

Der

## Entwicklungsgang in den Naturwissenschaften.<sup>1)</sup>

Ein Vortrag gehalten im Vereine für Naturkunde in Linz von  
**Wilhelm Kukulka.**

**W**enn wir die Natur von dem Gesichtspunkte des Forschers betrachten, so lässt sie sich mit einem Bergwerke vergleichen, das erfüllt ist mit unermesslichen, reichen Schätzen. Aber nur ein verhältnismässig kleiner Theil dieser Schätze ist bis jetzt aufgeschlossen und gehoben. Der Forscher in der Wissenschaft ist der thätige Bergmann, der, mühsam und unverdrossen in dem Geistesschachte der Gegenwart und Vergangenheit nach Erzen suchend, emsig hämmert und pocht und die endlich gefundenen zu Tage fördert. Kaum aber fallen die ersten Stralen des goldenen Tages auf das Erz, da glitzert und spiegelt es von den Kanten desselben, da geht es an's Reinigen und Hämmern und Verarbeiten, bis es hinaustritt in die weite Welt und das bewegende Motiv für Millionen denkender Köpfe wird.

Die Natur hat uns freiwillig sehr wenig, fast nur das zum physischen Leben unumgänglich Notwendige gegeben. Das Erwerben und Erhalten überlässt sie dem schaffenden menschlichen Geiste. „Wissen und Erkennen“ sagt Humboldt, „sind die Freude und

---

<sup>1)</sup> Der Ausschuss des naturwissenschaftlichen Vereines ersuchte mich, den Vortrag, welchen ich heuer über den Entwicklungsgang der Naturwissenschaften hielt, im Jahresberichte zu veröffentlichen. Ich entspreche diesem Wunsche mit dem Bemerkten, dass ich mir die Aufgabe stellte, das interessante Thema in gemeinverständlicher Form einem grösseren Zuhörerkreise vorzuführen. Von diesem Gesichtspunkte möge man meine Darstellung, die sich von dem Vortrage allerdings durch mehrfache Kürzungen unterscheidet, betrachten und in dem entschuldigen, wo sie nichts Neues bringt.

die Berechtigung der Menschheit; sie sind Theile des Nationalreichtums, oft ein Ersatz für die Güter, welche die Natur in allzu kärglicher Masse ausgetheilt hat“. Auch das eigene Walten der Natur liegt selten so offen vor uns, dass jedermann im Stande wäre, dasselbe unmittelbar sich zu erklären. Die meisten uns bis jetzt bekannten Naturerscheinungen blieben der menschlichen Beobachtung lange Zeit hindurch gänzlich verschlossen und mussten durch lange andauerndes, mühseliges Studium geradezu entdeckt werden.

Das Thema, dessen Besprechung ich mir gewählt, ist ein so umfassendes, dass es sich in zwei auch drei Vorträgen nicht erschöpfend behandeln lässt. Ich werde es mir daher zur Aufgabe machen, gestützt auf einige besonders hervorragende Beispiele, den Weg zu zeichnen, den man eingeschlagen hat, um vom Wahrnehmen natürlicher Dinge allmählich und stufenweise zu deren Erkennen und Wissen zu gelangen.

Es ist ein dem Menschen angeborenes Streben, über die Erscheinungen der ihn umgebenden Natur nachzudenken und sie auf ihre Grundursachen zurückzuführen. Schon in sehr früher Zeit haben die Menschen die Erfahrung gemacht, dass undurchsichtige Körper im Sonnenscheine einen Schatten werfen, der mehr oder weniger deutlich die Umrisse des schattenwerfenden Körpers wiedergibt. Weiterhin mussten sie wahrnehmen, dass die Gestalt dieses Schattens in einer bestimmten Abhängigkeit von dem jeweiligen Stande der Sonne sich befindet, in der Art, dass jede von einem beliebigen Punkte des Schattenumrisses zu dem correspondierenden Punkte an der Oberfläche des betreffenden Körpers gezogene gerade Linie in ihrer Verlängerung die Sonne trifft. Diese allgemein geltende Beobachtung, welche schon in frühester Zeit gemacht wurde, genügte zur Erklärung der wechselnden Gestalt des Schattens, und ermöglichte es sogar, diese Gestalt in allen Fällen schon im voraus zu bestimmen.

In unmittelbarem Zusammenhange mit dieser Beobachtung machten die Alten die Wahrnehmung, dass das Sehen durch Strahlen bewirkt wird, die von der Sonne in geraden Linien nach allen Richtungen ausgehen. Eben so war ihnen klar, dass, weil die Lichtstrahlen nur in geraden Linien sich fortpflanzen, das Innere beschatteter Räume nicht unmittelbar beleuchtet werden könne. Nachdem aber dieser Gedanke einmal gefasst war, liessen sich auch verschiedene andere verwandte Vorgänge damit rechtfertigen. So erblickt man die Sonne nicht mehr, wenn man zwischen sie und das Auge

einen undurchsichtigen Körper bringt, so dass eine von ersterer zu letzterem gezogene gerade Linie durch den undurchsichtigen Körper geht. Oder wenn man in den Fensterladen eines dunklen Zimmers eine enge Spalte macht und dadurch das Sonnenlicht einströmen lässt, so nimmt man helle Streifen wahr. Durch dergleichen Wahrnehmungen mussten die Alten sehr bald zur Erkenntnis gelangen, dass nicht bloss die Sonne allein, sondern überhaupt alle leuchtenden Körper ihr Licht in geraden Linien fortpflanzen.

Die Feststellung des Begriffes, was ein Lichtstral ist, war ein grosser Fortschritt in der Erkenntnis. Alle Formen der Schattenbildung, der bald mehr, bald weniger rasche Uebergang vom Licht zum Schatten, die Entstehung der Spiegelbilder liessen sich daraus ohne Schwierigkeit erklären. Auch waren damit die ersten Anfänge gemacht zur Lehre von der Perspective, die Gegenstände und ihre einzelnen Theile so zu zeichnen, wie sie uns erscheinen.

Aus dem Begriffe des Lichtstrales als einer geraden Linie ergeben sich noch andere höchst wichtige Folgerungen, die aber den alten Naturforschern theils unbekannt, theils unklar blieben. Hätten sie es verstanden, die äusseren Hilfsmittel des Studiums in geeigneter Weise zu verwerten, und die Erscheinungen nach einer möglichst grossen Zahl ihrer Eigentümlichkeiten und Beziehungen zu anderen Erscheinungen zu beleuchten und festzustellen, so wäre ihnen wol schwerlich die folgenreiche Entdeckung jener Erscheinung in der dunklen Kammer entgangen, welche darin besteht, dass Gegenstände, die sich vor einem Schirme mit sehr kleiner Oeffnung befinden, hinter diesem Schirme auf einer weissen Fläche in hinreichend verdunkeltem Raume deutlich, jedoch in umgekehrter Stellung abgebildet erscheinen.

Unbekümmert um die Auffindung der Gesetze waren die alten Naturforscher, insbesondere Aristoteles und seine Anhänger mit Vorliebe bestrebt, bei der Beobachtung von Naturerscheinungen eine Ursache vorzuschützen. Dadurch wirkten sie hemmend auf die rasche Entwicklung der Naturwissenschaften. Zum Beweise dessen will ich nur einige Beispiele anführen. Aristoteles blieb die Erscheinung, dass das zwischen dem Laube schattiger Bäume durchfallende Sonnenlicht im Innern des Schattens, nämlich auf dem Boden kreisförmige Flecken beleuchtet, nicht unbekannt. Anstatt aber die geradlinige Fortpflanzung des Lichtes auf diese Erscheinung anzuwenden, erklärte er dieselbe durch die Annahme, dass das Sonnenlicht eine Circularnatur besitze. Gegenwärtig wissen wir, dass die kleinen zwischen den Blättern zufällig vorhandenen Lücken, durch welche das Sonnen-

licht einfällt, engen Oeffnungen im Fensterladen eines verdunkelten Zimmers vergleichbar sind; dass die von der Sonne ausgehenden und durch eine enge Oeffnung einfallenden Stralen im Hintergrunde des beschatteten Raumes, in dem vorliegenden Falle auf dem Boden, einen Flecken beleuchten, und dass alle so beleuchteten Flecken nach den Regeln der Symmetrie, jene Zwischenräume mögen nun rund, dreieckig sein oder was immer für eine Gestalt haben, sich zu einem Bilde des leuchtenden Körpers zusammensetzen.

Auch die so berühmt gewordene Aristotelische Theorie der vier Elemente vermochte nicht, der Kritik der fortschreitenden Wissenschaft Stand zu halten. Im Sinne dieser Theorie sind die Naturkörper bekanntlich aus vier Grundstoffen oder Elementen zusammengesetzt: der Erde, dem Wasser, der Luft und dem Feuer. Jedem dieser Elemente ist von der Natur ursprünglich seine Stelle im Weltraume angewiesen, rings um den Mittelpunkt des Weltraumes, der mit dem Mittelpunkte der ruhenden Erde zusammenfällt. Neben anderen Eigenschaften ist zugleich jedem Elemente eine eigentümliche, lotrecht aufwärts oder abwärts gehende Bewegung verliehen, oder vielmehr ein Streben zur Bewegung, vermöge dessen es seine Stellung im Raume wieder aufsucht, wenn es irgendwie durch gewaltsame äussere Einflüsse aus derselben entfernt worden war. Die tiefste Stelle im Raume nimmt die Erde ein, darauf lagert das Wasser, dann die Luft und das Feuer. Steine, welche dem Elemente Erde angehören, fallen in der Luft, sinken im Wasser unter und können nur durch gewaltsame Ursachen wieder gehoben werden. Die Luft, da sie ihren Platz über dem Wasser hat, steigt in diesem auf; heisse Luft und Rauch, welche von dem Elemente Feuer aufgenommen haben, erheben sich in kalter Luft.

Man sieht, dass diese Theorie sich auf Erfahrungen stützt und das denselben Gemeinsame abzuleiten sucht. Allein die Thatsachen waren nur oberflächlich beobachtet und entsprechen theils ungenügend, theils gar nicht der auf sie gegründeten Theorie. Wir können jetzt durch den Versuch nachweisen, dass Steine, Wasser und Rauch mit gleicher Geschwindigkeit zu Boden fallen, während im Sinne der Aristotelischen Theorie Steine, weil sie im Wasser unter-sinken, ein grösseres Fallbestreben haben müssten, als Wasser; dieses schneller fallen müsste, als Rauch u. s. w. Zu diesem Zwecke bringt man in eine Glasröhre, welche an dem einen Ende mit einem Messingdeckel luftdicht geschlossen, am anderen aber mit einer ähnlichen Fassung sammt Sperrhahn versehen ist, ein Metallstückchen, Kork, Papier, Federn, schraubt dieselbe an der Luftpumpe fest und

entfernt daraus die Luft. Wird die Röhre dann abgeschraubt, vertikal gehalten und plötzlich in die umgekehrte Stellung gebracht, so sieht man alle darin eingeschlossenen Körper gleich schnell herabfallen. Wenn man dagegen die Röhre umkehrt, so lange sie noch Luft enthält, so fallen die leichten Körper langsamer als die schweren, was seinen Grund bloss in dem Widerstande der Luft hat, welcher von dem Metallstücke leichter, als von dem Papier oder der Feder überwunden werden kann. Denselben Versuch kann man mit Wasser oder Rauch wiederholen, wenn diese Körper in eine ähnliche Röhre eingeschlossen wurden, in der man die Luft möglichst verdünnt.

