erstaunen, dass hier die treibenden Kräfte nicht jenem immensen endogenem Kraftvorrathe entnommen sind, sondern dass sie aus fremder Quelle entspringen. Und die Kraftquelle alles Lebens auf Erden ist die Sonne. Denn ihre Wärmestrahlen sind es, welche in ungleichem Maasse die verschiedenen Theile des Luftmeeres treffend, daselbst jene Gleichgewichtsstörungen bewirken, welche die Winde und Orcane erzeugen und über die Erdoberfläche verbreiten, welche von den Gewässern der Meere absorbirt, dieselben als Dunstmassen in die höheren Regionen der Atmosphäre emporheben, wo sie von jenen Luftströmungen erfasst über die Continente verbreitet werden, um dort in Folge der eintretenden Abkühlung zu Nebel und Wolkenrich-

ten condensirt zu werden, bis sie (oft unter mächtigen elektrischen Erscheinungen) als Regen herabstürzen. Von den porösen Erdschichten eingesogen, sammelt sich ein Theil im Schosse der Erde, um in Quellen an das Tageslicht zu treten und in dem Wasserader-systeme, welches als Bach, Fluss und Strom die Oberfläche der Contiente bedeckt, zum Ocean zurückzukehren, während der andere durch Verdunstung der Atmosphäre zurückgegeben wird.

Dieser grossartige Verkehr des flüssigen Elementes über die Erd feste ist es vor Allem, was dieselbe befruchtet, aber nicht ohne dass die Sonnenstrahlen dabei noch in anderer Weise in Anspruch genommen werden. Einmal müssen sie den Boden durchwärmen, denn ohne Sommerwärme keine Vegetation, kein Leben. Aber selbst die Sonnenwärme würde für sich nicht genügen, wenn nicht das Sonnenlicht hinzukäme. Ein gewisser Theil der leuchtenden Strahlen von specifischer Kraft wird von der Vegetation eingesogen und verbraucht. — Die misslungenen Versuche, Landschaften zu photographiren, beweisen klar, dass das vom grünen Laubwerk reflectirte Licht gerade seiner chemisch wirksamen Bestandtheile beraubt ward.

Dies sind nur die wichtigsten Wirkungen, welche die Sonne mit ihren Strahlen auf der Erdoberfläche hervorbringt. Es ist eine riesige Masse lebendiger Kraft, die aber den Erdball sozusagen nur im Vorübergehen berührt.

Denn würde nicht der gewaltige Zufluss durch einen im Mittel gleich grossen Abfluss compensirt, so würde die Erde bald so erhitzt werden, dass keine Vegetation, kein Leben auf ihrer Oberfläche bestehen könnte. Wir wissen aber, dass die Erde als freischwebende Kugel durch den Weltraum rollt, welcher eine Temperatur von  $50^0$  C. unter Null hat.

Während daher die der Sonne eben zugewendete Erdhälfte die Sonnenstrahlen aufnimmt, sendet die andere in Nacht gehüllte ihren Vorrath als strahlende Wärme hinaus in die eisige Unermesslichkeit des Universums.

Es gilt somit von jenem Allbewegenden auf Erden, das im Starren und im Feuchten wirkt, in Thier und Pflanze lebt, das Dichterwort: „Vom Himmel kommt es und wieder zum Himmel steigt es“, — ein ewiger Strom.

\* \* \*

Wer aber ist der Träger dieses gewaltigen Austausches an lebender Kraft zwischen Sonne und Erde und dem übrigen Universum?

Antwort: Einzig der Aether, den wir schon früher als allausfüllendes Medium bezeichnet haben. Diejenigen Aethertheilchen, welche mit dem Sonnenkörper in unmittelbarem Contacte stehen, werden von ihm in oszillirende Bewegung versetzt, deren lebendige Kraft von ihm geliefert und in Wellenform mit der

rasenden Geschwindigkeit von 41.000 Meilen pr. Secunde nach allen Richtungen des unendlichen Raumes entführt wird. Nur ein winziger Bruchtheil dieses Stromes von lebendiger Kraft ist es, welcher nach einer Reise von 20 Mill. Meilen, die in 8 Minuten durchlaufen werden, auf die Erde gelangt, und hier theils sogleich nach allen Richtungen in den Raum reflectirt, theils aber aufgenommen und in mannigfache Formen von Kraft umgesetzt wird. Trifft der Strahl ein Auge, so wirkt er als Licht d. h. er wird in Nervenbewegung verwandelt, im Pflanzengewebe zersetzt er Wasser und Kohlensäure, d. h. er wird in chemische Affinität umgesetzt — der grösste Theil indess geht in schwingende Bewegung der Atome, d. h. in Wärme über.

Bei dieser Umwandlung ist aber nicht nur die Quantität seiner Kraft, sondern auch die Form, in welcher dieselbe auftritt, von Wichtigkeit.

Schon längst hat die Physik verschiedene Bestandtheile im Sonnenlichte unterschieden: dunkle Wärmestrahlen, farbige Lichtstrahlen und chemisch wirksame Strahlen. Aber erst in neuester Zeit hat die Untersuchung solcher qualitativer Verschiedenheiten eine früher ungeahnte Wichtigkeit erlangt.

Wie ein Körper, dessen grössere Abtheilungen in zitternde Bewegung versetzt werden, die Luft erschüttert und damit einen Ton erzeugt, so wird ein Körper, welcher viel Wärme aufgenommen, d. h. dessen kleinste Theilchen, dessen Atome in heftige Erschüt-

terung gerathen sind, diese unendlich feinere und raschere Erschütterung dem umgebenden feineren Medium, dem Aether mittheilen — der Körper glüht, er sendet Lichtstrahlen aus.

Und wie jener tönende Körper der erschütterten Luft nicht nur einen Ton, sondern eine bestimmte Klangfarbe ertheilt, aus welcher wir in der Ferne gewisse Schlüsse über die Natur des tönenden Körpers zu ziehen vermögen, so ist es in noch höherem Grade der Fall bei jenen Lichtstrahlen, die ein glühender Körper aussendet. Die Naturforscher, welche in neuester Zeit dieses Verhalten genauer verfolgt, sind zu dem überraschenden Ergebniss gekommen, dass es möglich sei, aus der optischen Untersuchung jener Strahlen, welche ein glühendes Mineral aussendet, seine elementaren Bestandtheile festzustellen, d. h. an die Stelle der chemischen Analyse eine Lichtanalyse zu setzen.

Und dabei ist diese sogen. Spectralanalyse der ersteren unvergleichlich überlegen an Feinheit und Sicherheit der Resultate, vor Allem aber ist sie nicht auf den engen Raum eines Laboratoriums beschränkt.

Soweit der Lichtstrahl seine Schwingungen trägt, tragen diese das Gepräge ihres Ursprunges mit sich, und wenn im Sonnenball etwelche unserer irdischen Elemente glühen, der Sonnenstrahl wird dessen Zeugnis geben. Und dass er dieses wirklich gethan, dass man mit wissenschaftlicher Evidenz die Gegenwart, von Sauerstoff, Wasserstoff, Natrium, Kalium, Calcium,

Eisen nachgewiesen, und die der übrigen Metalle noch zu erweisen hoffen darf — denn die Methode ist noch im ersten Entwicklungsstadium begriffen — das ist einer der glänzendsten Triumphe der Physik unserer Tage. Damit ist das lichtzersetzende Prisma mit seinen bedeutungsvollen Fraunhoferschen Linien, welches seit langem als wichtiges optisches Hilfsmittel in den Hörsälen der Physik im Gebrauch war, plötzlich ein astronomischer Apparat ersten Ranges geworden.

