

**Badische Landesbibliothek Karlsruhe**

**Digitale Sammlung der Badischen Landesbibliothek Karlsruhe**

**Geistige Bedeutung der Mechanik und Geschichtliche  
Skizze der Entdeckung ihrer Principien**

**Redtenbacher, Ferdinand**

**München, 1879**

Geistige Bedeutung der Mechanik [...]

[urn:nbn:de:bsz:31-266466](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:31-266466)

GEISTIGE  
BEDEUTUNG DER MECHANIK

UND

GESCHICHTLICHE SKIZZE DER ENTDECKUNG  
IHRER PRINCIPIEN.

---

VORTRAG

gehalten

bei der Einweihung des neuen Maschinenbauseales  
in Carlsruhe im Herbst 1859

von

F. REDTENBACHER.

GEISTIGE  
Bedeutung der Mechanik

GEOMETRIE UND SKIZZE DER ENTWICKELUNG  
DER MECHANIK

VORTRAG

bei der Einweihung des neuen Maschinenraumes  
in Karlsruhe im Herbst 1879

F. REDTENBACHER.

## Hochgeehrte Versammlung!

Ich erlaube mir, ihre Aufmerksamkeit für eine Stunde nach einer Richtung hinzulenken, die gewöhnlich, wenn von geistigen Interessen die Rede ist, unbeachtet bleibt, die aber gleichwohl in der Geschichte der Erkenntniss eine bedeutungsvolle Rolle gespielt hat, und durch ihre practischen Thaten auf die Culturverhältnisse der Neuzeit von dem entschiedensten Einfluss war und bleiben wird. Ich wage es, die Bedeutung der Wissenschaft, welche Mechanik genannt wird, zu beleuchten, und eine geschichtliche Skizze der Entdeckung ihrer Principien vorzutragen. Dieses Unternehmen ist mit vielen Schwierigkeiten verknüpft, und ich bin mir, auch ganz abgesehen von dem Maasse meiner Kräfte nicht sicher, ob es mir gelingen wird, ihre Aufmerksamkeit durch eine Stunde zu fesseln.

Die Hauptschwierigkeit liegt in der Natur der exacten Wissenschaften, von welchen die Mechanik die exacteste ist. Der geistige Gehalt dieser Wissenschaft kann nur durch eine ganz scharfe Auffassung der Sache herausgekehrt werden; und durch jede Vereinfachung und Popularisirung geht derselbe verloren. Die Erscheinungen und Vorgänge, welche die Naturwissenschaften, und welche insbesondere die Mechanik zu betrachten hat, sind für die Sinne nicht so anregend, als die Erscheinungen der Natur und der Kunst; jeder Gang in's Freie, wo wir all' die Werke der Natur-schöpfung und das wechselvolle Schauspiel, das durch Licht und Luft hervorgerufen wird, vor Augen haben, bietet Erscheinungen dar, von denen jede einen wohlthätigeren Sinnenreiz bewirkt