Etwa 100 Jahre nach Aristoteles gab Archimedes die auf experimentelle Forschung begründete Erklärung von dem Aufsteigen leichterer Körper im Wasser, und legte gleichzeitig den Grundstein zur Mechanik, indem er nachwies, dass an einem geradlinigen Hebel zwei Gewichte im Gleichgewichte sind, wenn sie im umgekehrten Verhältnis zu ihren Entfernungen vom Unterstützungspunkte stehen.

Trotz dieser bedeutsamen Entdeckungen behauptete die Aristotelische Theorie der vier Elemente bis zum Ausgange des Mittelalters ungeschmälert ihre Herrschaft, ja sie bildete sogar bis in die neueste Zeit hie und da einen Theil des Schulunterrichtes.<sup>2)</sup> Ein zu stark ausgeprägter Autoritätsglaube, religiöse Vorurtheile und der das ganze Mittelalter kennzeichnende Hang zum Mysticismus, welcher die natürlichen Vorgänge nicht auf Ursache und Wirkung, sondern auf geheimnisvolle übersinnliche Kräfte zurückführte, hinderten eine raschere Entwicklung der Naturwissenschaften und die allgemeine Verbreitung ihrer Errungenschaften.

Der Aufschwung der Naturwissenschaften im Abendlande erfolgte nach Entdeckung der Buchdruckerkunst und fast gleichzeitig mit der Bewegung auf religiösem Gebiete im 16. Jahrhundert. Er erfolgte, nachdem man sich von dem Autoritätsglauben losgesagt und die streng inductive Methode angenommen hatte, welche darin besteht, dass man vom Besonderen ausgeht und daraus allgemein gültige Gesetze ableitet. Und diese Methode ist besonders von den deutschen Forschern angewendet und festgehalten worden, so zwar,

<sup>2)</sup> An mehreren Volksschulen unseres Innviertels wurde noch vor 4 Jahren ein von einem bairischen Volksschullehrer verfasster „Katechismus der Naturkunde“ gebraucht, in welchem sich unter anderem auch folgende Sätze befanden: Wie viele Elemente gibt es? Antwort: Vier. Wie heissen sie? Antwort: Luft, Feuer, Erde und Wasser.

dass bis zum heutigen Tage Deutschland der Hauptentwicklungsplatz für die Naturwissenschaften geblieben ist.

Der erste bedeutende Mann aus jenem Zeitalter ist **Nikolaus Kopernikus**, Domherr zu Frauenburg in Preussen, geb. zu Thorn im Jahre 1473. Unzufrieden mit dem Mangel an Symmetrie des alten, von Ptolomäus aufgestellten „WELTSYSTEMS“<sup>3)</sup> stellte er sich die Frage, „ob es nicht möglich wäre, durch die Annahme einer bewegten Erde von jenen himmlischen Bewegungen bessere Erklärungen als die bisher vorgebrachten aufzufinden“. Nach langen und mühsamen Studien fand er, „dass, wenn die Bewegungen der anderen Planeten mit denen der Erde verglichen werden, nicht nur die Erscheinungen derselben vollkommener erklärt werden, sondern auch, dass die verschiedenen Bahnen dieser Planeten und dass überhaupt das ganze grosse System derselben, in Beziehung auf Ordnung und Grösse, so wol verbunden sind, dass man keinen Theil des Systems ändern kann, ohne dadurch das Ganze zu stören und das gesammte Weltall in Unordnung zu bringen“.

Eine fast übertriebene Bescheidenheit liess es nicht zu, sein System, nach welchem sich die Erde und die übrigen Planeten um ihre Axe und um die Sonne bewegen, der Oeffentlichkeit zu übergeben. Erst 23 Jahre nach Auffindung desselben fand er sich durch die wiederholten Bitten und Vorstellungen seiner Freunde bewogen, die Handschrift in Druck zu legen. Das Epoche machende Buch erschien im Jahre 1543 zu Nürnberg und führt den Titel: *Libri sex de orbium coelestium revolutionibus*. Auf seinem Sterbebette, wenige Stunden vor seinem Tode empfing er das erste Exemplar seines Werkes, in welchem er sich selbst das schönste und unvergänglichste Denkmal gesetzt hat.

Die neue Lehre erforderte einige Zeit, um ihren Weg unter den Menschen zurückzulegen; sie musste geprüft und durch anderweitige Entdeckungen practisch bestätigt werden. Und so war es auch. Die Sichelgestalten der Venus und des Mercur, welche Kopernikus als eine Folge seiner Lehre im voraus angekündigt hatte, erkannte man sofort, nachdem Galilei sein Fernrohr verfertigt und zur Beobachtung der Himmelskörper angewandt hatte. Im Jahre 1658 erfand der Physiker Huygens (spr. Heugens) die Pendeluhr. Als im Jahre 1672 der französische Astronom Richter eine solche Uhr von Paris, wo

<sup>3)</sup> Nach Ptolomäus ist die Erde der feststehende Mittelpunkt für die Bewegung der sogenannten 7 Planeten: Mond, Sonne, Merkur, Venus, Mars, Jupiter und Saturn.

sie vollkommen richtig gieng, nach Cayenne in die Nähe des Aequators brachte, fand er, dass sie in Cayenne täglich um  $2\frac{1}{2}$  Minuten zurückblieb. Die Erklärung dieser Erscheinung ergibt sich theils aus der abgeplatteten Gestalt der Erde, theils aus der mit der Axendrehung der Erde verbundenen Schwungkraft, welche der Schwere am Aequator am stärksten entgegenwirkt und dieselbe vermindert. Wir erblicken sonach auch in dieser Thatsache, welche später noch häufig durch in verschiedene geographische Breiten gebrachte Pendeluhren bestätigt wurde, einen Beweis für das Kopernikanische System. Ein Hauptgegner dieser Lehre war der Prager Astronom Tycho de Brahe. Wenn die Erde, meinte Tycho, sich um ihre Axe von West nach Ost dreht, so ist es nicht möglich, dass ein Stein aus einer gewissen Höhe senkrecht auf dieselbe herabfallen könne; er müste vielmehr nach Westen abweichen. Dieser Einwurf beruht auf einer falschen Auffassung von der Zusammensetzung der Kräfte, denn der Stein hat schon vor dem Fallen an der Bewegung der rotierenden Erde theilgenommen, die er durch den hinzukommenden Fall nicht verlieren kann. Die Versuche, welche Benzenberg auf dem Thurme der Michaelskirche in Hamburg anstellte, haben nachgewiesen, dass ein von der Thurmspitze herabfallender Stein von der senkrechten Richtung allerdings etwas abweiche, aber nicht nach Westen, sondern nach Osten, weil er in der Höhe, von der er fiel, einen grösseren Kreis zu beschreiben hatte, folglich sich schneller bewegen musste, als ein Punkt am Fusse des Thurmes. So hat also dieser Versuch, welchen Reich in einem tiefen Schachte des Freiburger Bergwerkes wiederholte, einen directen Beweis für die Axendrehung der Erde, und somit auch für die Lehre des Kopernikus geliefert.

Bald nach Kopernikus Tode sehen wir auf dem naturwissenschaftlichen Horizonte in **Johannes Kepler** einen Stern erster Grösse leuchten. Geboren im Jahre 1571 zu Magstatt bei Weil im Königreiche Württemberg, wurde er, 22 Jahre alt, Professor am Gymnasium in Graz, darauf Gehilfe des kaiserlichen Astronomen Tycho de Brahe in Prag, nach dessen Tode eben dortselbst kaiserlicher Hofmathematiker, im Jahre 1613 Professor am Gymnasium in Linz und seit 1628 im Dienste Wallensteins zu Sagan in Preussisch-Schlesien, welcher ihm endlich eine Professorstelle an der Universität Rostock verlieh, über die er das Patronatsrecht hatte. Nachdem der klare Geist des Kopernikus die alte Ordnung mit einem kühnen Schlage umgekehrt, die Erde unter die Gestirne versetzt und diese zu Weltkörpern gemacht hatte, erfasste Kepler's phantasiereiche Specu-

lation den Gedanken von physischen Kräften, welche die Bewegungen der Himmelskörper regeln, und stellte von dieser neuen Weltallsphysik jene drei Gesetze auf, welche seinen Namen unsterblich machen.

1. Die Bahnen der Planeten sind Ellipsen, in deren einem Brennpunkte sich die Sonne befindet.

2. In gleichen Zeiten beschreibt der *Radius vector* <sup>4)</sup> eines Planeten gleiche Flächenräume.

3. Die Quadratzahlen der Umlaufzeiten zweier Planeten verhalten sich wie die Kubikzahlen ihrer mittleren Entfernung von der Sonne.<sup>5)</sup>

Den Anlass zur Entdeckung des ersten und zweiten Gesetzes gab ihm der Versuch, den er im Jahre 1600 im Vereine mit Tycho de Brahe zu dem Zwecke anstellte, um die beobachteten Bewegungen des Planeten Mars der alten epicyklischen Theorie anzupassen. Die alten Astronomen waren nämlich der Ansicht, dass die Sonne, der Mond oder ein Planet sich in der Peripherie eines Kreises bewege, während der Mittelpunkt des Kreises wieder auf der Peripherie eines anderen Kreises fortrücke, in dessen Mittelpunkt sich die Erde befinden sollte. Nachdem Kopernikus gelehrt hatte, dass die Bahnen der Planeten sich auf die Sonne, als ihren gemeinschaftlichen Mittelpunkt beziehen, so legte sich Kepler die Frage über die wahre Gestalt dieser Bahnen und die wahre Bewegung jedes Planeten in dieser seiner Bahn vor. Nach langen und mühsamen Studien entschloss er sich, die epicyklische Theorie ganz aufzugeben und an ihre Stelle die elliptische zu setzen. Die Resultate dieser Arbeiten, das erste und zweite Gesetz, veröffentlichte er im Jahre 1609 in dem vortrefflichen Werke: *de motibus stellae Martis* (von der Bewegung des Planeten Mars).