In den Händen der Astronomen zieht die Spectralanalyse ihre Fäden noch weit hinaus über das Sonnensystem. Die ganze Sternenwelt will sie mit ihrem Netzwerk umspannen. Bereits hat einer der ersten lebenden Astronomen, der berühmte Pater Secchi in Rom einen Catalog der von ihm spectralanalytisch untersuchten Gestirne veröffentlicht, und hinsichtlich der Natur der Spectren drei verschiedene Classen nachgewiesen. Er fand nämlich, dass einige im Ganzen unserer Sonne gleichen: es finden sich in ihnen die Spectrallinien der meisten Metalle unserer Erde. Andere dagegen verhalten sich wie glühende Ballen von Wasserdampf und Stickgas, während eine dritte Classe mit ihren breiten Absorptionsstreifen Erscheinungen bietet, zu deren Deutung das Verhalten irdischer Substanzen bis heutzutage keinen Anhaltspunkt liefert.

So dringt die Forschung unaufhaltsam vorwärts, taucht, mit Alexander v. Humboldt zu reden, das prä-



fende Senkblei immer tiefer hinab in die Abgründe des Universums.

\* \* \*

Doch kehren wir zurück in die Grenzen unseres Sonnensystems, um uns zwei naheliegende Fragen vorzulegen. Erstlich was wissen wir Näheres von der Beschaffenheit der Sonne? und zweitens, womit vermag die Sonne den fortwährenden immensen Abfluss von Licht und Wärme zu bestreiten?

Die Ansichten über die Beschaffenheit der Sonne sind in der letztern Zeit grossen Wandlungen unterworfen gewesen.

Noch vor wenigen Jahren hatte das Bild, welches man sich von diesem Weltkörper — gestützt auf die gewichtige Autorität des älteren Herschel — machte, ein sehr poetisches, fast gemüthliches Colorit. Im Mittelpunkt einer riesigen Hohlkugel von leuchtendem luftartigem Stoffe — der sogen. Photosphäre — schwebte da der solide dunkle Sonnenkern. Ein Abstand von 90.000 geogr. Meilen zwischen ihr und jener Stätte der Licht- und Wärmezeugung, sowie die Zwischenlagerung anderer wolkenartiger Gebilde liessen die Annahme einer erträglichen Temperatur des soliden Kernes zulässig, ja seine Bewohnbarkeit für organische Wesen nicht unwahrscheinlich erscheinen.

Wenig Phantasie gehörte dazu, um diese so günstig gelegene Stätte mit einer paradisischen Vegeta-

tion auszuschmücken, und mit erhabenen Vernunftwesen zu bevölkern.

Durch Risse, welche zeitweilig in der Photosphäre entstanden, war den Sterblichen zeitweilig ein Einblick in diese seligen Gefilde gestattet. All' diese Herrlichkeit hat die Forschung der letzten Jahre von Grund aus zerstört. Nicht ein himmlischer Paradiesesgarten, weit eher die leibhaftige Hölle, schrecklich, wie sie sich nur je ein Ascete des Mittelalters ausmalte, darf nunmehr Anspruch machen, als Prototyp unserer Sonne zu gelten.

Man denke sich eine ungeheure Kugel geschmolzener Felsmassen, 1,400.000 mal grösser als der Erdball, von einer Temperatur, die über alle unsere Begriffe hinausgeht (bei 28 Millionen Grade). Diese umgeben Wolkenschichten metallischer Dämpfe, welche zeitweilig mit der enormen Geschwindigkeit von 1500 Meilen pr. Minute über die Oberfläche hinstürmen, sich condensirend auf den Sonnenkörper hinabstürzen, um anderen neu aufsteigenden Platz zu machen — ein Wechsel, durch welchen für uns das Schauspiel der Sonnenflecke und Sonnenfakeln zu Stande kommt.

Und dieses Bild wird noch grauenhafter durch die Art und Weise, wie man sich den fortwährenden Ersatz der verlorenen Wärme vorstellt.

Da nach Pouillet's Berechnung jährlich von der ganzen Oberfläche der Sonne eine Schichte von  $3\frac{1}{2}$  geograph. Meilen Dicke der besten Kohle abbrennen müsste, sollte die Verbrennung diesen Ersatz leisten,

so ist an diese oder eine ähnliche Wärmequelle nicht wohl zu denken. Erinnern wir uns aber an jene Armstrongkugel, welche in die Panzerplatte einschlagend, derselben eine Wärme zuführte, die sie momentan zur Rothglühhitze brachte, und nehmen wir in dieser Richtung den Calcul zu Hilfe, so finden wir, dass ein Pfd. von Steinkohle, wenn es aus beträchtlicher Höhe auf die Oberfläche der Sonne hinabstürzt, beim Aufschlag eine Hitze erzeugt, welche über 4000mal grösser ist, als die durch das Verbrennen derselben Steinkohle erzeugte Wärmemenge.

Dieser enorme Effect resultirt aus der gewaltigen Anziehung, welche die Sonnenmasse auf den fallenden Körper ausgeübt hat. Nun aber stürzen in der That von Zeit zu Zeit kleine Massen in Gestalt von Meteorsteinen auf unsere Erde herab, wir finden sie nach dem Falle noch heiss, obwohl sie den grössten Theil der erzeugten Wärme während des Falles an die Atmosphäre abgegeben, wie der Feuerstreifen deutlich zeigt, den sie gewöhnlich auf ihrer Bahn zurücklassen. Ferner beweisen die Störungsberechnungen des grossen Astronomen Le Verrier, dass gerade zwischen Mercur und Sonne grosse Massen von Meteoren vorhanden sein müssen. Ihr Hinabstürzen in die Gluthmasse des Sonnenkörpers gibt daher die einfachste und ungezwungenste Erklärung von der durch Jahrtausende in ungeschwächter Energie fortbestehenden Heizkraft unseres Centralkörpers.

Doch kann jener Vorrath an himmlischen Brennmaterialien ewig dauern? Natürlich nicht, es entsteht vielmehr die analoge Frage wie bei unseren Steinkohlenlagern, wie lange kann es noch dauern, bis eine Erschöpfung eintreten muss? Ein französischer Astronom hat gefunden, dass die beobachteten Störungen innerhalb der Mercurbahn keine grössere Anhäufung von Meteormassen zulässig erscheinen lassen, als eine solche, welche höchstens noch für 10.000 Jahre reicht, um die Temperatur der Sonne constant zu erhalten.

Nach dieser Zeit müsste nothwendig eine Verminderung eintreten, wenn nicht vielleicht an die grösseren Massen — die Planeten — die Reihe käme, von der Mutter Sonne verschlungen zu werden. Und wenn die Kleinen bestimmt sind, in diesem Wirbel unterzugehen, so ist schwer abzusehen, wie die Grossen, über welche dieselben Attractionsgesetze herrschen, dem gleichen Schicksal entgehen sollten.

Adams, der Nebenbuhler von Le Verrier, welcher beinahe gleichzeitig mit diesem das Dasein und den Ort eines bisher nicht beobachteten Planeten — des Neptun — berechnete, fand in neuester Zeit im Gegensatz zu La Place, dass die Erdentage allmählig länger werden. Seine Berechnung hat sich unanfechtbar bewiesen und die Britisch-astron. Gesellschaft hat ihm ihre höchste Auszeichnung, die grosse goldene Medaille zuerkannt. Das gefundene Resultat zeigt aber, dass die lebende Kraft der Axendrehung

unserer Erde eine fortwährende Einbusse erleide, was mit dem früher angezogenen allgemeinen Gesetze der Kraftverwandlung in vollkommenem Einklange steht.

Uebrigens zu unserem Troste sei es gesagt, es geht mit unserem Tage nur äusserst langsam abwärts oder vielmehr vorwärts. Alle 2 Monate wird er länger um den Millionsten Theil einer Secunde.

Aber in der Unermesslichkeit der Zeiten muss auch der allergeringste fortlaufende Verlust zur Erschöpfung des nahezu Unermesslichen führen.