und auf den Geist, wie auf das Gemüth mehr unmittelbar anregend wirkt, als diese, in der Regel unscheinbaren, aller Aesthetik entbehrenden Vorgänge der Naturforschung, und wenn wir diese mit den Eindrücken vergleichen, welche die Kunst vermittelt der Sinne auf den Geist und auf das Gemüth hervorzurufen vermag, so erscheint die Wissenschaft in einem ungünstigen Lichte. Allein die Aufgabe der Wissenschaft ist eben eine andere, als die des Künstlers und des Dichters; sie will von den Aeusserlichkeiten der Erscheinungen zu den inneren Ursachen eindringen, und so das Wesenhafte der Erscheinungen und ihren Zusammenhang kennen lernen, und diese räthselhafte Gottesschöpfung zu begreifen suchen. Der Naturforscher muss in die innerste Werkstätte der Natur einzudringen suchen, wo das Kräftespiel zu Hause ist, durch welche diese ganze Phantasmagorie der äusseren Erscheinungen vorbereitet und angesponnen wird, die wir im unbefangenen, nicht reflectirenden Zustande an der Natur und Kunst verehren und bewundern. Wir müssen der Natur auf die Palette sehen, mit der sie ihre Bilder malt, und diese Palette sieht nicht so anziehend aus, als ihre vollendeten Werke. Dem Naturforscher muss es bei seiner Thätigkeit beinahe gleichgiltig sein, ob die Erscheinungen ein ästhetisches Interesse gewähren, ob sie das Gemüth erwärmen, wenn nur die Erscheinungen von der Art sind, dass sie zur Erkenntniss dieses inneren Schaffens der Natur führen. Das, was die Naturforschung gegenwärtig sucht und suchen muss, sind die Gesetze, nach welchen die Erscheinungen erfolgen, und die Kräfte, durch deren Wirksamkeit diese gesetzmässigen Vorgänge hervorgebracht werden: dies sind die ruhenden Pole in der Erscheinungen Flucht. Allein, kann man fragen, wozu dies ewige Forschen nach Gesetzen und Kräften, ist es denn nicht genug, einfach kindlich an die Natur zu glauben, sie zu nehmen, wie sie sich uns gibt, und mit vollem Vertrauen zu hoffen, dass sie uns den rechten Weg führen wird?

Wozu diese Mechanik mit ihren Bewegungen und Gleichgewichtszuständen, wozu diese Chemie mit ihren Laboratorien und Gasen, wozu diese Physik mit ihren Apparaten, Blitzen, Zuckungen

und Schwingungen, wozu diese Astronomie mit ihren Sternbewegungen im unendlichen Weltraum? Der Geist ist ja doch nicht in diesen mechanistischen Vorgängen, ist nicht in jenen Gasen und Apparaten zu finden, kann nicht durch Fernrohre im Weltraum, noch durch Microscope im Innern der Körper gefunden werden? Diese und ähnliche Fragen sind schon oftmals aufgeworfen und selbst mit Leidenschaftlichkeit vertheidigt und angegriffen worden; erlauben sie mir hierüber einige Worte in Ruhe äussern zu dürfen.

Zunächst ist in Erinnerung zu bringen, dass sich die Natur nicht immer so liebevoll und freundlich zeigt, wie an einem heiteren Morgen oder milden Abend; sie kann auch böse sein; dann bricht sie mit ihren Gewalten schonungslos über das Menschengeschlecht her, entsendet ihre Wasserfluthen, schleudert ihre Feuerbrände, zerschmettert mit ihrem Wellenschwung das Schifflein auf dem Riff. Sie bildet gar schöne Landschaften, aber in ihrem Bildersaal ist es zum Verhungern; sie bietet uns zur Wohnung nichts als Waldesdunkel und Felsenhöhlen. Wir können nicht einmal physisch, vielweniger geistig existiren. Aber wunderbar, diese feindliche Seite legt die Natur ab, sowie wir sie in ihrem Wirken erforscht und erkannt haben, sowie wir die Gesetze und die Kräfte ihres Wirkens kennen gelernt haben, dann gibt sie uns durch den Feldbau reichliche Nahrung, dann treibt sie unsere Mühlen, in welchen frohe Menschen leben, bewegt sie unsere grossen Werkstätten, in welchen Nützlichendes geschaffen wird und Tausende von Menschen ihr Fortkommen finden, dann bläst sie unser Schifflein über den Ocean nach dem fernen Strande, dann präparirt sie uns schöne Farben zu unsern Bildwerken, und liefert uns das Material zu unsern Kunstgebilden. Das alles leistet sie, wenn wir ihre Gesetze kennen und befolgen, und zu dieser Kenntniss können wir auf keinem andern Weg gelangen, als durch den, welchen die Naturwissenschaften verfolgen.