Zur Auffindung des dritten Gesetzes gelangte er, indem er die mittleren Entfernungen der Planeten mit den Umlaufzeiten derselben verglich. Dieses Gesetz wird von ihm im 3. Kapitel des 5. Buches seiner *Harmonice mundi* (die vollkommene Harmonie der himmlischen Bewegungen) mit folgenden Worten erläutert: „Es ist völlig gewiss und sehr genau, dass das Verhältniß von den periodischen Umlaufzeiten je zweier Planeten das sesquiquiplicate (anderthalbfache) von dem

<sup>4)</sup> Der *Radius vector* ist die von dem Brennpunkte nach irgend einem Punkte der Ellipse gezogene Gerade.

<sup>5)</sup> Das Quadrat einer Zahl erhält man, wenn man sie mit sich selbst multipliziert, und die Kubikzahl, wenn man sie dreimal als Factor setzt z. B. das Quadrat von 2 ist =  $2 \times 2 = 4$ , die Kubikzahl von 2 ist =  $2 \times 2 \times 2 = 8$ .



Verhältnis der mittleren Entfernungen, d. h. von den Halbmessern der Bahnen ist. Die Umlaufszeit der Erde z. B. beträgt ein Jahr, die des Saturns 30 Jahre. Wenn man aber die Kubikwurzel<sup>6)</sup> von der Zahl 30 nimmt und diese Zahl auf's Quadrat erhebt, so findet man genau das Verhältnis der mittleren Entfernung der Erde und des Saturns von der Sonne. Denn das Quadrat der Kubikwurzel von 1 ist 1; die Kubikwurzel von 30 aber ist etwas grösser als 3 und daher das Quadrat dieser Wurzel auch etwas grösser als 9. Saturns mittlere Distanz von der Sonne aber ist ebenfalls nur etwas grösser, als neunmal die Entfernung der Erde von der Sonne“. Nachdem er dieses Gesetz entdeckt hatte, schrieb er mit der ihm eigenen Begeisterung folgende Worte: „Was ich schon glaubte, ehe ich die Harmonie des Ptolomäus gesehen hatte; was ich meinen Freunden nannte, noch ehe ich meiner Entdeckung selbst sicher war; das, weswegen ich nach Prag gieng und mich mit Tycho verband, und das endlich, dem ich den grössten und besten Theil meines Lebens geopfert habe — das habe ich endlich gefunden und an's Licht gebracht und die Wahrheit desselben auf eine Weise erkannt, die selbst meine glühendsten Wünsche noch übersteigt“.

Kepler erwarb sich auch um die Optik grosse Verdienste, indem er das nach ihm benannte Fernrohr erfand und eine besondere Abtheilung der Optik, die sogenannte Dioptrik oder die Lehre von der Brechung des Lichtes wissenschaftlich begründete. Besonders fruchtbar war die Zeit seines Aufenthaltes in Linz. Hier erschienen seine Weltharmonik, das Lehrbuch der Kopernikanischen Astronomie, die Stereometrie der Fässer, seine Hauptschrift über die Kometen, die erste Serie der Ephemeriden u. a. Aber es mehrten sich auch die äusseren Bedrängnisse; sein Leben war fortan ein Kampf mit Entbehrungen und Widerwärtigkeiten aller Art. Er starb im Jahre 1630 zu Regensburg.

Denkwürdig ist die Grabschrift, welche er sich selbst gesetzt:

*Mensus eram coelos, nunc metior terrae umbras;*

*Mens coelestis erat, corporis umbra jacet.*

In deutscher Uebersetzung:

Lebend mass ich die Himmel, nun mess' ich das  
Dunkel der Erde;

<sup>6)</sup> Die Zahl, welche dreimal mit sich selbst multipliziert wurde, heisst die Kubikwurzel des erhaltenen Produktes, z. B. 2 ist die Kubikwurzel von 8, 3 die Kubikwurzel von 27.

Himmeln entstammte der Geist, Erde bedeckt  
nun den Leib.

Eine sehr bedeutende Verbesserung und Erweiterung haben die Naturwissenschaften durch die Untersuchungen des italienischen Physikers **Galileo Galilei** erfahren. Seine erste Entdeckung war das Gesetz der Pendelschwingungen. Eines Tages, als er noch Student in Pisa war, wohnte er dem Gottesdienste in der dortigen Domkirche bei. Zufällig fiel sein Blick auf eine Lampe, welche an einem langen Seile hieng und sich in langsamen Schwingungen hin und her bewegte. Er verglich nun diese Schwingungen mit seinen eigenen Pulsschlägen und fand, dass, obwol dieselben allmählich kleiner wurden, dennoch die Zeit, welche zu einer Schwingung erforderlich war, stets genau dieselbe blieb. Da ihn diese Erscheinung überraschte, so stellte er darüber in seiner Wohnung Versuche an, welche ihn von der Richtigkeit derselben überzeugten und zugleich den Beweis lieferten, dass ein längeres Pendel langsamer schwingt als ein kürzeres. Auf diese Art fand er das erste Pendelgesetz, welches mit folgenden Worten ausgedrückt wird: Die Dauer kleiner Schwingungen eines und desselben Pendels sind von der Schwingungsweite unabhängig; die Schwingungen sind isochron, d. h. sie erfolgen alle in gleichen Zeiten.

Bald nachher entdeckte er die Gesetze des freien Falles. Ein Körper, der nicht unterstützt oder nicht aufgehängt ist, fällt zur Erde nieder. Die dieses Fallen bewirkende Kraft, welche aus der Anziehung der gesammten Erdmasse auf jeden ausser ihr befindlichen Körper resultiert, nennt man die Schwerkraft. Es steht gegenwärtig fest, dass ein Körper, der unter dem Einflusse der Schwerkraft in unserer Gegend herabfällt, nach der 1. Secunde einen Weg von  $15\cdot5$  Fuss, nach der 2. Secunde einen Weg von  $4 \times 15\cdot5$ , nach der 3. Secunde einen Weg von  $9 \times 15\cdot5$ , nach der 4. Secunde einen Weg von  $16 \times 15\cdot5$  Fuss u. s. w. zurücklegt, oder mit anderen Worten, dass sich die Fallräume wie die Quadratzahlen der Zeiten verhalten. Dieses Gesetz wies er durch den Versuch nach.

Galilei liess von der Spitze des Kirchthurmes zu Pisa Kugeln aus verschiedenen Metallen herabfallen und machte die Wahrnehmung, dass sie alle zu gleicher Zeit und mit zunehmender Geschwindigkeit auf dem Erdboden ankamen und dass die Räume, welche sie in einer

bestimmten Zeit zurücklegten, zu dieser Zeit nicht in einem einfachen Verhältnisse stehen, sondern dass die Bewegung eines frei fallenden Körpers als eine gleichförmig beschleunigte angesehen werden muss. Da aber Metallkugeln oder andere schwere Körper aus einer grösseren Höhe so schnell herabfallen, dass es nicht möglich ist zu bestimmen, in welchem Punkte des Fallraumes der Körper sich in jedem Augenblicke befindet, so wiederholte er den Versuch auf einer schiefen Ebene. Ein schwerer Körper kann auf einer schiefen Ebene nicht ruhen, sondern er wird durch die ununterbrochen auf ihn einwirkende Schwerkraft hinabgezogen. Nun verhält sich in diesem Falle, wie sich durch Versuche leicht nachweisen lässt, die beschleunigende Kraft zum Gewichte des Körpers, wie die Höhe der schiefen Ebene zu ihrer Länge. Wenn man zu dem Versuche eine schiefe Ebene wählt, die eine Höhe von 1 Fuss und eine Länge von 15 Fuss hat, so wird ein auf derselben herabgleitender Körper in der 1. Secunde einen Weg von 1 Fuss, in der 2. Secunde 4 Fuss, in der 3. Secunde 9 Fuss zurücklegen. Der Körper wird sich daher nur mit mässiger Geschwindigkeit fortbewegen. Wol wird die Geschwindigkeit durch die Reibung auf der schiefen Ebene um einen kleinen Theil ihrer Grösse vermindert. Um nun dieses Hindernis möglichst zu beseitigen, liess Galilei messingene Kugeln in Rinnen, welche er mit glattem Pergamente ausgelegt hatte, herabrollen, wodurch es ihm gelang, die Gesetze des freien Falles durch den Versuch festzustellen.

Auch seine astronomischen Arbeiten sind von hoher Bedeutung. Mit Hilfe des nach ihm benannten Fernrohres machte er in rascher Aufeinanderfolge die unerwartetsten Entdeckungen. Er war der erste, welcher die Trabanten des Jupiter sah und mit grosser Beharrlichkeit verfolgte. Die Berge und Thäler des Mondes hat er zuerst als solche erkannt. Die Sonnenflecken, die Sichelgestalten der Venus, die Monde des Saturns und die flachen Ringe, welche diesen Planeten über den Aequator freischwebend umgeben, endlich die Zusammensetzung der Milchstrasse aus einer unzählbaren Menge von Fixsternen hat er zuerst beobachtet und mit grösserer Bestimmtheit und Vollständigkeit dargelegt. Wenige Jahre vor seinem Tode, als sein Augenlicht schon sehr geschwächt war, entdeckte er noch die Libration des Mondes.<sup>7)</sup> Dann wurde er völlig blind und blieb es bis an sein

---

<sup>7)</sup> Der Mond wendet unserer Erde nicht wie die übrigen Himmelskörper abwechselnd alle Seiten, sondern stets dieselbe Seite zu, nur dass eine nicht sehr bedeutende Schwankung (Libration) von Ost nach West,

Lebensende. „Ich grüble in meiner Finsternis“, schrieb er einem Freunde, „und kann meinen rastlosen Kopf nicht zur Ruhe bringen, so gern ich es auch möchte“. Er starb im Jahre 1642.

Die Gesetze, welche Kepler und Galilei entdeckt hatten, machten es **Newton** (spr. Njutn), dem Begründer der neueren mathematischen Physik und der physischen Astronomie, möglich nachzuweisen, dass die Kraft, welche die Erscheinungen der Schwere an der Oberfläche der Erde bewirkt, dieselbe ist wie jene, die im ganzen Weltraume alle Sterne in ihren Bahnen erhält. Kaum gibt es heutzutage eine andere physikalische Vorstellung, die man für so sicher begründet hält, als die Newton'sche Theorie der Gravitation, d. i. die Annahme einer wechselseitigen Anziehung aller Körpermassen. Das Wort Anziehung oder Gravitation ist lange schon vor Newton gebraucht worden, aber niemand dachte daran, dass die Schwere der Erde die Ursache der Bewegung des Mondes ist und dass zwischen allen Weltkörpern eine gegenseitige Anziehung besteht. Eine höhere Bedeutung für die Wissenschaft konnte es erst dann gewinnen, nachdem man wusste, dass die Erde neben anderen Planeten ein Trabant der Sonne ist, nachdem Kepler's himmlische und Galilei's irdische Gesetze bekannt waren.