Und die Schlüsse, welche aus richtiger Beobachtung die strenge Deduction oder der analytische Calcul gezogen, besitzen gleiche zwingende Kraft, ob es sich in der Spectralbeobachtung um die Lichtspuren eines Körpers handelt, der in 2 Fuss Entfernung vom Beobachter in der Bunsenschen Lampe glüht oder um Lichtquellen, die durch Sternenweiten von uns getrennt sind.

\* \* \*

Solche Betrachtungen über das endliche Schicksal aller Himmelskörper rufen die Erinnerung wach an eine Erscheinung, die wohl zu dem Seltsamsten gehört, was der beobachtenden Astronomie je zu schauen vergönnt war. Als nämlich der vor Kurzem verstorbene Lord Rosse sein Riesenrohr successive auf eine Anzahl von Nebelflecken richtete, lösten sich die meisten in Sternenhaufen auf, in Gruppen gleich unserer Milchstrasse, zu deren Fixsternen bekanntlich auch unsere Sonne gehört. Gestaltung und Umrisse dieser

Gruppen waren sehr verschieden, alle aber entbehrten, wie der Sternenhimmel überhaupt, einer übersichtlichen, geometrisch geordneten Vertheilung ihrer Bestandtheile. Alle bis auf einige wenige, in denen die Gestirne wunderbarer Weise in einer spiralförmigen Aufstellung geordnet erschienen.

Da am Himmel sowenig als auf Erden irgend ein Seiendes in absoluter Ruhe verharret, da die Bewegungen der sogenannten Fixsterne vielmehr seit Langem beobachtet werden, so kann es kaum zweifelhaft sein, dass jene Sternspiralen sich um ihre Massenmittelpunkte drehen, und dass nach den unerbittlichen Gesetzen der Kraftverwandlung ihre integrirenden Systeme bestimmt sind, allmählich in den Mittelpunkt des Wirbels hineingerissen zu werden, und in grossartiger Conflagration zu Grunde zu gehen, oder richtiger, ihre Einzelexistenzen einzubüssen, und zu neuen Stoffgebilden zu verschmelzen.

Wenn es nun wahr ist, was uns die Astronomen sagen, — und eine Einrede dagegen dürfte schwer zu begründen sein — dass der Anblick verschiedener Nebelflecke uns Vergangenheit und Zukunft gleichzeitig leibhaftig vor Augen bringt, insofern einige an jene Urzeiten gemahnen, wo unser Sonnensystem als kometenartige Nebelmasse sich durch die endlosen Himmelsräume bewegte, bis die kosmische Schwere dasselbe zu festen Einzel-Massen verdichtete, während andere dagegen unserm Systeme um Aeonen vorausgeeilt sind und sich schon mehr jener Periode der Stoffverdich-

tung und Krafterschöpfung nähern, welche die Rechnung als das unvermeidliche Endziel aller Weltsysteme erweist, — wenn wir dieses Alles erwägen, wird es uns schwer, die Ahnung abzuweisen, dass wir in jenen geheimnissvollen Spiralen das endliche Schicksal unseres Sonnensystemes gleichsam mit Riesenlettern in den Himmel eingeschrieben erblicken.

Doch sagt uns derselbe Anblick in seiner starren Unbeweglichkeit zugleich, dass noch durch ungezählte Millionen von Erdenjahren der Bestand unseres Sonnensystemes gesichert sei, und dass wieder innerhalb dieser Zeiten der Erdball durch lange Jahrtausende schweben werde in der glücklichen Mitte zwischen jenen lichtarmen, eisigen Räumen, in denen die grossen, sonnenfernen Planeten Uran und Neptun ihre Bahnen beschreiben und der Gluthregion, innerhalb welcher die inneren sonnennahen, Venus und Mercur den Sonnenkörper umkreisen.

Und auf solche mittlere, sozusagen temperirte Zonen des Weltraumes allein scheint der Schauplatz beschränkt zu sein für die Entfaltung organischen Lebens, und für die Existenz empfindender, denkender Wesen.

Es übertrifft aber die Betrachtung dieser kleineren Welt an Fülle des Wunderbaren, an Reiz und Mannigfaltigkeit der Erscheinung sowie an geheimnissvoller Tiefe der letzten Gründe noch weit jene kosmischen Wissenschaften mit ihren Riesenzahlen, ihren kahlen Unermesslichkeiten nach Zeit und Raum, sie

übertrifft dieselben vor Allem durch den warmen Pulsschlag des Lebens, durch den Hauch der Heimlichkeit, der hier weht und das Interesse des Daseinsfrohen Erdenkindes gefesselt hält.

## II.

Das Leben — ist es auch der Güter Höchstes nicht — ist doch gewiss der Räthsel schwerstes, innerhalb der Naturwissenschaft.

Wie es doch zugeht, dass dieselbe Materie, welche wir als festen Körper oder als Flüssigkeit in Händen hatten, der wir Trägheit als ursprünglichste Wesenheit zuschrieben, die sich nur auf äussern Antrieb in Bewegung setzte — im organischen Reiche so ganz andere Erscheinungen zeigt; dass sie da den physikalischen Gesetzen nur sehr theilweise zu folgen scheint, dass sie mit einem Worte sich belebt, ja sogar beseelt geberdet!

Belebt durch die Lebenskräfte, beseelt von psychischen Potenzen!

Ja wohl, wenn es die schönen Worte thäten, die Wissenschaft vom Leben wäre längst fertig, fertig gebracht durch die Bemühungen wohlmeinender Enthusiasten und genialer Naturphilosophen.

Dass wir aber noch immer kaum über die allerersten Anfänge hinausgekommen, daran sind vor Allem



jene nüchternen Verstandesmenschen Schuld, welche mit eigensinniger Hartnäckigkeit immer fort ihre unbequemen Fragen wiederholen.

Hier haben wir vor uns eine chemische Verbindung von Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff — ein unscheinbares Klümpchen eiweissartiger Materie — wie es sich regt, wie es bei der Berührung zuckt, wie es rasch anwächst, sich dann in zwei ganz gleiche Theile theilt — sind das auch einzig eure ponderablen Atome mit ihren Aetherhüllen, ihren Affinitäten und bewegenden Kräften? wie kommen sie denn zu diesem absonderlichen Benehmen? oder ist hier noch ein Anderes im Hintergrund verborgen, das erst zu dem Allen hinzugekommen? Und wenn dem so ist, woher ist dasselbe gekommen? wo weilte es vormals und auf welche Weise ward sein Eintritt in den Verband der organischen Materie bewerkstelligt?

Die Physiologie vermag zwar über die Grundlagen des Lebens dermalen noch keine befriedigende Auskunft zu geben, aber das Eine hat sie bereits festgestellt: dass etwas Fremdes an Stoff oder Kraft nicht hinzugekommen, dass wir es also auch hier nur mit Atomen, imponderablem Aether, und chemischen Affinitätskräften zu thun haben.

Diese Erkenntniss ist aber von grosser Tragweite für den Fortschritt der Wissenschaft geworden. Denn erst seit man die Vorräthe von vielnamigen Lebens-

kräften und vitalen Agenzien über Bord geworfen, ist man entschieden vorwärts gekommen.

Heute herrscht auf allen Gebieten der Physiologie eine fieberhafte Thätigkeit, die Ergebnisse — als Ganzes betrachtet noch Stückwerk — sind im Einzelnen wunderbar, und vielversprechend für die Zukunft.

Das hohe Interesse, welches diese Erfolge auch für einen weiteren Kreis in Anspruch nehmen dürfen, möge als Entschuldigung gelten, dass ich es heute unternehme, die Skizze, welche ich von dem Stande der Naturwissenschaft zu entwerfen versuchte, mit einigen Details aus dem Gebiete des organischen Lebens zu bereichern.