Wir brauchen den Mechanismus zu unsern Mühlen, Werkstätten und Verkehrseinrichtungen; wir brauchen den Chemismus für den Fortschritt des Feldbaus, für die Bereitung und Dar-

stellung der tausendfältigen Stoffe und Substanzen, ohne welche so mannigfaltige physische und geistige Zwecke nicht verfolgt werden können; wir können diese Physik nicht entbehren, weil wir gerade durch sie die Gesetze und Kräfte kennen lernen, die unseren Zwecken zu dienen haben. Wir brauchen auch die Astronomie, um uns auf diesem Erdenrund, auf Land und Meer orientiren zu können. Wir können zu einem freien geistigen Fortschritt nicht gelangen, so lange uns diese äussere Natur mit ihren Gesetzen und Kräften feindlich gegenübersteht; wir müssen lernen, sie für unsere Zwecke zu beherrschen und zu leiten, und die Neuzeit hat in dieser Hinsicht wahrlich ein gutes Stück Arbeit vollbracht.

Die Culturgeschichte wird es einst in ihren Büchern aufzeichnen, was die Menschen in diesem Jahrhundert in der Erkenntniss und Bewältigung der Naturgewalten geleistet haben, dabei wird die Mechanik nicht vergessen werden.

Allein, was ich soeben zu schildern bemüht war, betrifft nur unser practisches Verhalten zur Natur, betrifft nur den Nutzen, den uns die Naturwissenschaften zu gewähren vermögen; es gibt aber noch einen bedeutungsvolleren Grund, der uns zur Pflege der Naturwissenschaften zwingt: Der Gang der Weltgeschichte zwingt uns dazu. Sie ist voll von Elend, Krieg und leidenschaftlichen Stürmen, die doch nur daher rühren, weil wir den Geist nach seinen wahren Gesetzen und Wirken noch nicht erkannt haben; und diese Geisteserforschung kann, — das hat die Geschichte der spiritualen Wissenschaften gelehrt — ohne die gleichzeitige Erforschung der materiellen Seite der Natur nicht vollständig durchgeführt werden. Das vielbegabte Alterthum glaubte freilich, diesen Geist direct und ohne alle Umwege erfassen zu können, aber das Unternehmen misslang, ungeachtet der hohen Kräfte, welche es durchzuführen wagten. Und die zahllosen philosophischen Systeme, die bis zum heutigen Tage aufgebaut wurden, sind alle verlassen.

Es unterliegt wohl keinem Zweifel, dass diejenigen Bestrebungen, welche dahin zielen, das Wesen des Geistes direct zu

erfassen, das Höchste anstreben, was die Wissenschaft überhaupt anzustreben vermag. Es unterliegt auch keinem Zweifel, dass nach dieser spiritualen Richtung hin von jeher bei allen Cultur-Völkern die tiefsinnigsten und mit dem erhabensten Geiste begabten Männer gewirkt haben, und dass namentlich Deutschland Bedeutendes geleistet hat. Allein, wenn man auch diese Bestrebungen noch so hoch anschlägt, und auch gar nicht in Abrede gestellt werden darf, dass durch die dabei vorkommende Geistesübung im geordneten, umfassenden, tief eindringenden Denken die gegenwärtig bestehende Geistes-Cultur zu Stande gekommen ist, so ist es doch eine weltbekannte Thatsache, dass diese spiritualen Bestrebungen nicht an's Ziel gekommen sind; Festes, Dauerndes, eine Grundlage, auf der man fortbauen könnte, ist auf diesem Wege nicht gewonnen worden. Es gibt gegenwärtig kein philosophisches System, das dem Theologen, das dem Staatsmanne, das der Naturforschung zur Grundlage dienen könnte. Was von allen philosophischen Systemen feststeht, ist nur ihre Geschichte, d. h. die Geschichte der Bestrebungen und Verirrungen des Menschen in der Erkenntniss des Geistes.