Es ist interessant zu erfahren, auf welchem Wege Newton zur Auffindung seines Gesetzes gelangte.

Newton bezog in seinem 18. Lebensjahre die Universität Cambridge, wo er sich mit dem Studium der mathematischen Wissenschaften, namentlich Kepler's Werken beschäftigte. Als im Jahre 1666 dort eine Epidemie ausbrach, zog er sich auf's Land nach Woolstrop zurück. Eines Tages sass er, wie man erzählt, in dem Garten seines Wohnhauses und bemerkte, wie sich ein Apfel vom Baume löste und auf die Erde herabfiel. Dieser Zufall gab ihm Anlass, über das Wesen der Schwerkraft ernstlich nachzudenken und sich die Frage zu stellen, ob nicht vielleicht dieselbe Kraft, welche den Apfel vom Baume herabzieht und überhaupt alle Körper gegen den Mittelpunkt der Erde fallen macht, auch den Mond in seiner Bahn um die Erde bewege. Mit Eifer versuchte nun Newton seine Aufgabe zu lösen, aber er gründete seine Rechnungen auf Grössenangaben, welche das Ergebnis fehlerhafter Untersuchungen über die Dimensionen unserer

---

wie von Süd nach Nord und umgekehrt stattfindet. Man versteht also unter der Libration das periodische Sichtbarwerden und Wiederverschwinden gewisser Theile der uns im Allgemeinen abgewandten Seite des Mondes.

Erde waren. Er musste nämlich die Grösse des Erdhalbmessers, und um diesen zu finden, die Grösse eines Meridiangrades kennen. In jener Zeit nahm man die Länge eines Meridiangrades mit 12 deutschen Meilen an. Diese Zahl legte Newton seinen Rechnungen zu Grunde und fand für den Fall des Mondes gegen die Erde in einer Zeitsecunde und sonach analog für den freien Fall der Körper auf der Erdoberfläche 12 Fuss. Da aber Galilei für den freien Fall der Körper in einer Secunde beiläufig 15 Fuss gefunden und dieses Resultat auch durch den Versuch nachgewiesen hatte, so liess Newton diesen Gegenstand vorläufig fallen und nahm ihn erst wieder nach 16 Jahren auf, nachdem der französische Astronom Picard die Länge eines Meridians mit 15 deutschen Meilen berechnet hatte. In Folge dessen gelang es ihm, seine Rechnungen mit den Beobachtungen in vollen Einklang zu bringen und seine frühere Ansicht vollständig bestätigt zu sehen, welche er in dem Satze ausdrückte: „der Mond gravitiert gegen die Erde und wird durch diese Gravitation immerwährend von der geradlinigen Richtung abgelenkt und in seiner Bahn erhalten“.

Newton stellte sich nun die Frage, ob dieses Gesetz mit der wechselseitigen Anziehung aller Weltkörper vereinbar sei, und er durfte diese Frage bejahen unter folgender Voraussetzung: Nimmt man die Kraft, mit welcher sich zwei gleichgrosse Massen in der Entfernung = 1 anziehen, als Einheit an und wird die eine Masse doppelt oder dreimal so gross, so wächst auch ihre Anziehungskraft in demselben Verhältnisse. Wenn aber die Massen dieselben bleiben und nur die Entfernungen sich ändern, so wird in der doppelten, dreifachen, vierfachen Entfernung die Anziehungskraft nur den vierten, neunten, sechzehnten Theil betragen. Sonach steht die Stärke der Anziehung zweier Körpermassen im zusammengesetzten Verhältnisse ihrer Grössen und im umgekehrten zum Quadrate ihrer Entfernungen. Unter dieser Voraussetzung konnten die Kepler'schen Gesetze aus dem Gravitationsgesetze als unmittelbare und notwendige Folgerungen abgeleitet werden.

Was also Kepler in den von ihm aufgestellten geometrischen Gesetzen als seine Theorie bekannt machte, wurde von Newton als Thatsache festgestellt; jene geheimnisvolle Kraft der Erde, durch welche diese alle ausser ihr befindlichen Körper anzieht und deren gesetzmässiges Wirken Galilei durch Versuche festgestellt, wurde von Newton als allgemeinste Eigenschaft des Weltalls nachgewiesen. Nun war das Wesen der Centrakraft erkannt. Nun war klar, dass

die Massenanziehung, welche alle Erscheinungen der irdischen Schwere beherrscht, eine allgemeine ist; dass sie jeder Materie zukommt und ganz unabhängig ist von allem Unterschiede des Stoffes, also wesentlich verschieden von magnetischer Anziehung und Abstossung. Nun war der Beweis erbracht, dass diese allgemeine Schwerkraft oder Massenanziehung nicht nur in der Erde und in jedem Weltkörper wohnt und ihn zu einem Ganzen zusammenhält, sondern auch ihre Herrschaft erstreckt bis zu den Sternen, welche sich im Weltraume vor uns bewegen. Die Erde und der Mond, die Planeten und ihre Trabanten ziehen sich nach Massgabe ihrer Grösse und Entfernung gegenseitig an und stehen in derselben Wechselbeziehung zu der Sonne. Ganz in derselben Weise wirkt die Sonne wieder auf die um dieselbe sich bewegenden Planeten und deren Trabanten und zwingt sie durch die ungeheure Masse, welche sie besitzt, in ihre Bahnen, so dass also alle Himmelskörper unseres Sonnensystems sich gegenseitig anziehen und von der Sonne angezogen werden und unter dem Einflusse dieser beständig wirkenden Kraft ihre Bewegungen ändern und regeln.

„Ohne Zweifel“, sagte Whewell, „ist diess die grösste und wichtigste wissenschaftliche Entdeckung, die je gemacht worden ist, wir mögen nun entweder die ganz eigentümliche, in die Tiefe der äusseren Erscheinungen eindringende Natur oder auch die grosse Ausdehnung dieser neuen Wahrheit und den Reichtum ihrer Folgen betrachten. Sie ist keine Verbesserung, sondern eine gänzliche Umgestaltung der Wissenschaft; keine Epoche mehr, sondern eine das ganze Gebiet der Wissenschaft umfassende Vollendung derselben“. Und an einer anderen Stelle: „Newton's Theorie ist als der grosse Kreis zu betrachten, der alle Theorien seiner Vorgänger umschliesst; sie ist der höchste Punkt, welchen die inductive Kraft des menschlichen Geistes bisher erreicht hat; sie ist das endliche Ziel der langen Reise, auf welcher der Menscheng Geist seit zwei Jahrtausenden gewandelt ist“.

Wider Erwarten schnell brach sich diese Theorie Bahn in England, wo sie von den bedeutendsten Universitätslehrern angenommen und durch eingehende Untersuchungen erläutert wurde. Dadurch trat die innere Wahrheit derselben immer deutlicher hervor und verbreitete sich die Ueberzeugung von ihrer Richtigkeit mehr und mehr auch in Deutschland und Frankreich, wo man sich nur schwer von dem Systeme des *Descartes*, genannt *Cartesius*,<sup>8)</sup> loszusagen

<sup>8)</sup> *Descartes* ist der Begründer der neueren Philosophie. In seinem philosophischen Systeme geht er vom Zweifel an allem Wissen aus und gelangt zum Schlusse, dass als unumstösslich gewiss nur das Selbst-

vermochte. Wir sehen daher auch hier, allerdings nach einer längeren Reihe von Jahren, eine grosse Zahl gelehrter Männer, die es sich zur Aufgabe machten, die neue Lehre durch umständliche und mit grossen Schwierigkeiten verbundene Untersuchungen zu prüfen, sie auf neue Erfahrungen anzuwenden und zu bestätigen. Wan wandte das Gesetz der allgemeinen Massenanziehung zunächst auf die Störungen an, welche der Mond und die beiden grössten Planeten unseres Sonnensystems, Jupiter und Saturn, in ihren Bahnen um die Sonne erleiden und fand, dass sie durch besagte Gesetze erklärt werden können. Nachdem der Astronom Halley im Jahre 1705 nachgewiesen hatte, dass die Wiederkehr des Kometen von 1682 nach je 75 Jahren sich bis zum Jahre 1305 zurückverfolgen lasse, stand es fest, dass die Bahn der Kometen keine parabolische ist, sondern mit der Ellipse vollständig übereinstimmte. Die gegenseitige Anziehung aller Körpermassen wurde auch durch Versuche dargethan, welche sich auf einzelne Theile unserer Erde bezogen. Durch ein an dem Berge Schehallien in Schottland mit grosser Genauigkeit ausgeführtes Experiment fand man, dass dieser Berg das Bleilot um 6 Bogensekunden aus der verticalen Lage ablenkte. Auch die Ebbe und Flut werden durch die Gravitation des Mondes und der Sonne gegen die Erde bewirkt, und wir sind im Stande, den Eintritt und die veränderliche Stärke dieser periodischen Schwankungen des Meeres an einem beliebigen Orte auf viele Jahre im voraus zu bestimmen. Endlich haben in neuester Zeit die Forschungen im Gebiete der Astronomie gezeigt, dass das Gravitationsgesetz die Bewegungen der entferntesten Sterne, der sogenannten Doppelsterne regelt. Diese sind Systeme von Sonnen, welche sich in unmessbaren Entfernungen von unserer Erde befinden und die wir ebenfalls sich um einander bewegen sehen.

An diese grosse Entdeckung hat sich in der zweiten Hälfte des vorigen und ersten Hälfte des jetzigen Jahrhunderts die grossartige Entwicklung der Chemie gereicht. In rascher Aufeinander-

---

bewusstsein oder das Denken gelte, aus dem sich die Gewissheit des Daseins ergibt; daher sein Satz: *Cogito, ergo sum* (Ich denke, also bin ich). Er beschäftigte sich auch mit Mathematik und Astronomie und stellte unter anderen die Hypothese auf, dass die Bewegungen der Planeten in kreisförmigen Strömen oder Wirbeln um die Sonne und jene der Trabanten in untergeordneten Wirbeln um die Hauptplaneten erfolgen, während die Kometen in schlangenförmigen Bahnen sich von einem Sonnensystem zum andern bewegen.

folge sind auf diesem Gebiete Entdeckungen gemacht worden, welche die alten Ansichten vollständig umänderten und feststellten, dass die unendlich grosse Mannigfaltigkeit der Naturkörper aus einer endlich begränzten Anzahl von Grundstoffen oder Elementen besteht. Diese Elemente sind nach Quantität und Qualität unbedingt unveränderlich in allen Verbindungen, in welche sie eingehen. Denn es ist durch die mannigfaltigsten und mit grösster Sorgfalt ausgeführten Versuche erwiesen worden, dass, wenn zwei Grundstoffe sich mit einander zu einem neuen Körper verbinden, das Gewicht des Produktes genau gleich ist dem Gewichte der beiden Bestandtheile zusammengekommen, dass also bei der chemischen Verbindung die Bestandtheile an Gewicht weder zu- noch abnehmen. Andererseits sind wir wieder im Stande, die Elemente aus ihren Verbindungen auszuschneiden und sie in den früheren Aggregationszustand und mit den früheren Eigenschaften zurückzuführen. Dadurch ist der Beweis von der Beständigkeit des Stoffes geführt worden.