Naturgemäss zerfallen dieselbe in drei Abtheilungen:

1. Ueber den Stoff der Elementarorgane.
2. Ueber die Form und Thätigkeit desselben.
3. Als letztes und Höchstes: über die Empfindung, wenn man das Wenige, was wir darüber zur Zeit wissen, als eine eigene Gruppe gelten lassen will.

Ich werde mich dabei bemühen, in möglichst schlichter Weise vorzüglich jene Resultate darzulegen, welche den derzeitigen Stand der Wissenschaft am schärfsten zu charakterisiren scheinen.

\* \* \*

Was erstlich das Stoffliche eines organischen Körpers betrifft, so wissen wir, dass der Kohlenstoff die Basis desselben ist. Eine Substanz ohne Kohlen-

stoffgehalt ist niemals eine organische. Kein anderes Element für sich ist dazu unbedingt nöthig, wenn auch Wasserstoff, Stickstoff und Sauerstoff vor allen das Vorrecht haben, durch ihren Eintritt in die Kohlenstoffverbindungen die specifisch organischen Stoffe bilden zu helfen.

Früher war man der Ansicht, dass die Bildung, wenigstens der complicirteren organischen Körper die Beihilfe eigener Lebenskräfte voraussetze, und diese Bildung daher nur innerhalb der Thier- oder Pflanzenwelt vor sich gehen könne.

Heutzutage aber, wo die Chemie weitaus die Mehrzahl dieser Stoffe künstlich aus ihren letzten Bestandtheilen zusammengesetzt hat, ist kein Zweifel mehr möglich, dass wenigstens zur Herstellung des Stoffes im Organismus die chemischen Affinitätskräfte vollkommen ausreichen, und auch allein in Wirksamkeit sind.

Es müssen demzufolge auch auf diese Substanzen und ihre Veränderungen jene Fundamentalgesetze der Kraftverwandlung anwendbar sein, die wir im Früheren kennen gelernt haben, und wir werden demnach vor Allem zusehen, welche Folgerungen wir aus dieser Anwendung zu ziehen vermögen.

Die genauere Beobachtung sagt uns vor Allem, dass die wichtigsten chemischen Elemente des Thier- und Pflanzenkörpers: Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, in der Form von Kohlensäure und Wasser aufgenommen, und am Ende wieder als solche ausgeschieden werden. Inmitten aber finden wir sie als

Kohlehydrate, Fette, Farbstoffe u. dgl. (Beim Stickstoff treten ähnliche, nur etwas verwickeltere Verhältnisse ein, wesshalb wir ihn hier ausser Acht lassen.)

Diese Substanzen aber unterscheiden sich von jenen Anfangsverbindungen darin, dass sie verbrennbar sind, d. h. dass sie disponible Affinitäten besitzen, und demnach Wärme oder lebendige Kraft der Bewegung liefern können.

Bei Kohlensäure und Wasser dagegen ist dies nicht der Fall.

Auf Grundlage dieser Thatsachen sind wir im Stande, uns sogleich eine allgemeine Vorstellung von den chemischen Veränderungen, welche innerhalb des Organismus vorgehen, zu bilden.

Versinnlichen wir uns die ursprünglichen, den Elementen eigenthümlichen Affinitätsgrößen unter dem Bilde von elastischen Federn, womit dieselben ausgestattet seien, so haben wir diese innerhalb jener organischen Substanzen als aufgezogen zu denken. Dieselben vermögen nun durch theilweises oder gänzlich ablaufen lebendige Kraft zu entwickeln, welche als Wärme oder Bewegung zum Vorschein kommen wird.

In der Kohlensäure und im Wasser sind aber die elementarischen Federn gänzlich abgelaufen, sie vermögen keine Leistungen zu bieten, ihre Affinitäten sind erschöpft.

Daraus folgt unwiderleglich, dass ein chemisches Element auf seinem Durchgang durch das Organische, d. h. von seinem Eintritt in den Verband irgend

eines lebenden Körpers, bis zu seiner schliesslichen Rückkehr zur Mutter Erde, einen Theil mit aufsteigender Entwicklung seiner Affinitäts-Spannung, den andern zweiten dagegen mit absteigender durchlaufen müsse. Soviel lässt sich im Vorhinein feststellen, bevor wir uns in das sinnverwirrende Detail des organischen Mechanismus verlieren. Bei dem Eintritte in diese Welt aber empfangen wir sogleich an der Schwelle von der Physiologie einen mehr specificirten Nachweis über diese auf- und niedersteigende Curve, welcher zur vorläufigen Orientirung sehr gut zu verwerthen ist.

Dieser Nachweis enthält fünf Hauptsätze:

1) Der erste aufsteigende Ast der Curve wird immer in äusserst kurzer Zeit, sozusagen momentan durchlaufen, im Gegensatze zu dem zweiten absteigenden, der oft in jahrelanger ruckweiser Bewegung zurückgelegt wird.

2) Die Aufnahme in den Verband des Organischen geschieht einzig und allein im Pflanzenkörper, nie unmittelbar im Thierkörper.

3) Innerhalb des Pflanzenkörpers geschieht diese Aufnahme wieder nur an ganz bestimmter Stelle, und vermittelt eines einzigen dazu bestimmten Stoffes.

4) Dieser die Aufnahme vermittelnde Pflanzenstoff ist das Chlorophyll, der grüne Farbstoff der Pflanze, welcher im ganzen Pflanzenreich wesentlich identisch ist. Seiner Zusammensetzung und seiner Wichtigkeit nach vergleicht sich derselbe den Blutkörperchen der Thierwelt.

5) Endlich geschieht diese Aufnahme nur in Gegenwart und mit Beihilfe von Sonnenstrahlen, welche die lebendige Kraft zur Spannung der Affinität liefern, und welche dabei absorbirt werden.

Aus diesen fünf Sätzen fliessen eine Reihe der wichtigsten Consequenzen, von denen wir nur wenige andeuten können.

Vor Allem begegnen wir wieder der allwirkenden Sonne. Thier- und Pflanzenwelt sind ihr Werk, das Chlorophyll ihr mächtiges Werkzeug.

Viele Ausnahmen boten sich Anfangs dar, die Wissenschaft hat sie widerlegt. Im finstern, feuchten Keller keimt unsere Kartoffel, und, sind auch die Triebe krankhaft, von gelbem Aussehen, so werden doch junge Knollen erzeugt, welche im Winter nicht selten als wundervoll frühreife Gewächse zum Verkaufe gebracht werden. Aber die genauere Beobachtung hat gezeigt, dass die jungen Knollen nur auf Kosten der vorrätigen Substanz des Mutterknollens gebildet worden. Es findet nicht nur keine Neubildung organischer Substanz statt, sondern im Gegentheile, unter fortwährendem Entweichen von Kohlensäure ein erheblicher Verlust am Totalgewicht.

Dasselbe Bewandniss hat es mit dem Keimen der jungen Pflanze im dunkeln Erdschosse. Auch hier geht die Entwicklung auf Kosten der in dem Keime vorhandenen organischen Substanz vor sich. Dasselbe endlich auch bei den Pilzen, und vielen andern Pflanzen, welche nur in einem Boden gedeihen,

in dem sich faulende organische Ueberreste finden, aus denen sie bereits gebildete organische Stoffe in sich aufnehmen.

Zweitens wird es offenbar, dass die gesammte Thierwelt nur zu existiren vermag auf Grundlage und auf Kosten der Pflanzenwelt. Was diese in ihren chlorophyllhaltigen Organen mit Beihilfe von Sonnenlicht und Sonnenwärme erzeugt, und in ihren weiteren Werkstätten umgeformt und veredelt hat, wird vom Thierreiche gewaltsam an sich gerissen, um eine allmälige Zerstörung zu erleiden, d. i. in Kohlensäure und Wasser zurückzukehren. Doch das Pflanzenreich nimmt diese Trümmer immer wieder auf, um sie neuerdings in den Kreislauf des Lebens zurückzuführen. Auf diese Weise wird constant ein immenser Vorrath organischen Stoffes innerhalb dieser beiden Naturreiche in Fluss erhalten.