Die Geschichts-Forschung hat es aufgegeben, die Phänomene des Geistes im Leben der Völker und Nationen aus philosophischen Principien zu deduciren, oder daraus zu erklären. Die Rechtswissenschaft zieht sich von philosophischen Principien zurück, stellt sich auf den historischen Standpunkt und sucht durch die Vergleichung der mannigfaltigen Staatsformen des Alterthums und der Neuzeit die allgemein giltige Regel auf inductivem Wege festzustellen. Die Sprach-Forschung ist rein historisch geworden; es werden die Sprachen aller Völker durchforscht und erforscht, es wird der Zusammenhang dieser Sprachen mehr und mehr an's Licht gebracht und wird auf diesem Wege das allen Sprachen Gemeinsame auf inductivem Wege gefunden.

Die Medicin will von Philosophie nichts mehr wissen; sie ist schon so oft irre geführt worden, dass sie alles Vertrauen an eine philosophische Grundlage verloren hat; sie hat aufgehört, philosophische Wissenschaft zu sein, schliesst sich bescheiden der

Natur-Wissenschaft an und hat auf diesem Wege in wenigen Jahren mehr erzielt, als Jahrhunderte auf den glitzernden Bahnen der Philosophie. Die Theologie hat sich in langen Kämpfen mit allen philosophischen Systemen herumgeschlagen, sie lässt sich in keinen Kampf mehr ein, stellt sich auf den historischen Boden. — Wo wir also hinblicken, überall zeigt sich die Erscheinung, dass die philosophischen Bestrebungen nicht Das geleistet haben, was sie versprochen; die speculative, von der Spitze an niederwärts aufbauende Philosophie hat das Vertrauen überall verloren und sie selbst glaubt nicht mehr an sich; sie selbst schickt sich an, von unten an aufbauend zu verfahren; sie selbst erkennt, dass der bisher betretene Weg verlassen werden muss, dass sie sich mit den Erscheinungen der Natur und des Menschengestes genau erst bekannt machen muss; dass nicht der Anfang, sondern der Schluss der Forschung uns sagen kann, was Geist, was Natur ist, dass eine Wissenschaft scheitern muss, die damit anhebt, uns vornherein sagen zu wollen, was Geist und Natur ist, und die aus diesem Ausgange die Erscheinungen der Wirklichkeit erklären und herausdeduciren will. Es ist erkannt, es gibt keine haltbare Philosophie ohne Psychologie, keine Psychologie ohne Physiologie, keine Physiologie ohne Physik und Chemie, und, setze ich dazu, keine Physik und Chemie ohne Mechanik. Diese Scala muss durchlaufen werden, aber nicht von oben nach unten, sondern umgekehrt, von unten nach oben. Die Mechanik muss in die Physik und Chemie, diese müssen in die Physiologie, diese wiederum in die Psychologie, und alle zusammen in die Philosophie eindringen. Die Mechanik stellt sich demnach als die Basis des ganzen wissenschaftlichen Aufbaues dar, und es ist nur die Frage, ob sie dieses zu leisten vermag.

Nun, Alles vermag sie nicht zu leisten, denn die Natur und der Geist sind nicht ein reiner Mechanismus, die Mechanik kann nur insoferne Dienste leisten, als in der Natur mechanistische Vorgänge vorkommen; diese sind aber überall vorhanden, wo etwas Materielles mit im Spiele ist, und alle diese mechanistischen Vorgänge geschehen in der organischen Natur mit gleicher Correct-

heit, wie in der unorganischen, oder wie in den ordinären Maschinen. Die Natur bleibt sich gleich gross, ob sie hier oder da wirkt, sie ist allgegenwärtig und überall die gleiche. Diese Mechanik hat grosse Thaten vollbracht, wenn sie auch nicht geachtet und erkannt worden sind. Sie hat die Astronomie zu einem einzigen runden Problem gemacht und hat es zur vollständigen Lösung gebracht. Sie hat alles geschaffen, was im Gebiete der Physik wissenschaftlich feststeht.