Das Verdienst, die Chemie auf neuer streng wissenschaftlicher Grundlage aufgebaut und aus den Fesseln der phlogistischen Schule befreit zu haben, gebührt dem Franzosen **Anton Lavoissier**. Die früheren Chemiker nahmen an, dass in allen brennbaren Körpern ein eigentümlicher Brennstoff, das Phlogiston, vorhanden wäre. Beim Verbrennen entweiche dieses und bringe dadurch die Feuererscheinung hervor. Die Verbrennung ist also nach dieser Theorie ein Zerfallen des brennenden Körpers in eine unzerlegbare Substanz und in das Phlogiston. Die Metalle betrachtete man als zusammengesetzte Körper. Werden sie erhitzt, so geben sie das Phlogiston ab und der Metallkalk bleibt zurück.

Die erste Entdeckung, welche Lavoissier machte, war der Nachweis des Sauerstoffes in einem bestimmten Mischungsverhältnisse mit dem Stickstoffe in der reinen atmosphärischen Luft. Bald darauf gab er die richtige Erklärung über den Verbrennungsprozess der Körper. Er zeigte, dass der Verbrennungsprozess bloss in einer raschen chemischen Verbindung des Sauerstoffes mit dem verbrennenden Körper besteht und dass die dabei gewöhnlich sich entwickelnde Wärme ebenfalls bloss aus dem Sauerstoff entspringt, indem die ursprüngliche Wärme, welche der Sauerstoff in seinem luftförmigen Zustand hatte, durch den Verbrennungsprozess ausgeschieden wird. Er wies nach, dass die Metalle keine zusammengesetzten Körper seien, am wenigsten aber das Phlogiston, welches überhaupt gar nicht existiere, enthalten, sondern dass sie einfache Stoffe oder Elemente sind, welche



sich bei ihrer Verbrennung, die aber mit keiner sichtbaren Flamme verbunden ist, mit einem Bestandtheil der Luft verbinden und dadurch auch ihr Gewicht vermehren. Das die Verbrennung unterhaltende Gas nannte Lavoissier Oxygen, den Act der Verbindung des Sauerstoffs mit anderen Körpern Oxydation und die Producte dieser Verbindung Oxyde.

Auch seine übrigen Untersuchungen sind von höchster Bedeutung. Nachdem Cavendish im Jahre 1783 gefunden hatte, dass das Wasserstoffgas beim Verbrennen Wasser gebe, entdeckte Lavoissier die Zusammensetzung des Wassers aus Sauerstoff und Wasserstoff und erklärte jene von Cavendish beobachtete Erscheinung, dass sich eben Wasser bilde, wenn beim Verbrennen der Wasserstoff mit dem Sauerstoff sich verbindet. Er war der erste, der uns Aufschluss über die Zusammensetzung der Säuren gab, dass sie aus Sauerstoff und einem oder zwei anderen einfachen Körpern bestehen, und den Zusammenhang zwischen den verschiedenen Prozessen der Gährung mit dem Verbrennungsprozesse nachwies.

Diese und noch viele andere Entdeckungen hatten eine vollständige Umwälzung der Chemie zur Folge. Bald nach Lavoissier stellte der Engländer Dalton die sogenannte atomistische Theorie auf, d. h. er entwickelte die Gesetze, nach welchen sich die Elemente quantitativ in den gemischten Körpern verbinden. Aber von größter Wichtigkeit für die weitere Entwicklung der Chemie war die Entdeckung der Berührungs- oder Contact-Electricität. Der erste Schritt dazu wurde von Alois Galvani, Professor der Anatomie an der Universität zu Bologna, im Jahre 1789 gethan. Eines Tages lagen in seinem Laboratorium einige enthäutete Froschschenkel auf einem Tische neben einer Electrisiermaschine. Zufällig geschah es, dass aus dem Conductor der electrischen Maschine ein Funke gezogen wurde und gleichzeitig ein Gehilfe des Professors mit dem Messer einen Froschschenkel berührte, der sogleich — zufolge der auf ihn einwirkenden electrischen Vertheilung — in lebhafte Zuckungen geriet. Galvani, der auf diese Erscheinung aufmerksam gemacht wurde, verfolgte dieselbe weiter und lieng in der Absicht, um das Verhalten des thierischen Körpers gegen die damals bereits bekannte Luft-electricität zu untersuchen, mehrere abgehäutete Frösche mittels kupferner Haken an einem eisernen Gitter auf. Er fand, dass die Froschschenkel in demselben Augenblicke, als sie und die kupfernen Haken mit den Eisenstangen in Berührung kamen, zu zucken anfiengen.

Galvani suchte nun diese Erscheinung als die Wirkung einer besondern, im thierischen Körper wohnenden Electricität zu erklären, welche durch die ungleichartigen Metalle zur Entladung gebracht werde — eine Ansicht, die als unhaltbar später aufgegeben werden musste. **Alexander Volta**, Professor der Physik an der Universität in Pavia, zeigte nämlich, dass, wenn zwei ungleichartige Metalle z. B. eine Platte von Kupfer und Zink in Berührung gebracht werden, sie sich gegenseitig electricisch erregen, das eine dieser Metalle positiv und das andere eben so stark negativ electricisch wird. Diese Electricitäten waren jedoch so schwach, dass sie sich nur mit Hilfe des von ihm erfundenen Apparates, des Condensators, nachweisen liessen. Er verstärkte daher das Ergebnis seines Versuches durch die Anwendung der nach ihm benannten electricischen Säule, indem er eine Anzahl gleich grosser Kupfer- und Zinkplatten so über einander legte, dass immer auf eine Kupferplatte eine Zinkplatte folgte, und jedes Plattenpaar von dem nächst folgenden durch eine angefeuchtete Tuchscheibe getrennt war. Die beiden Enden dieser Säule wurden durch einen Metalldraht verbunden und ein abgehäuteter Froschschenkel eingeschaltet, der stets in lebhaftes Zucken versetzt wurde. Durch diese und noch andere Versuche sah sich Volta berechtigt, die Hypothese Galvanis umzukehren und die ungleichartigen Metalle als Electricitätserreger, den thierischen Körper als blossen Leiter der Electricität anzusehen.

Die Versuche mit der Volta'schen Säule führten zu höchst überraschenden Ergebnissen in der sogenannten Electrochemie. Nachdem Nicholson im Jahre 1800 mittels der Volta'schen Säule das Wasser in seine beiden Bestandtheile, den Sauerstoff und Wasserstoff zerlegt hatte, wiederholte man diesen Versuch auch mit anderen Körpern und fand, dass gewisse Substanzen, wie z. B. Kali, Magnesia, Soda, ähnliche Zersetzungen wie das Wasser erleiden. Der englische Chemiker **Humphry Davy** und sein ausgezeichnete Schüler und Nachfolger **Faraday** haben nachgewiesen, dass, wenn man einen hinreichend kräftigen electricischen Strom durch gewisse, chemisch zusammengesetzte, flüssige Körper leitet, der eine Bestandtheil oder die eine Partie der Bestandtheile an der Stelle, wo der Strom in die Flüssigkeit eintritt, und der andere Bestandtheil oder die andere Partie der Bestandtheile dort, wo er austritt, abgeschieden wird. Zur Erklärung dieser Erscheinung nahm **Faraday** an, dass die Elemente des chemisch zusammengesetzten Körpers durch den electricischen Strom zu einer Art Ausweg gelangen, wo sie ihr getrenntes Ansehen an-

nehmen.<sup>9)</sup> Diese wissenschaftlich höchst interessante Entdeckung hat zu der in technischer Beziehung ungemein wichtigen Methode geführt, Gegenstände in Kupfer abzuformen (Galvanoplastik), zu vergolden, und versilbern, zu bronzieren, mit Farben zu überziehen, Stahl und andere Metalle zu ätzen. Solche Ergebnisse waren nur durch das eingehendste Studium der Natur möglich.

Eine in ihren Folgen höchst segensreiche Entdeckung wurde auf dem Gebiete der Electricität im Jahre 1820 vom Professor **Oerstedt** in Kopenhagen gemacht. Bis zu jener Zeit hatte man von dem eigentümlichen Bewegungszustande einer sogenannten geschlossenen electricischen Kette nur unklare Vorstellungen. Man wuste höchstens, dass eine beständige Strömung von dem positiven Pole nach dem negativen durch den beide verbindenden Leiter stattfindet. Es lag aber völlig ausserhalb des Ideenkreises, dass der electricische Strom, so lange er dauert, die wesentlichen Eigenschaften eines Magnetes besitze. In jener Zeit machte Oerstedt die Beobachtung, dass eine in der Nähe einer electricischen Kette befindliche Magnetnadel in dem Augenblicke sich bewegte, in welchem er die beiden Pole der Kette mit einem Metalldrahte verband. Er wiederholte und variierte diesen Versuch und fand, dass die Nadel sich stets senkrecht gegen die Richtung des Drahtes stellte, mochte der electricische Strom über oder unter der Nadel hingeleitet werden. Da man schon früher die magnetisierende Wirkung des Blitzes beobachtet hatte und da es gelungen war, durch den Funken der Electriciermaschine Stahlnadeln magnetisch zu machen, so erblickten die Gelehrten in Oerstedt's Entdeckung die Aufforderung, an einen Zusammenhang der magnetischen und electricischen Erscheinungen zu denken. Namentlich war es der scharfsinnige französische Physiker **Ampère**, welcher sich eingehend mit diesem Gegenstande beschäftigte und durch seine Arbeiten die jetzt fast allgemein angenommene Theorie des Magnetismus begründete. Nach **Ampère** ist eine unendlich dünne Magnetnadel ein System auf einander folgender electricischer Ströme, welche die Massetheilchen in unendlich kleinen, in sich zurückkehrenden Bahnen umkreisen, und ein Magnetstab ist als der Inbegriff unendlich vieler solcher, gleich

---

<sup>9)</sup> **Faraday** nannte diese Auswege **Electroden**. Die Eintrittsstelle des Stromes oder die **positive Electrode** nannte er insbesondere die **Anode**, die Austrittsstelle oder die **negative Electrode** die **Kathode**; den Bestandtheil, welcher an der Anode auftritt, das **Anion** und den an der Kathode auftretenden Bestandtheil das **Kathion**.

langer und paralleler Nadeln zu betrachten, oder als ein System in sich zurückkehrender, paralleler Ströme anzusehen. Das Magnetisieren besteht nach dieser Theorie in der Weckung solcher Elementarströme oder in einer solchen Anordnung der bereits vorhandenen, dass alle einander gleichlaufend werden. Auch der Erdmagnetismus ist nach Ampère das Resultat electricischer Ströme, welche in der Richtung von Ost nach West und parallel mit dem magnetischen Aequator die Erde umkreisen. Noch in demselben Jahre, in welches Oerstedt's Entdeckung fiel, machte Ampère den Vorschlag eines electro-magnetischen Telegraphen, welchen er gemeinschaftlich mit Ritchié im Modell ausführte. Zwar unterblieb damals, wegen der zu bedeutenden Kosten, die Ausführung desselben im Grossen, aber das Problem der electro-magnetischen Telegraphie war dadurch sicher gestellt.