Doch das Thier entreisst diese Stoffe nicht nur der wehrlosen Pflanze — der oft geschilderte Kampf um das Dasein innerhalb des Thierreiches ist in letzter Instanz ein Kampf um den Besitz an organischem Capital.

Der Fleischfresser, welcher dieses dem friedlichen Grasfresser entriss, wird da wieder von einem Stärkeren vernichtet und assimiliert, bis endlich auch der Stärkste jenen kleinen Zerstörern anheimfällt, welche auf den Stätten der Fäulniss und Verwesung thätig sind. Es ist aber immer nur ein kleiner Ueberrest der von dem Pflanzenreiche gelieferten Materie, welche schliesslich zur Ruhe des Grabes gelangt.

Auf der weiten Wanderung ward der grössere Theil aufgebraucht zur Bestreitung des Athmungsprocesses und anderer Vorgänge innerhalb des Thierkörpers.

Wenn uns in diesem Kampfe um das Dasein sonst überall das rohe Faustrecht entgegentritt, so werden wir mit stiller Genugthuung gewahr, wie auch hier der Mensch seinen bekannten Sinn für Ordnung und für das Bessere bethätigte, so dass wenigstens von einer Seite nach festen Normen vorgegangen wird.

Von echter Humanität beseelt, hat er manche seiner Mitgeschöpfe näher an sich gezogen, und lässt ihnen als lieben Hausthieren die sorgsamste Pflege zu Theil werden.

Er macht als Entgelt für diese Mühewaltung keine weiteren Ansprüche an sie, als dass sie die für ihn unverdaulichen derberen Pflanzenstoffe in sich aufnehmen und verarbeiten mögen, um sie seinerzeit in einer anständigen schmackhaften Form an ihn abzuliefern.

Die Gesamtmasse an organisirter Materie, welche nur allein die Menschheit jeweilig in Händen, oder vielmehr am Leibe hat, ist eine höchst bedeutende. Dieselbe beträgt zu Folge des letzten Ausweises der englischen Anthropologischen Gesellschaft in runder Zahl nicht weniger als 1000 Millionen Zoll-Zentner.

Wenn man überdies bedenkt, dass mit jedem Athemzuge eines Menschen, ein Theil dieses Grundstockes vernichtet wird, und dass mit jedem unserer Pulsschläge auf der gesammten Erde durchschnittlich je ein Mensch in's Dasein tritt, und ein Anderer in's



Grab sinkt, so wird man staunen über den grossartigen Umsatz, welcher unter den gegenwärtigen geologischen Conjunctionen im Haushalte der Natur sich entwickelt hat.

\* \* \*

Mit der Feststellung der chemischen Zusammensetzung und der bewegenden Kräfte eines Organismus ist aber für die eigentliche Erkenntniss desselben nur wenig gethan. Die wichtigere Aufgabe ist die Erklärung der formalen Entwicklung und der Functionsthätigkeit der einzelnen Bestandtheile des Thier- und Pflanzenkörpers.

Wir befinden uns da in einer ähnlichen Lage, wie ein wissbegieriger, unterrichteter Mann, der — Laie in der Mechanik — sich die Aufgabe gestellt hat, den Mechanismus eines complicirten Uhrwerkes zu ergründen.

Derselbe wird bei näherem Zusehen alsbald die freudige Wahrnehmung machen, dass sich nahezu sämtliche selbstständigeren Theile des Werkes trotz des verschiedenen Aussehens auf einen einzigen Typus beziehen lassen, nämlich auf den des Rades an der Welle. Ihm wird damit sofort klar, dass eine specielle Untersuchung der mannigfachen Formen dieser Elementarmaschine, ihrer respectiven Leistungs- und Verbindungsfähigkeit vorausgehen müsse, und dass diese Kenntniss der leitende Faden für die Durchmusterung und das Erfassen des Ganzen liefern werde.

Einen solchen Urtypus aller wohlbegrenzten, selbstständigen Elementartheile finden wir auch in jedem pflanzlichen oder thierischen Organismus — es ist dies die Zelle. Mit der Zelle beginnt die Lehre vom Leben, seinen Phasen und Gestaltungen. Die Grundform der Zelle ist die eines Tropfens gallertiger Substanz, von einer mehr oder minder festen Membran umschlossen. Ueber jene Gallerte weiss man nur so viel, dass sie in allen Zellen, seien sie nun vegetabilischen oder animalischen Ursprungs, wesentlich von derselben Natur sei, und ihrem Verhalten und ihrer chemischen Zusammensetzung zu Folge in die grosse Classe der eiweissartigen Substanzen einzureihen ist.

Diese Substanz, das Protoplasma der Pflanzenphysiologen, Sarcode der Thierphysiologen, ist unzweifelhaft der eigentliche Träger des Lebens.

Die Zelle kann ausserdem noch allerlei andere Stoffe, wie: Zucker, Stärke, Oele, Farbstoffe, Kalksalze u. s. w. einschliessen, sie kann ihre Gestalt so abändern, dass sie sich von der typischen Bläschenform bis zur Unkenntlichkeit enfernt, aber bei ihrem Entstehen tritt sie immer in einer Gestalt auf, welche sich ohne Zwang jener Urform unterordnen lässt.

Von der Anordnung der constituirenden Moleküle in der Zelle wissen wir nichts Genaueres. Wohl findet man in den meisten einen dunkeln Kern: den Zellkern, und in diesem noch kleinere Körnchen, Kernkörperchen genannt, aber die Wissenschaft ist über diese unbestimmte Wahrnehmung noch nicht weit

hinausgekommen. Die Zelle selber ist meist so klein, dass sie nur dem mikroskopischen Sehen zugänglich ist. Man hat lebende Wesen — und ein solches besteht immer wenigstens aus einer Zelle — entdeckt, die Dimensionen von  $\frac{1}{1000}$  Millimeter besaßen, also an der äussersten Grenze unserer mikroskopischen Kräfte gelegen sind.

Da man häufig im Innern mikroskopischer Wesen wieder kleinere, dort schmarotzende entdeckte, und jeder neue Fortschritt der Instrumente neue kleine Zellengebilde sichtbar machte, so war der Phantasie für die Schöpfungen der unendlich kleinen Welt ein Spielraum geöffnet, den sie oft ausgiebig benützte. Die neuere Physik hat diesem Luxus eine Grenze gezogen.

Ich habe vor zwei Jahren in einer in den Sitzungsberichten der kais. Academie abgedruckten Abhandlung gezeigt, wie man aus der Thatsache, dass eine Flüssigkeit bei ihrer Verwandlung in Dampf eine Raumvergrösserung erfahre, welche durchschnittlich das Tausendfache beträgt, und aus der von Clausius berechneten Geschwindigkeit, mit welcher sich diese Dampftheile im Raume bewegen, die durchschnittliche Grösse der Atome unserer Elemente berechnen könne.

Obwohl die Kleinheit derselben eine ganz ausserordentliche ist — sie verhält sich zur Länge einer Wr. Linie, wie diese Linie zur deutschen Meile — so folgt daraus doch, dass eine Anhäufung von Millionen Moleküle eiweissartiger Substanz bereits einen

Raum einnehmen müsse, welcher unsern besten Mikroskopen nicht leicht mehr entgehen wird.

Es liegt aber auf der Hand, dass diese Anzahl schon nicht mehr ausreicht, einen etwas complicirteren Organismus aufzubauen, aus demselben Grunde, wie es nicht möglich ist, mit nur 1000 farbigen Glasstiften ein detailreiches Mosaikgemälde — wenn auch in beliebig kleinem Massstabe — herzustellen.