In dem weiten Gebiete der Chemie hat sie bis jetzt noch nichts geleistet; diese Wissenschaft ist bis jetzt ihren isolirten Erfahrungsweg gegangen und sie hat darin recht gethan; die grossen Fortschritte und Errungenschaften dieser Bestrebungen beweisen es, aber sie hat so ungeheure Fortschritte gemacht, dass sie über ihren eigenen Kopf hinausgewachsen ist; sie erkennt es selbst, dass sie sich in das Gebiet der Physik und der Mechanik hinaufcultivirt hat, und wird sicherlich in Verbindung mit der Mechanik zu einem neuen grossen Aufschwung gelangen.

Damit ist es aber einstweilen mit der Herrlichkeit der Mechanik zu Ende. In der unorganischen Natur sind alle Vorgänge rein mechanistisch, sowie wir aber das Gebiet des Organischen oder gar das Gebiet des Geistes betreten, tauchen qualitativ verschiedene Erscheinungen auf, gelangen wir an eine Grenze, wo die mechanistischen Principien ihre Macht verlieren. Es tritt hier schon in den ersten Anfängen des organischen Lebens das Gebilde der Zelle auf, deren Entstehung, Entwicklung und Vielfältigung weder aus mechanistischen, noch chemischen Principien erklärbar scheint.

Zwar spielt auch in der Zelle dieser Mechanismus und Chemismus mit derselben Correctheit, wie überall im Materiellen, allein ihre Entstehung und ihr Leben ist für uns gegenwärtig noch ein Wunder. Aehnliche Erscheinungen treten mehr und mehr auf, zu je höheren organischen Gestalten wir aufsteigen, überall erkennen wir den Mechanismus wie den Chemismus mit vollkommener Correctheit wirken, aber mehr und mehr sehen wir auch neue Agentien oder Urbildungen auftreten, die nicht mehr mechanisti-

scher Natur sind. So begegnen wir bei den lebenden Wesen und insbesondere bei dem Menschen der wunderbaren Erscheinung der Empfindung. Die Luft wird in Schwingungen versetzt, sie erfolgen nach rein mechanistischen Gesetzen mit wunderbarer Correctheit. Millionen von solchen Schwingungen können gleichzeitig die Luft beleben, ohne sich wechselseitig nur im Mindesten zu stören. Jede bewegt sich so fort, wie wenn alle anderen nicht vorhanden wären, und jede mit einer Bestimmtheit, wie wenn sie der lebendige Ausdruck einer mathematischen Formel wäre. Diese Luftschwingungen gelangen an unser Gehör, dringen in dieses ein, werden in dem labyrinthischen Bau auf mannigfaltige, uns noch nicht bekannte Weise präparirt oder modificirt. Aber das Alles geschieht noch nach mechanistischen Gesetzen, bis endlich eine Grenze erreicht wird, wo das Wunder der Empfindung des Ton's auftritt. So ist es auch mit allen übrigen Einwirkungen der Aussenwelt auf unsere Sinne. Das Licht besteht in Schwingungen des Aethers; auch diese Bewegungen sind durch Beobachtungen und durch Rechnungen auf das Vollkommenste erforscht; die Licht-Theorie ist ein Problem der Mechanik geworden und ist im Wesentlichen bereits gelöst. Diese Aether-Schwingungen pflanzen sich fort, gelangen an unser Seh-Organ, das Auge, werden in demselben auf die mannigfaltigste Weise gebrochen, fortgeleitet und modificirt — Alles dies sind rein mechanistische Vorgänge, bis zu der Grenze hin, wo die Empfindung der Helligkeit und Farbe eintritt.

In uns, nicht ausser uns, liegen die Wunder, ausser uns gibt es nur Bewegung, kein Schall, kein Licht, der Weltraum ist stockfinster und stumm, nur in uns ist Ton und Licht-Empfindung.