In der Darstellung der Entwicklung der neueren Chemie ist bemerkt worden, dass durch die chemischen Untersuchungen der Beweis von der Beständigkeit der Materie hergestellt worden ist. Daraus folgt, dass eine Aenderung der Grundstoffe nur noch in einer räumlichen Erscheinung derselben oder in ihrer Bewegung liegen kann. Wie aber die ursprüngliche Bewegungsform beschaffen ist, liegt gegenwärtig noch nicht klar vor uns, obzwar wir diesem anzustrebenden Ziele bedeutend näher gekommen sind durch ein Gesetz, welches in der Mitte des vorigen Jahrhunderts von dem schweizerischen Professor Daniel Bernoulli entdeckt, aber erst vor wenigen Jahren von dem deutschen Physiker **Robert Mayer** in Heilbronn verallgemeinert worden ist. Diess ist das Gesetz von der Erhaltung der lebendigen Kraft (das mechanische Aequivalent der Wärme).

Wir werden das Princip der Erhaltung der Kraft leicht begreifen, wenn wir folgenden Versuch in's Auge fassen. Wir lassen eine sehr elastische Elfenbeinkugel aus einer gewissen Höhe senkrecht auf einen am Erdboden haftenden, vollkommen harten, ebenen Körper, z. B. eine Marmorplatte, fallen. Aus dem Vorhergehenden wissen wir, dass diess mit zunehmender Geschwindigkeit geschieht. Sobald die Kugel mit der Marmorplatte in Berührung kommt, wird sie so lange zusammengedrückt, bis sie ihre ganze Geschwindigkeit verloren hat. In Folge der Elasticität nimmt die Kugel wieder ihre ursprüngliche Form an und prallt mit derselben Geschwindigkeit zurück, um bis zu einer der Fallhöhe nahezu gleichen Höhe emporzusteigen. Die Kugel hat also während des Fallens an Geschwindigkeit oder lebendiger Kraft gewonnen, welche bewirkte, dass jene wieder aufstieg und dabei

den Widerstand überwand, den ihr die Schwerkraft der Erde entgegensetzte. Die Technik nennt die Wirkung einer Kraft, welche einen Körper bewegt, die verbrauchte Arbeit und die Wirkung eines durch die Bewegung des Körpers besieigten Widerstandes die erzeugte Arbeit. In diesem Verhältnis zwischen der verbrauchten und erzeugten Arbeit liegt die Erhaltung der Kraft.

Lassen wir aus einer angemessenen Höhe einen schweren Körper, z. B. einen Stein in eine ruhig stehende Wassermasse fallen, so wird sich diese lebhaft bewegen, aber Stein und Wasser werden bald zur Ruhe kommen. Untersucht man mittels eines Thermometers die Temperatur des Wassers vor und nach dem Falle des Steines, so findet man, dass dieselbe höher geworden ist. Die Bewegung des Steines ist verloren gegangen, aber die Temperatur des Wassers ist gestiegen oder die Bewegung ist in Wärme verwandelt. Wir können daher mit Recht sagen: die erzeugte Wärme ist äquivalent (gleichartig) mit der verbrauchten mechanischen Arbeit. Dieselbe Wechselbeziehung zwischen mechanischer Arbeit und Wärme findet statt, wenn zwei feste Körper gegeneinander stossen, an einander gerieben werden, oder wenn die Luft sehr rasch zusammengedrückt wird (Luftfeuerzeug). Da ferner auch chemische und electriche Processe zum Treiben von Maschinen verwendet werden können, so ist klar, dass man durch jede Naturkraft jede andere in Bewegung setzen oder eine Arbeit leisten kann, welche gleichwertig ist mit der Erhebung eines Gewichtes auf eine bestimmte Höhe, demnach auf ein mechanisches Mass sich zurückführen lässt.

Von dem dadurch gewonnenen Gesichtspunkte erblicken wir in den Naturerscheinungen ein grossartiges zusammenhängendes Bild von der Wechselwirkung der Naturkräfte. Unsere Ströme und Flüsse, deren Wasser vom Ursprung bis zur Mündung in sanfter Abdachung fliesst, an den Ufern und am harten Boden unaufhörlich sich reibt, das durch Ebbe und Flut bewegte Wasser des Oceans bieten uns Erscheinungen, wo mechanische Arbeit in Wärme verwandelt wird und welche für den Wärmezustand unserer Erde gewiss nicht ohne Einfluss sind. Wie wenige mögen sich wol bei dem Anblicke einer Sternschnuppe erinnern, dass der Zusammenstoss derselben mit der Atmosphäre Wärme und Licht erzeugt! In geistreicher Weise hat der französische Physiker Faye die mechanische Wärmetheorie auf die Entstehung, den jetzigen und zukünftigen Zustand unserer Sonne angewendet. Die Stoffe, welche die Sonne zusammensetzen, waren

ursprünglich im Weltraume vertheilt und vereinigten sich allmählich um ein Centrum. Dabei ward ihre Bewegung in Wärme umgesetzt. Die Temperatur, welche dadurch entstand, war eine ungeheure und bewirkte eine vollständige Auflösung der Atome. Die Sonne bildete in diesem ersten Stadium einen Nebelball, der weder intensives Licht, noch intensive Wärme ausstrahlte und daher noch kein organisches Leben auf der Erde erwecken konnte, selbst wenn diese schon dazu geeignet war. Dieser Zustand völliger Auflösung der Atome gieng in Folge der Wärmeausstrahlung nach und nach in eine dichtere Verbindung der Molecüle im Innern und in eine gasförmige Vereinigung an der Oberfläche über. Dieses ist der jetzige Zustand der Sonne, in welchem sie sehr viel Licht und Wärme ausstrahlt. Der unmessbare Vorrat von Wärme, welcher in dem Sonnenkörper angehäuft ist, reicht für eine unbestimmbare Zahl von Millionen Jahren aus, um diesen Zustand zu erhalten. Durch fortgesetzte Wärmeausstrahlung verringert sich stets diese Wärme; der Wärmeverlust wird aber wieder ersetzt durch auf- und abwärts gerichtete Bewegungen der Theile in dem gasförmigen Sonnenkörper. Aus diesen Bewegungen leitet Faye die Erscheinung der Sonnenflecken und Sonnenfackeln ab. Wenn endlich der Wärmevorrat auch für diesen Zustand erschöpft ist, so tritt an seine Stelle ein flüssiger, der allmählich an Dichte zunimmt und endlich in einen festen übergeht, — die Sonne hat sich dann in einen dunklen Weltkörper mit erstarrter Oberfläche verwandelt.

In einem innigen Zusammenhange mit dem Gesetze von der Erhaltung der Kraft steht eine der grossartigsten Entdeckungen der Neuzeit, die sogenannte Spectralanalyse, welche von den Heidelberger Professoren Bunsen und Kirchhoff gemacht wurde. Um das Wesen dieser Entdeckung zu begreifen, mag folgende Erwägung dienen. Das weisse Licht der Sonne lässt sich in verschiedenfarbige Strahlen zerlegen. Zu diesem Zwecke macht man in den geschlossenen Fensterladen eines verdunkelten Zimmers eine kleine Oeffnung und stellt ausserhalb derselben einen Spiegel so auf, dass die Sonnenstrahlen von diesem zurückgeworfen und in's Zimmer geleitet werden. In der Richtung der Strahlen befestigt man ein dreiseitiges Glasprisma so, dass dieselben nur auf eine der drei Flächen des Prisma's fallen können. Auf dem Wege durch das Prisma werden sie von ihrer ursprünglichen Richtung abgelenkt, und geben nach dem Austritte auf einer weissen Fläche ein verbreitertes Bild, das *Sonnenspectrum*, in welchem der Reihe nach die prismatischen Farben

rot, orange, gelb, grün, hellblau, dunkelblau und violett auf einander folgen. Betrachtet man dieses Bild mittels eines achromatischen Fernrohres<sup>10)</sup>, so nimmt man in den farbigen Streifen mehrere Gruppen dunkler Querlinien wahr, die nach ihrem Entdecker Fraunhofer'sche Linien genannt werden.

Bunsen und Kirchhoff haben nun das Spectrum, welches die von verschiedenen Lichtquellen ausgehenden Strahlen nach ihrem Durchgang durch ein Prisma erzeugen, in der Absicht untersucht, um die stoffliche Beschaffenheit der Lichtquelle zu ergründen. Sie fanden, dass weissglühende, feste oder flüssige Körper ein continuirliches Spectrum geben, während das Spectrum glühender, gasförmiger Substanzen aus hellen, glänzenden, farbigen Linien besteht, welche durch dunkle Zwischenräume von einander getrennt sind. Lage, Zahl und Farbe dieser Linien sind für jede Substanz charakteristisch. Man braucht also den zu untersuchenden Körper nur in eine sehr heisse Flamme zu bringen, um über die Natur des Körpers Aufschluss zu erhalten. Ein Beispiel wird diess klar machen. Natrium, welches zwischen die Kohlenspitzen des electrischen Lichtes gebracht wird, verwandelt sich in glühenden Dampf, welcher gelbe Strahlen aussendet. Lässt man diese durch ein Glasprisma gehen, so erhält man ein Spectrum mit einer charakteristischen gelben Linie. Wird aber das Natrium in einiger Entfernung von dem Kohlenlichte verdampft, und lässt man nun die Strahlen des electrischen Lichtes durch den Dampf gehen, so werden die gelben Strahlen von dem Natriumdampf ausgelöscht, und es erscheint an ihrer Stelle im Spectrum eine schwarze Linie. Aus diesem und ähnlichen Versuchen schliessen wir, dass bei der Sonne ein intensiv glühender fester oder flüssiger Körper sein Licht durch eine Gasatmosphäre wirft, welche für sich allein ein Spectrum mit hellen Linien geben würde und die chemischen Grundstoffe enthält, deren charakteristische Linien man beobachtet.