\* \* \*

Wir kommen nun zu der interessanten Frage: Was thut die Zelle, worin besteht ihre Lebensthätigkeit?

Die Antwort ist im allgemeinen Umriss leicht. Die Zelle ist nur thätig, wenn sie von Feuchtigkeit umgeben ist, sie nimmt dann vermittelt Aufsaugung durch die Zellenmembran, also mittelst Endosmose, gewisse Stoffe aus ihrer Umgebung auf, sie verwandelt dieselben in ihrem Innern, d. h. sie bildet neue chemische Verbindungen, die nur in chlorophyllhaltigen Zellen bei Gegenwart von Sonnenlicht in aufsteigender Richtung der Affinität vorgehen können, und sie scheidet endlich gewisse Verbindungen aus sich aus. Aus diesen drei Thätigkeitscomponenten setzt sich jener vielbesprochene Stoffwechsel zusammen, welcher als Charakteristik der Lebensthätigkeit angeführt wird.

Die Massenzunahme der Zelle hat immer sehr enge Grenzen; werden diese überschritten, so tritt Theilung ein: aus einer Zelle sind zwei geworden.

Auf der untersten Stufe des organischen Lebens trennen sich beide Zellen sogleich, und existiren fortan als zwei selbstständige Wesen. So bei den sogenannten Monaden. Diese Trennung wiederholt sich fortwährend, und oft in so rascher Aufeinanderfolge, dass die Zahl der Individuen binnen wenigen Stunden in's Unglaubliche anwachsen kann. Man hat berechnet, dass die Nachkommenschaft eines einzigen solchen mikroskopischen Wesens binnen acht Tagen die Masse der Erde übertreffen könnte, wenn es möglich wäre, den Process ungestört fortwirken zu lassen. —

Bleiben dagegen die durch Theilung neu entstandenen Zellen mit den früheren im Zusammenhange, so haben wir ein einziges, mehrzelliges Wesen. Es ist da in Folge der Zellentheilung statt Vermehrung der Individuenzahl eine Vermehrung der integrirenden Bestandtheile eines Individuums eingetreten, wir haben statt des Phänomens der Fortpflanzung das des Wachstums vor uns.

Dieser Fall zeigt so recht deutlich, wie der Schlüssel zu den Geheimnissen des Lebens nur in der Welt der niedrigsten Organismen zu finden ist. Die zwei grossen Probleme der Zeugung und des Wachstums sehen wir hier wie zwei Zwillingsstämme aus einer Wurzel entspriessen. Bei vielen Geschöpfen war es oft zweifelhaft, ob man gewisse Zellenvermehrungen der einen oder der andern Classe zuweisen solle. So bei der Hefe, bei den Polypen und, als bekanntestes Beispiel, beim Bandwurm. Je nachdem

man bei diesem jedes Glied als ein Individuum, oder den gesammten, in sich zusammenhängenden Organismus als ein einziges Wesen ansieht, wird man die Längenzunahme als Fortpflanzung, oder als Wachstum betrachten müssen.

Das Studium dieser Verhältnisse hat die neuere Wissenschaft zu dem folgenschwersten Schritte geführt, welcher auf diesem Gebiete je gemacht worden ist. Es ist dies die Annahme, dass eine jede Zelle, ob sie nun allein oder im Verband mit anderen lebe, als ein Individuum aufgefasst werden müsse, als Einzelwesen, das, obwohl von dem Befinden des Ganzen, zu dem es gehört, vielfach abhängig, nichtsdestoweniger sein selbstständiges Leben besitzt.

Mit diesem Satz ward die althergebrachte Anschauung von der Natur total umgewandelt.

Der heutige Physiolog sieht in allen höheren Thier- und Pflanzenorganismen Zellstaaten, d. i. geordnete Conglomerate selbstständiger Individuen, ganz ähnlich dem menschlichen Staatswesen.

Diese allerdings etwas paradoxe Ansicht hat bald zu wichtigen Ergebnissen geführt, und manches Dunkel aufgehellt. Wusste man bereits seit Langem, dass das Absterben des Menschen in den Extremitäten beginnend, successive zu den Centralorganen fortschreite, also theilweise vor sich gehe, so hat man nunmehr gefunden, dass die Blutzellen in der Leiche oft noch stundenlang am Leben bleiben. Man hat gefunden, dass diese Blutzellen aus den Adern genommen und

vorsichtig gepflegt, noch lange Zeit alle Zeichen des Lebens zu bewahren vermögen.

Und ganz ähnlich wie die Thiere, sind auch die Bäume Zellstaaten, doch ist in ihnen immer der grössere Theil der Zellen bereits abgestorben.

Die Holzzellen sind todt, und dienen nur mehr als Gerüst für die allein factisch lebenden Zellen des Bastes und der chlorophyllhaltigen Organe.

Wenn man den Eibenbaum zu Braburn in England, der 3000 Jahresringe zählt, oder den berühmten Drachenbaum auf Orotava mit seinen sechs Jahrtausenden als älteste lebende Organismen aufzählt, welche das Aufblühen und Sinken der Weltreiche Persiens, Macedoniens und Roms gesehen, so ist das einfach unrichtig. Man könnte ebenso einem alten Korallenstock der Südsee ein fabelhaftes Lebensalter zuschreiben, da seine tieferen abgestorbenen Theile noch viel älter sind, und mit den noch lebenden Theilen eine ununterbrochene Reihe von Lebensprocessen repräsentiren.

Zum Ersatz dafür können wir lebende Wesen citiren, die unstreitig noch viel älter sind als jene, und denen eine unbegrenzte Dauer in Aussicht gestellt ist. Wir meinen jene Monaden, die sich durch Theilung fortpflanzen, und, insoferne gewisse höher organisirte Wesen, wie manche Borstenwürmer, auch diese löblichen Gewohnheiten haben, kann man auch diese an einem, wenn nicht ewigen, doch recht langen Leben Theil nehmen lassen. Doch bei diesen höher stehenden Wesen ist man nie sicher. Nachdem sie sich durch

viele Generationen mit der blossen Theilung beholfen, fangen sie an, man weiss oft nicht warum, auf Abwege zu gerathen: sie pflanzen sich durch geschlechtliche Zeugung fort, um aber bald wieder zur alten Gepflogenheit zurückzukehren.

Die Zwischenglieder sind aber meist sozusagen aus der Art geschlagen, sie sehen ihren Eltern und späteren Enkeln so wenig ähnlich, dass man sie oft als eigene Geschöpfe classificirte, bis eine schärfere Beobachtung dem eigentlichen Hergang auf die Spur kam. Man nennt diese Erscheinung den Generationswechsel. Bei einigen Wesen kennt man bereits die bestimmenden Ursachen dieses Generationswechsels.

Wagner in Kasan hat vor Kurzem die merkwürdige Entdeckung gemacht, dass gewisse Gallmücken während des Sommers den gewöhnlichen Cyklus von Ei, Made, Larve und geflügeltem Insect durchlaufen. Bei eintretender Kälte jedoch brechen aus der Larve statt des Insectes wieder Maden hervor, welche sich bald wieder verpuppen, um neuerdings Maden zu produciren. Erst mit eintretender Frühlingswärme liefern die Larven wieder das vollkommene geflügelte Insect, worauf der grössere Cyclus während des ganzen Sommers beibehalten wird. Dieser Fall ist namentlich für Darwin's Theorie von der Bildung der Arten von hoher Wichtigkeit.

Denken wir uns diese Mückenlarven in ein Klima von fortwährend niederer Temperatur, z. B. auf ein hohes Gebirg gebracht, so wäre zu erwarten, dass



fortwährend nur die Abwechslung zwischen Made und Larve auftreten würde, und schliesslich dieses Tempo auch beibehalten würde, wenn man nach vielen Generationen solche Geschöpfe wieder in ein wärmeres Klima brächte.