Durch das im Vorhergehenden Gesagte wollte ich nur zeigen, dass das Studium der Mechanik für den gesammten Aufbau der Wissenschaften von entscheidender Wichtigkeit ist, dass die Mechanik die einzige wahre und dauernde Basis für alle erklärenden Naturwissenschaften ist; ich wollte aber auch dem möglichen Missverständniss vorbeugen, dass diese Welt der Empfindung, des Gedankens, Wollens und Handelns ein purer todter Mechanismus

wäre. Der Mechanismus lehrt uns das Wohnhaus des Geistes, nicht den Geist selbst, kennen; dieser kann sich selbst nur durch fortgesetztes Schauen in sich selbst, aber zugleich mit Berücksichtigung aller Wirkungen des Geistes in der Geschichte und in den Wissenschaften wie Künsten erkennen. — Nun aber entsteht die Frage, ob denn diese Wissenschaft, welche man Mechanik nennt, jetzt schon von der Beschaffenheit ist, dass man von ihr die früher angedeuteten Leistungen erwarten darf?

Die Antwort auf diese Frage lautet entschieden bejahend. Es ist nicht eine Ueberhebung, eine eitle Ueberschätzung, wenn man sagt, die Mechanik sei die einzige vollendete Wissenschaft. Auch sie geht von Erfahrungen aus, es sind die einfachsten Fundamentalthatsachen, welche das allgemeine Sein und Wirken der Stoffe und der Naturkräfte characterisiren. An der Richtigkeit dieser Thatsachen, dieser Fundamental-Phänomene, kann nicht mehr gezweifelt werden, sie haben sich billionenmal bewährt. Ausser diesen fundamentalen Erfahrungs-Sätzen ist an der Mechanik nichts von Erfahrung; sie baut sich durch reines Denken auf und hat es darin zu einem Abschluss gebracht. Sie ist durch lauterer Denken zu einer grösseren Anzahl von allgemeinen Principien, oder eigentlich Folge-Sätzen gelangt, die für alle Räume des Himmels und der Erde und für alle Zeiten als absolute Wahrheit gelten; zu Alles umfassenden Principien, die vollständig ausreichen, um jedes mechanistische Problem, betreffe es einen Himmelskörper, einen irdischen Naturkörper oder eine von Menschen hergestellte Maschine in Angriff nehmen zu können, und die Lösung des Problems hängt nicht mehr von ihr, sondern von der weiteren Cultur der mathematischen Analysis ab. Auch besitzt diese Wissenschaft einen ganz durchgreifenden, in allen Fällen anwendbaren, unfehlbaren Formalismus; diese Wissenschaft hat das geleistet, was die Philosophie von jeher von sich und von anderen Wissenschaften gefordert hat, was sie aber nie zu leisten vermochte, die Forderung nämlich, dass eine wahre Wissenschaft von Fundamental-Sätzen ausgehen und sich reindenkend aufbauen soll. Das Alles ist geleistet und dadurch steht diese Mechanik in rein

formeller Hinsicht höher, als jede andere Wissenschaft und selbst höher als die reine Mathematik, die bei weitem nicht so aus einem Gusse gebildet ist.

Nach dieser Einleitung über die Bedeutung und die Leistungen der Mechanik erlaube ich mir eine gedrängte Skizze der Geschichte dieser Wissenschaft zu entwerfen, wobei ich mich darauf beschränke, die Hauptmomente derselben hervorzuheben. Betrachtet man die Mechanik nicht als eine mathematische Abstraction, sondern als Natur-Wissenschaft, so hat man in ihrer Geschichte vier Haupt-Momente, vier Wesenheiten, zu betrachten:

1. das Beharrungs-Vermögen der Materie,
2. die Wechselwirkungs-Fähigkeit der materiellen Theile und der Körper,
3. den Atombau der Körper,
4. den Aether.