Auf diese Art hat man gefunden, dass die Sonne Natrium, Kalium, Calcium, Magnesium, Eisen, Chrom, Nickel, Kobalt, Wasser-

<sup>10)</sup> Die von einem leuchtenden Punkte ausgehenden und durch die Linsen eines Fernrohres gebrochenen Strahlen vereinigen sich nicht genau in einem Punkte und erfahren zugleich eine Zerlegung in die farbigen Bestandtheile. Die Bilder erscheinen in Folge dessen undeutlich und gefärbt. Um diesen Uebelstand zu beseitigen, wendet man beim Fernrohre eine achromatische Linse an, welche meist eine aus einer Sammellinse von Crown- und einer Zerstreuungslinse von Flintglas zusammengesetzte Doppellinse ist.

stoffgas u. s. w. in Dampfform enthält. Auch andere Weltkörper sind in Bezug auf ihre stoffliche Beschaffenheit durch die Spectralanalyse untersucht worden, und man hat daraus den Schluss gezogen, dass unser Sonnensystem eine im wesentlichen übereinstimmende stoffliche Zusammensetzung hat.

Das Gesetz von der Erhaltung der Kraft spielt auch in dem Lebensprocess der Menschen und Thiere eine höchst wichtige Rolle. Um leben zu können, athmen wir bekanntlich aus der atmosphärischen Luft den Sauerstoff ein. Dieser wird dem Blute zugeführt und bewirkt hier eine langsame Verbrennung, in Folge dessen in unserem Körper stets Wärme erzeugt wird. Aber ein Theil der Wärme geht durch mechanische oder geistige Arbeit verloren und kann nicht mehr dazu dienen, die Temperatur des Körpers zu erhöhen. Deshalb muss dem Körper, wie der Dampfmaschine, welche durch längere Zeit arbeiten soll, Brennmaterial von aussen zugeführt werden und diess sind die Nahrungsstoffe.

Von dem hiemit gewonnenen Gesichtspunkte wird es uns klar, dass auch die im Innern der lebenden Naturkörper wirkenden Kräfte nach einer strengen Gesetzmässigkeit wirken, wenn wir auch hie und da zwischen Wirkungsart und Ursache keinen nachweisbaren Zusammenhang aufzufinden vermögen. In letzterer Hinsicht hat in neuester Zeit **Charles Darwin's** epochemachende Theorie „über die Entstehung der Arten im Thier- und Pflanzenreich durch natürliche Züchtung oder Erhaltung der vollkommensten Racen im Kampfe um's Dasein“ überraschende Aufschlüsse gebracht, welche die Zweifel, die aus der scheinbaren Unerklärlichkeit der Zweckmässigkeit in der Organisation der lebenden Naturkörper sich ergeben, zu beseitigen geeignet ist.

Darwin weist durch treffend gewählte Beispiele nach, dass der Begriff der Thier- und Pflanzenart kein scharf begränzter ist, dass unter den Naturforschern über die Abtrennung der Thier- und Pflanzenarten keine Uebereinstimmung herrscht, indem der Eine oft als Varietät ansieht, was der Andere als selbstständige Art aufstellt. In geistreicher Auseinandersetzung zeigt er, dass viele Varietäten oder Racen derselben Art im Laufe der Zeit durch die Einwirkung des Menschen (künstliche Züchtung) oder unter dem Einflusse äusserer Lebensbedingungen (natürliche Züchtung) Abweichungen vom elterlichen Typus annehmen können, welche sich bei den späteren Nachkommen zu immer höherem Betrage häufen, so dass allmählig aus den Varietäten ungleiche Arten hervorgehen. Die natürliche Züchtung besteht



nach Darwin in einer fortwährenden Anpassung an die äusseren Lebensbedingungen (Nahrung, Klima, Boden), und nur diejenigen Arten und Individuen, welche sich die für ihre Existenz erforderlichen Lebensbedingungen zu sichern vermögen, werden durch grosse Perioden sich unverändert erhalten. Daher der Kampf um's Dasein, weil bei weitem nicht alle Arten und Individuen, die geboren werden, auch neben einander fortleben können. Die widerstandskräftigen Organismen werden aus diesem Kampfe als Sieger hervorgehen und dauern, die minder vollkommenen aber erlöschen oder aussterben. Die Thier- und Pflanzenarten sind nach Darwin eigentlich nur Lebensformen, welche den äusseren Lebensbedingungen angepasst sind. Die Zweckmässigkeit ihrer Organisation ist nicht als Zufall, sondern als notwendige gesetzliche Erscheinung zu betrachten. Manche Organe haben sich durch die Art des Gebrauches weiter entwickelt und vervollkommenet, während, unter veränderten Lebensbedingungen, andere Organe unbenutzt blieben und verkümmert sind (z. B. die rudimentären Schneidezähne im Oberkiefer einiger junger Wiederkäuer).

Der Gedanke, welchen Darwin in Beziehung auf die Umwandlung der Organe und die Veränderlichkeit der Arten auf so geniale Weise durchgeführt, ist zuerst von Göthe in seiner „Metamorphose der Pflanze“ im Jahre 1790 ausgesprochen worden. „Betrachten wir“, sagt Göthe, „eine Pflanze, insofern sie ihre Lebenskraft äussert, so sehen wir dieses auf eine doppelte Art geschehen, zuerst durch das Wachstum, indem sie Stengel und Blätter hervorbringt, und sodann durch die Fortpflanzung, welche im Blüten- und Fruchtbau vollendet wird. Es mag nun die Pflanze sprossen, blühen oder Früchte bringen, so sind es doch nur immer dieselben Organe, welche in vielfältigen Bestimmungen und unter oft veränderten Gestalten die Vorschrift der Natur erfüllen. Dasselbe Organ, welches am Stengel als Blatt sich ausdehnt und eine höchst mannigfaltige Gestalt angenommen hat, zieht sich im Kelch zusammen, dehnt sich im Blumenblatte wieder aus, zieht sich in den Fortpflanzungsorganen wieder zusammen, um sich als Frucht zum letzten Male auszudehnen. Wenn wir dieses in so verschiedene Gestalten metamorphosirte Organ bezeichnen und alle Erscheinungen seiner Gestalt damit vergleichen wollten, so müsten wir dafür ein allgemeines Wort haben. Denn wir können eben so gut sagen, ein Staubgefäss sei ein zusammengezogenes Blumenblatt, als wir von dem Blumenblatt sagen können, es sei ein Staubgefäss im Zustande der Ausdehnung; ein Kelchblatt sei ein zusammengezogenes, einem gewissen Grad der Verfeinerung

sich näherndes Stengelblatt, als wir von einem Stengelblatt sagen können, es sei ein ausgedehntes Kelchblatt.“ Das ist der Grundgedanke in Göthe's Lehre von der Metamorphose der Pflanze.

Und in der Geschichte seines botanischen Studiums sagt Göthe über die Veränderlichkeit der Pflanzenarten folgendes: „Das Wechselhafte der Pflanzengestalten, dem ich längst auf seinem eigentümlichen Gange gefolgt, erweckte bei mir immer mehr die Vorstellung, die uns umgebenden Pflanzenformen seien nicht ursprünglich determiniert und festgestellt, ihnen sei vielmehr, bei einer eigensinnigen generischen und specifischen Hartnäckigkeit eine glückliche Mobilität und Biegsamkeit verliehen, um in so viele Bedingungen, die über dem Erdkreis auf sie einwirken, sich zu fügen und darnach bilden und umbilden zu können. Hier kommt die Verschiedenheit des Bodens in Betracht: reich genährt durch Feuchte der Thäler, verkümmert durch Trockenheit der Höhen, geschützt vor Frost und Hitze in jedem Masse, oder beiden unausweichbar bloss gestellt, kann das Geschlecht sich zur Art, die Art zur Varietät und diese wieder durch andere Bedingungen sich in's Unendliche verändern. Gleichwol hält sich die Pflanze abgeschlossen in ihrem Reiche, wenn sie sich auch nachbarlich an das harte Gestein, an das beweglichere Leben hüben und drüben anlehnt. Die allerentferntesten Pflanzen jedoch haben eine ausgesprochene Verwandtschaft, sie lassen sich ohne Zwang unter einander vergleichen. Wie sie sich nun unter einem Begriff sammeln lassen, so wurde mir nach und nach klar und klarer, dass die Anschauung noch auf eine höhere Weise belebt werden könnte — eine Forderung, die mir damals unter der sinnlichen Form einer übersinnlichen Urpflanze vorschwebte. Ich gieng nun allen Gestalten, wie sie mir vorkamen, in ihren Veränderungen nach, und so leuchtete mir am letzten Ziel meiner Reise, in Sicilien, die ursprüngliche Identität aller Pflanzentheile vollkommen ein und ich suchte dieselbe nunmehr überall zu verfolgen und wieder gewar zu werden“.

Die Einheit in der Mannigfaltigkeit der Pflanzenorgane und ihrer Formen, wie sie Göthe in seiner „Metamorphose der Pflanze“ ahnend ausgesprochen hatte, wurde später durch die Arbeiten der Botaniker Decandolle und Robert Brown nachgewiesen, die Veränderlichkeit der Pflanzenarten aber durch Versuche dargelegt, die vor wenigen Jahren im botanischen Universitätsgarten zu Innsbruck ausgeführt wurden. Man säte dortselbst die Samen mehrerer Pflanzenarten, welche ihre Standorte im Gebirge hatten, aus und überzeugte sich gar bald, dass sie unter geänderten klimatischen und Boden-

verhältnissen in ganz andere Pflanzenarten übergiengen. Eine Nelkenart, der *Dianthus alpinus* verwandelte sich in den *Dianthus deltoides*, die kurzstengelige Hutchinsie, *Hutchinsia brevicaulis*, in die Alpen-Hutchinsie, *Hutchinsia alpina*, die weichhaarige Birke, *Betula pubescens*, in die weisse Birke, *Betula alba*.