Eine andere Reihe von Beobachtungen, welche zu Gunsten dieser Theorie von der allmähigen Entwicklung der Organismen aus anders gearteten — und zwar meist in aufsteigender Richtung spricht, ist die, dass die Entwicklungszustände der höheren Wesen in ihrer Reihenfolge vom ersten Embryonalzustand bis zur vollendeten Gestalt eine Aufeinanderfolge von Gebilden darstellen, welche sehr auffallend den vollendeten Formen niedriger stehender Geschöpfe gleichen.

Um noch ein paar Thatsachen anzuführen, welche für die Auffassung eines zusammengesetzten Pflanzen- oder Thierleibes als Zellenstaat sprechen, erwähnen wir noch, wie manche Infusorien oft plötzlich in ihrer lebhaften Bewegung stille stehen, um sich nach kurzem Intervalle in einen Schwarm von kleineren Infusorien aufzulösen.

Die einzelnen Zellen haben den Staatsvertrag gekündigt und sind auseinandergegangen, um jedes für sich durch Zellentheilung einen selbstständigen Zellenstaat zu gründen.

\* \* \*

Durch diese Auffassung wird aber der Parallelismus des psychischen Lebens mit dem physiologischen

zerstört. Das Thier, das sich als Einzelwesen empfindet, d. h. mit seinem Nervensystem das Ganze wenigstens in gewisser Richtung beherrscht, ist physiologisch nicht mehr Eines, sondern eine Gemeinde, ein Staatsverband. Das einzige Zugeständniss, das die Physiologie macht, besteht darin, dass gewisse Zellen des Nervensystems eine dominirende Stellung einnehmen, dass in den höchsten Stufen vielleicht eine einzige der Sitz des geistigen Lebens sein möge, mit dem sich zu befassen übrigens ausserhalb der Aufgabe der Physiologie liegt.

Ist diese physiologische Ansicht von der Vielheit des leiblichen Theils des Menschen auch nicht sonderlich idealistisch, so kann sie andererseits doch einigermaßen mildernd wirken gegen gewisse andere unangenehme Aufschlüsse, womit uns in letzter Zeit das Mikroskop beschenkt hat. Auch der gesunde menschliche Organismus enthält nämlich eine grosse Zahl Schmarotzerwesen, sowohl thierischer als pflanzlicher Natur. Man hat sie entdeckt in jedem Organ des menschlichen und thierischen Körpers: im Auge, Gehirn, Lunge, Nieren etc., man hat gefunden, dass ihrer allein im menschlichen Munde Millionen wohnen.

Das kann mich nun weniger kränken, wenn ich erfahre, dass die Blutkörperchen, die in meinen Adern rollen, die ich bisher arglos zu meinem Ich zählte, kaum in einem näheren Verbande zu mir stehen als jene parasitischen Zellengebilde. Jedenfalls sind sie, mit Ausnahme der Cholera, Typhus etc. erzeugen-

den Pilze, und etwelcher Trichinen, ziemlich erträglich, während die eigenen Zellengruppen, wenn sie aus der Art schlagen, den ganzen Organismus unfehlbar zu Grunde richten.

Derart revolutionäre Zellen sind die Krebszellen. Dieselben sind nichts weiter, als normale Zellen, welche degenerirten und nun alle Säfte des Organismus an sich reissen; welche sehr rasch selbst zu Grunde gehen, und so durch die Erschöpfung im Entstehen, und ihre schädlichen Leichen beim Absterben, dem Leben des gesammten Zellenstaates ein rasches Ziel setzen. Aehnlich die Tuberculose, welche das andere Extrem — schwächlich herabgekommene Zellen — darbietet.

Auf die dunkle Seite dieser furchtbaren Krankheit, namentlich was ihre Entstehung betrifft, sind in letzter Zeit einige Lichtstrahlen gefallen. Ein französischer Arzt hat bemerkt, dass unter den von ihm beobachteten tuberculosen Leichen über  $\frac{1}{3}$  nachweisbar an einer Verengerung der Arteria pulmonaris, welche der Lunge ihre Nährstoffe zuführt, litten. Die Verkümmernng der Zellen in Folge dieser Beeinträchtigung ist begreiflich. Aber woher kommt die Verengerung dieses nährenden Canals, und wie konnte diese Ursache gerade in Wien so häufig auftreten? Vielleicht bringt uns eine andere Beobachtung auf die richtige Spur. In den Schweizer Nähfadelfabriken hat man bemerkt, dass jene Arbeiter, welche die Spitzen anschleifen, überaus häufig an Tuberculose zu Grunde

gehen, während sonst in jenen Gegenden diese Krankheitsform nichts weniger als heimisch ist.

Dass die eingeathmeten Stahlstäubchen die primäre Krankheitsursache seien, hat man längst erkannt, und sucht sie durch künstliche Vorrichtungen abzuwehren. Aber wie mag derselbe wirksam sein, da er in die Schlagader keinesfalls gelangen kann? Er gelangt aber in das Lungengewebe, und kann durch den ausgeübten Reiz kleine Entzündungen, und damit Schwelungen desselben hervorbringen, welche auch nach gehobener Entzündung zurückbleiben, und die Arterie comprimiren können. Erinnern wir uns, wie so häufig Lungenentzündungen eine spätere Tuberculose einleiten, so wird das Gewicht dieser Gründe noch vermehrt. Die Analogie des Wiener Granitpflasterstaubes, der von dem fast fortwährend allhier wehenden Winde unseren Athmungswerkzeugen zugeführt wird, mit jenem Stahlstaube liegt zu sehr auf der Hand, als dass wir ein Mehreres darüber zu sagen brauchten.

### **Empfindung.**

Wir wenden uns nunmehr zur näheren Betrachtung jener Zellengruppen, welche mit den edleren Functionen des Zellenstaates betraut sind, mit der Aufnahme, Fortleitung und Entwicklung der Sinnesindrücke — also zu den sogenannten Sinnesorganen, und zu dem Nervensystem.

Die specifische Wirksamkeit der Zellen der Sinnesorgane besteht aber darin, dass sie die lebendige

Kraft gewisser äusserer Impulse möglichst vollständig in Nervenbewegung umsetzen. Diese Impulse sind für die verschiedenen Sinnesorgane sehr verschiedener Natur. Molekulare Wärmeschwingungen u. dgl. für den Tastsinn, oscillatorische Stösse der Luftmoleküle für das Gehör, ähnliche Wellenstösse im Aether für die Netzhaut des Auges, endlich chemische Reactionen aufgelöster Stoffe, ausgeübt auf die Nervenenden des Geschmack- oder Geruchorganes.

Gemeinsam ist allen Sinneseindrücken, dass die im Organ erzeugte Nervenerregung von Nervenzelle zu Nervenzelle fortgeleitet wird, bis zum Centralorgan der Empfindung: bis in's Gehirn.

Die durchgreifende Aehnlichkeit des Nervensystemes mit einem äusserst vollkommenen Telegraphensysteme, dessen Oberleitung ihren Sitz im Gehirn habe, ist längst aufgefallen, sie lässt sich bis in das kleinste Detail verfolgen.

Das Nervensystem mit seinem allbeherrschenden Mittelpunkt allein bewirkt, dass ein so sehr zusammengesetzter Zellenverband, wie ihn der Organismus der höheren Thiere darbietet, den Eindruck eines Individuums macht, und sich auch als solches fühlt.

Bei den niederen Thieren, wo ein solches centralistisches System fehlt, wo das zerschnittene Geschöpf ohne sonderliche Störung als Zweiheit fortlebt, ist an eine solche ideale Einheit nicht wohl zu denken.