Ich werde mich zuerst bemühen, von diesen vier Wesenheiten klare Vorstellungen zu geben, und sodann die Geschichte ihrer Entdeckung zu skizziren.

### Das Beharrungs-Vermögen der Materie.

Das Beharrungs-Vermögen der Materie ist diejenige Grundeigenschaft alles Materiellen, mit deren Erkenntniss die Erklärung aller Vorgänge beginnt. Hienieden auf Erden tritt diese Eigenschaft nur sehr unvollkommen hervor, und nur in den Bewegungen der Himmelskörper erscheint sie in idealer Reinheit. Wird eine Kugel auf eine glatte, ebene Bahn hingeworfen, so rollt sie auf derselben fort, jedoch mit allmählig abnehmender Geschwindigkeit, die sie zuletzt ganz verliert, bis sie an einer gewissen Stelle ruhig auf der Bahn liegen bleibt. Wiederholt man den Versuch auf einer sehr ausgedehnten glatten Eisbahn, so rollt die Kugel sehr weit fort, verliert aber doch zuletzt ihre Geschwindigkeit und bleibt an einem gewissen Orte auf der Bahn liegen. Fasst man diese einfache Erscheinung denkend auf, so drängen sich zwei Fragen auf: 1. wie kommt es, dass die Kugel, nachdem sie die Hand verlässt, ihre Bewegung fortsetzt, und 2. wie kommt es, dass diese Be-

wegung nicht immer fortdauert, sondern allmählig abnimmt und zuletzt ganz verschwindet? Die Antwort auf die erste Frage lautet: weil die Materie das Vermögen besitzt, durch sich selbst in einem Zustande der Bewegung verharren zu können; die zweite Frage ist dahin zu beantworten: weil die Reibung der Kugel an der Bahn und der Luftwiderstand der Bewegung entgegenwirken, und dieselbe fort und fort schwächen, bis sie endlich ganz verschwindet. Dass diese Erklärung die richtige ist, können wir auf Erden durch kein Experiment nachweisen, allein die Bewegungen der Planeten um die Sonne beweisen diese Richtigkeit; dort im Himmelsraum gibt es keinen Luftwiderstand, keine Reibung, es ist nichts vorhanden, was der Bewegung der Planeten entgegenwirkt und daher kommt es, dass sie ihre Bewegungen ohne Aufhören und immer in gleicher Weise fortsetzen.

Beschreiben wir dieses Beharrungs-Vermögen mit Bestimmtheit, so müssen wir sagen, es bestehe theils in dem Unvermögen der Materie, durch sich selbst und ohne alle äussere Einwirkung aus einem Zustande der Ruhe in einen Zustand der Bewegung, oder aus einem bewegten Zustand gewisser Art in einen bewegten Zustand anderer Art über zu gehen; theils besteht es in dem Vermögen, in einem Zustande der Bewegung oder der Ruhe verharren zu können. Dieses Beharrungs-Vermögen kann man das Princip der Selbst-Erhaltung des ruhigen oder des bewegten Seins nennen. Diese scheinbar uninteressante Eigenschaft der Materie ist für den Weltbau von der höchsten Wichtigkeit, denn nur durch diese Eigenschaft erhalten die Erscheinungen und Zustände eine Dauer, ist ein Fortbestehen von Zuständen ohne äusserliche Nachhilfe möglich, können stetige Entwicklungen und Uebergänge stattfinden. Es ist dieses Gesetz die primitivste Schöpfungs-Idee, und, ausgerüstet mit dieser Eigenschaft, konnte es hinaus gesäet werden in den unendlichen Weltraum, das Sternen-Heer.

Durch dieses Beharrungs-Vermögen in Verbindung mit dem Princip der Wechselwirkungs-Fähigkeit ist dieses Welt-Ganze mit allen Sonnen, Planeten, Monden und Cometen ein sich selbst erhaltendes Perpetuum mobile.