Im Jahre 1786 schrieb Göthe eine Abhandlung über den „Zwischenkiefer“, in welcher er nachzuweisen sucht, dass bei Menschen sowohl, als auch bei den Thieren die obere Kinnlade einen Zwischenkieferknochen enthält, obwol die Nähte desselben verwachsen und schwer zu erkennen sind. Fünf Jahre nach dem Erscheinen seiner „Metamorphose der Pflanze“ veröffentlichte er einen „Abriss einer allgemeinen Einleitung in die vergleichende Anatomie“, wo er einen osteologischen Typus aufstellt, dem die Skelette aller Thiere untergeordnet werden sollen. In dieser Schrift erklärt er, dass er sich überzeugt habe, es könne der Schädel der Thiere aus sechs Wirbelknochen abgeleitet werden, und es lassen sich überhaupt alle Knochen des Thierkörpers auf die Wirbelform zurückführen; eine Ansicht, welcher später die bedeutendsten Physiologen zugestimmt haben. In dieser Auffassung Göthe's erblicken wir demnach wieder den Versuch, auf das Thierskelett dasselbe Princip anzuwenden, nach welchem er bei der Pflanze alle Theile der Blüte als Umwandlungen eines und desselben Organes betrachtet.

Kehren wir nun zur Theorie Darwin's zurück. Darwin ist der Ansicht, „dass wahrscheinlich alle Wesen, die jemals auf dieser Erde gelebt, von irgend einer Urform abstammen, welcher das Leben zuerst vom Schöpfer eingehaucht worden ist“.<sup>11)</sup> Wird diese Theorie in ihrer äussersten Consequenz auf die organische Schöpfung angewendet, so gelangen wir schliesslich zu einer einfachen organischen Zelle, deren Bildung aus unorganischen Stoffen gegenwärtig allerdings noch ein Rätsel ist. Doch dürfen wir von der Zukunft auch die Lösung dieser Frage erwarten, zumal es in neuester Zeit gelungen ist, eine eiweissartige Substanz, das Protein, aus unorganischen Elementen zu bilden.

Aus der ersten oder Urzelle haben sich wahrscheinlich verschiedene organische Formen, vielleicht gleichzeitig Thiere und Pflau-

---

<sup>11)</sup> In Beziehung auf den Menschen dürfen wir nie vergessen, dass er ein für sich abgeschlossenes organisches Reich bildet, welches eben so hoch das Thierreich überragt, wie dieses das Pflanzenreich

zen entwickelt, die jedoch auf der niedrigsten Entwicklungsstufe standen und keinesfalls durch ihre Lebensbedingungen auf andere höhere Organismen angewiesen waren. Durch fortwährende Veränderung, Vervollkommnung und Vervielfältigung eines Theiles der organischen Formen hat sich allmählich die gegenwärtige Pflanzen- und Thierwelt entwickelt. Ist aber diese Hypothese richtig, dann ist kein Grund vorhanden, dass dieser Entwicklungs- und Fortbildungsprocess schon jetzt abgeschlossen sein sollte. Denn es ist gewiss, dass noch in unseren Tagen Varietäten von Thieren und Pflanzen entstehen, und diese sind es eben, welche Darwin für die Anfänge der Artenbildung erklärt.

Auf diese organische Entwicklungsreihe weist uns auch die zeitliche Aufeinanderfolge der versteinerten Pflanzen- und Thierreste hin, indem sich in den ältesten Schichten unserer Erde auch nur die einfachsten Organismen, in den jüngeren Gebirgsformationen aber höher organisierte Thier- und Pflanzengestalten finden. Wol sind jene Erdschichten, welche die ersten und einfachsten Formen enthielten, bisher noch nicht entdeckt worden. Aber wir sind dem Ausgangspunkte der Darwin'schen Entwicklungsreihe ziemlich nahe gekommen, indem es in neuester Zeit gelungen ist, in Canada 18.000 Fuss unter den cambrischen und silurischen Schichten, welche man bisher für die ältesten Ablagerungen der Erde hielt, erkennbare Reste von Foraminiferen (*Eozoon canadense*) zu finden. Das Auftreten dieser Gebirgsschichten ist von Professor Hochstetter auch im Böhmerwalde nachgewiesen worden. Die Foraminiferen gehören in die Klasse der Urthiere; sie sind mikroskopisch klein, von einer kalkigen Schale umgeben und stehen auf einer so tiefen Organisationsstufe, dass sie sich den einfachsten Organismen der Darwin'schen Entwicklungsreihe nähern. Durch diese Entdeckung hat die Theorie Darwin's an Wahrscheinlichkeit in Beziehung auf die Entwicklung der Thier- und Pflanzenwelt viel gewonnen.

Die Geologie hat sich mit besonderer Vorliebe in den letzten Jahren auch mit der Frage über das Alter des Menschengeschlechtes beschäftigt. Es besteht nunmehr kein Zweifel, dass der Mensch den jüngeren geologischen Epochen angehört. Erst, nachdem die gewaltigen Bewegungen auf der Erde sich beschwichtigt hatten und deren Oberfläche zur Aufnahme eines geistigen fortbildungsfähigen Wesens vorbereitet war, trat der Mensch, als die höchste Ausbildung unter den Organismen, in die Erscheinung. Gleichwol ist das Alter des Menschengeschlechtes nicht bloss auf der ganzen Erde, sondern ins-

besondere in Europa ein viel höheres, als man bisher angenommen hat. Diess ist nachgewiesen worden durch das Studium der sogenannten Pfahlbauten, ferner durch die Auffindung der Knochen des Menschen und der von ihm gefertigten Geräte in Höhlen und in den jüngeren Bildungen der Erdoberfläche zusammen mit den Ueberresten ausgestorbener Thierarten. Es muss jetzt als sicher anerkannt werden, dass im westlichen Europa, in Frankreich und England, sowie in in den Mittelmeerländern der Mensch zu einer Zeit existierte, als in diesen Gegenden Säugethiere heimisch waren, welche jetzt ausgestorben sind. Dazu gehören das Mammut (*Elephas primigenius*), das Rhinoceros (*Rhinoceros tichorhinus*), die Höhlenhyäne (*Hyäna speläa*) u. s. w. Bisher aber ist es noch nicht gelungen, Spuren von dem Zusammenleben des Menschen mit den genannten Thierarten in Mitteleuropa zu entdecken. In einer späteren geologischen Epoche, nachdem jene Thierformen ausgestorben waren, finden wir Ueberreste des Menschen in Mitteleuropa, in der Schweiz und in Schwaben, zugleich mit dem Renthier, dem Polarfuchse und anderen Thieren, die jetzt nur in den nördlichen Gegenden vorkommen. Von dem nördlichen Deutschland und von Dänemark hatte der Mensch in dieser Epoche noch nicht Besitz genommen. Endlich folgt eine Zeitperiode, wo er auch in diesen Ländern erscheint. Daraus kann man den Schluss ziehen, dass die Wanderung des Menschen in Europa ihren Ausgang in den südwestlichen Ländern nahm und allmählich nach den höheren Gebirgsgegenden Mitteleuropa's und nach dem Norden des heutigen Deutschlands vordrang.

Die Ueberreste ausgestorbener Thiere haben auch der Wissenschaft sichere Stützpunkte geboten, um die geographischen und physikalischen Veränderungen zu beurtheilen, welche seit dem ersten Erscheinen des Menschen in Europa stattfanden. Es ist sehr wahrscheinlich, dass zu jener Zeit, als das Mammut, die Höhlenhyäne u. s. w. lebten, die Mittelmeerländer durch Landengen über Gibraltar, Sicilien und den Bosphorus zusammenhiengen und dass diese ganze Gegend von dem übrigen Continente Afrika's abgetrennt war durch ein Meer, welches gegenwärtig in die Sahara ungewandelt ist. Ferner, da in den Flussterrassen des Thales der Seine in der Gegend von Paris und im Themsethale bei London die Knochen des Mammut zusammenliegend mit von den Menschen gefertigten Feuersteinwaffen gefunden worden, so folgt doch wol daraus, dass auch England und Frankreich zur damaligen Zeit zusammenhiengen. Denn eine Uebereinstimmung dieser schwerfälligen Landthiere wäre nicht denk-

bar, wenn jene beiden Länder seit jeher durch das Meer getrennt gewesen wären.

Mammut und das Nashorn der Vorzeit waren mit dichter Wolle bedeckt. Das Renthier und andere nordische Thierformen kamen in Mitteleuropa, sogar im südlichen Frankreich vor. Das setzt voraus, dass zur damaligen Zeit die Lebensbedingungen für diese Thiere andere waren. Die Geologie hat ferner nachgewiesen, dass zu jener Zeit mächtige Gletschermassen von den Alpenkämmen bis tief herab in die Ebenen und Thäler hiengen, und dass auch die Gebirge Schottlands und Irlands, sowie die Vogesen mit Gletschern bedeckt waren. Wenn wir nun alle diese Erscheinungen zusammenfassen, so gelangen wir zu dem Resultate, dass in Europa die mittlere Temperatur weit niedriger war als jetzt, dass also seit der Anwesenheit des Menschen in unseren Gegenden die klimatischen Verhältnisse sich wesentlich geändert haben.

Die Geologie hat auch Licht verbreitet über die stattgehabte Fortentwicklung des Menschengeschlechtes. Wenn man nämlich die in den Höhlen des südlichen Frankreichs und an anderen Orten aufgefundenen Steingeräte, ferner die aus Kupfer und Bronze gefertigten, in den Pfahlbauten entdeckten Instrumente mit denjenigen vergleicht, welche noch heutzutage die Eskimo's und Grönländer gebrauchen, so gelangt man zur Ueberzeugung, dass die Menschen in jener vorhistorischen Zeit auf einer so niedrigen Entwicklungsstufe standen, wie gegenwärtig die Eskimo's im hohen Norden. Aber im Kampfe um's Dasein sind unsere Ahnen allmählich erstarkt und haben sich geistig vervollkommnet. Doch nicht sinnlos und mit rohen Kräften führten sie diesen Kampf, sondern mit den Erfindungen ihres eigenen Nachdenkens. Eine aufmerksame Beobachtung der Natur leitete sie an, die Wesen und die Kräfte derselben sich nach und nach dienstbar zu machen. Die Erfindungen und Entdeckungen der Voreltern vererbten sich auf die Nachkommen, ja die Fortschritte derselben bedingten den Fortschritt jeder folgenden Generation und erleichterten dieser den Kampf um's Leben. Und gleichwie nach dem Gesetze des Darwinismus die auf der Erde nach einander aufgetretenen Thiere und Pflanzen ein Fortschreiten vom Einfacheren zum Mannigfaltigeren, vom Niederen zum Höheren vertragen, so zeigt auch die Menschheit ein Fortschreiten zu immer höherer Entwicklung und darin liegt für uns die Aufforderung, dass auch wir durch eigene Arbeit uns fortbilden, um zu dem Ziele zu gelangen, welches unserer Vervollkommnung gesteckt ist.