Wir können an der Hand der mikroskopischen Anatomie den Weg einer Sinnesaffection im Nerven

verfolgen bis zu seinem Eintritt in's Gehirn. Hier aber geht der Faden verloren in jenem Gewirre von Hirnwindungen und Nervenfasern, an welchem bisher alle Kunst der Untersuchung scheiterte. Aber sie gleicht einem jener Gebirgsbäche, welche plötzlich in eine dunkle Erdspalte verschwinden, um in weiter Entfernung wieder an das helle Tageslicht zu treten.

So sehen wir unsere verlorene Nervenbewegung plötzlich im Sensorium als Sinnesempfindung auftauchen. Welche merkwürdige Metamorphose ist mit ihr auf jener kurzen Strecke vorgegangen! Wie sehulich wäre zu wünschen, dass es endlich gelingen möge, jenes dunkle Wirrsal im Gehirne, wo die Wandlung vor sich gegangen, zu entwirren!

Ist aber diese unsere Hoffnung überhaupt eine erfüllbare?

Es gibt Fragen, welche sich im Vorhinein beantworten, bei denen ein Eingehen auf ein näheres Detail ganz und gar überflüssig ist. Wenn uns ein genialer Erfinder einen complicirten Mechanismus mit einem sinnverwirrenden Luxus von Räderwerk vorzeigte, und unsere Wissbegierde zu reizen versuchte, den Zusammenhang des Ganzen zu erforschen, und wir schon bereit wären, die schwere Arbeit zu versuchen, vermöchte die vertrauliche Mittheilung, dass wir hier das langgesuchte Wunder des Perpetuum mobile nahezu verwirklicht vor uns haben, allsogleich von jedem weiteren Eingehen abzuschrecken. Wir wissen uns im Besitze mechanischer Axiome von unwider-

leglicher Giltigkeit, welche die Unmöglichkeit des Perpetuum endgiltig entschieden haben. Und ähnlich — was kann uns das Mikroskop des Physiologen der Zukunft über die Metamorphose der Nervenaffection im Gehirne für mögliche Enthüllungen bringen? Dasselbe kann uns möglicher Weise leiten durch ein Labyrinth der wundervollsten Gebilde, uns ein Ineingreifen von Bewegungen nachweisen, so reich und mannigfaltig, dass alle sonst im organischen Reiche angestaunten Wunder daneben erbleichen, und dennoch werden diese Erscheinungen niemals auch nur die entfernteste Aehnlichkeit haben mit der simplen Empfindung: warm oder bitter.

Die Annäherung ist unmöglich, nicht etwa deshalb, weil die letztern so sehr erhaben über jenen ständen — dies ist bei solchen rohen Elementen kaum vorauszusetzen — sondern weil sie eben ein spezifisch Anderes sind. Unsere modernen Materialisten, welche die psychischen Vorgänge innerhalb der Gehirnfasern direct aufzufinden hoffen, gleichen sie nicht jenem africanischen Fetischmann, welcher, als ihm ein Missionär die Schilderung des Paradieses aus der Bibel vorlas, höchlich erstaunt war, wie er im Gewirre der Lettern so durchaus keine Spur der berichteten Herrlichkeiten zu erkennen vermochte.

Es liegt auf der Hand, hier beim Eintritte der Empfindung muss zugleich ein neues Princip in die Forschung eintreten.

Die Behauptung, dass der Gedanke eine einfache Secretion des Gehirnes wäre, genau so wie die Galle eine solche der Leber, ist dem Gehalte nach nichtsagend, der baroken Form nach aber nur bestimmt, Aufsehen zu erregen, und die Augen Aller auf die am weitest fortgeschrittenen Jünger der neuen Weisheit hinzulenken. Doch ist heute die Fluth jener ephemeren Erscheinungen bereits stark im Schwinden begriffen.

Wenn dereinst das Fundament des seelischen Lebens erkannt sein wird, und die Methoden, welche auf diesem Gebiete das Wissen vermitteln, zu Tage kommen, wird auch hier die echte Forschung einziehen, mit ihrem stillen Walten und ihren rastlosen Versuchen. Wie die Untersuchung der Zelle dem Physiologen die Erkenntniss des kunstreichen leiblichen Organismus erschliesst, so wird die einstige Psychologie aus jenen unscheinbaren Empfindungen die Elemente zu gewinnen trachten, um den bei weitem wunderbareren Organismus der Psyche zu enträthseln. Und die ernstesten Arbeiter werden auch hier ihren schönsten Lohn finden im gesicherten Besitze der Wahrheit, und in jenem emsigen Suchen nach ihr, welches unser Lessing dem Besitze selbst an Genusseligkeit fast noch vorzuziehen fand.

Ward auch dieser Genuss als höchster Preis der Arbeit dem productiven Forscher vorbehalten, so ist doch jener andere kaum minder gross, welcher dem stillen Beobachter des Fortschrittes auf den verschiedenen Gebieten der Naturwissenschaft zu Theil wird.



Von Zeit zu Zeit wie in einen Garten einzutreten, sich an neu hervorbrechenden Blüten und heranreifenden Früchten zu erfreuen, und mehr noch, zu errathen, wo in nächster Zeit etwas Schönes zu hoffen sei, und abzuwägen, auf welchem Bezirke wohl in diesem Moment die Periode des üppigsten Wachstumes eingetreten, ist fürwahr die erhebendste Erholung nach abgethanem einförmigem Tagewerk auf engbegrenztem Felde, eine ausgiebige Entschädigung für so manche fruchtlos aufgewendete Mühe.

Zwar wie nichts Menschliches vollkommen ist, wird auch dieser stille, reine Genuss getrübt durch den Vergleich, wie wenig all' dieser Reichthum sagen will im Vergleich zu den Wissensschätzen, welche einer beglückteren Folgezeit vorbehalten sind, und Wehmuth beschleicht uns bei dem Gedanken, wie der rasche Schritt der Wissenschaft überboten wird von der Hast, welche unseren Pulsschlag beflügelt, und uns binnen Kurzem dem Mitgenuss des grossartigen Schauspiels entführen wird.

Milderung dieses bitteren Gefühles vermag allein die warme Hingebung an das Ganze zu gewähren, der feste Glaube an die stets wachsende Wohlfahrt, und an die rastlos fortschreitende Entwicklung der Menschheit.

Hier vor Allem macht die Naturwissenschaft ihr Uebergewicht geltend, und wenn sie die Befriedigung des Wahrheitsdranges als nächstes Ziel mit jeder Wissenschaft gemeinsam hat, so ist es doch erlaubt

hinzuweisen auf ein ihr eigenthümliches Zweites: die Emanzipation der Menschheit von dem erniedrigenden Drucke des nackten Bedürfnisses. Mit jedem ihrer Erfolge erweitert sie die Kluft, welche das Menschengeschlecht von der Thierwelt trennt, und jenes höchste Ziel der harmonischen Entwicklung aller in ihm gelegten Keime kann nur durch sie erreicht werden.

Die schöne Sage von einem goldenen Zeitalter enthält eine tiefe Wahrheit. Wir leben in einer eisernen Zeit der Mühsal und des Ringens, und blicken oft sehnsuchtsvoll aus nach glücklicheren Tagen, aber, meine Herren! wir suchen heute nicht mehr diese Zeit hinter uns in geträumten Kinderjahren der Menschheit, voll idyllischer Unschuld — eine solche hat es in den Pfahlbautenwohnungen unserer Voreltern niemals gegeben — wir suchen sie vor uns im reifen Mannesalter des Geschlechtes; hier finden wir den Menschen in Wahrheit als Herrn der irdischen Schöpfung, wir sehen ihn gehoben und gekräftigt durch den wohl-erworbenen, mit dem Schweisse von Generationen erkauften Genuss der Frucht vom Baume des Lebens und der Erkenntniss.

---