### Die Wechselwirkung.

Allein es wäre eine traurige Welt, wenn die Materie nur allein mit dem Beharrungs-Vermögen, mit dieser rein passiven Eigenschaft begabt wäre; ein Körper, der in Ruhe ist, würde immer in Ruhe bleiben, ein Körper, der in Bewegung ist, würde immer und ewig mit gleichförmiger Geschwindigkeit und in gerader Linie fortleiten. Die Körper würden in keiner Beziehung zu einander stehen, jeder würde die Existenz des anderen ignoriren, bis er etwa zufällig mit einem zweiten zusammenstösse. So traurig ist die wirkliche materielle Welt nicht beschaffen; die Körper bleiben nicht immer in Ruhe, sie gehen auch in einen bewegten Zustand über. Die bereits in Bewegung befindlichen Körper bleiben nicht immer in dem gleichen Zustand, sie ändern ihre Geschwindigkeiten und Bewegungs-Richtungen, bewegen sich nicht immer in gerader Linie fort, sondern beschreiben die mannigfaltigsten Bahnen. All' diese Zustands-Aenderungen, deren die Körper fähig sind, geschehen durch eine zweite Fundamental-Eigenschaft, mit welcher die Körper ausgerüstet sind, und diese besteht in der Wechselwirkungs-Fähigkeit der Körper. Diese Körper sind mit einem Reichthum von Kräften begabt, vermöge welcher sie im Stande sind, sich gegenseitig anzuziehen und abzustossen, und was insbesondere ein Schöpfungs-Wunder ist, diese Anziehungen und Abstossungen äussern sich nicht blos bei unmittelbarer Berührung, sondern auch in der Entfernung. Wir kennen noch nicht den ganzen Reichthum an Kräften, mit denen die Natur die Körper ausgestattet hat, aber wir kennen doch einige von diesen Kräften ganz genau, andere aber nur in allgemein unbestimmter Weise. Diejenige Kraft, die wir am genauesten kennen, ist die sogenannte Gravitation, vermöge welcher sich alle im Weltraum befindlichen planetarischen und Sonnenmassen, sowie auch je zwei kleinste Körpertheilchen mit einer Intensität anziehen, die dem Product ihrer Massen direct, und dem Quadrat ihrer Entfernung verkehrt proportional ist. Wenn ein Körper auf der Erde 100 Pfund wiegt, so heisst

dies so viel als, die Gesammtanziehung der Erde gegen diesen Körper beträgt 100 Pfund. Könnte man denselben Körper nach einem Ort bringen, der von dem Mittelpunkt der Erde doppelt so weit entfernt ist, als der Halbmesser derselben, so würde dieser Körper gegen die Erde nicht mehr mit einer Kraft von 100 Pfund, sondern nur noch mit einer Kraft von 25 Pfund angezogen werden, denn bei doppelter Entfernung von dem Mittelpunkt der Erde ist ihre Anziehung gegen den Körper nur der vierte Theil, also 25 Pfund. Diese von *Newton* entdeckte Gravitationskraft ist es, durch welche der planetarische Weltbau im grossen Ganzen zusammengehalten und geleitet wird.

Diese Kraft ist es, welche bewirkt, dass die Planeten um die Sonne in elliptischen Bahnen sich bewegen, welche die Totalität aller, einem Weltkörper angehörigen Körper, zusammenhält. Sie ist es auch, durch die ein dauernder, bleibender Bestand des Weltganzen möglich ist.

Man kann mit einer, an mathematische Gewissheit grenzenden Wahrscheinlichkeit sagen, dass dieses Weltall durch keine andere Kraft dauernd, ohne wesentliche Störungen fortbestehen kann, denn bei jedem anderen Kraft-Aeusserungs-Gesetz findet sich durch verlässliche Rechnungen, dass die Planeten sich entweder fort und fort von der Sonne entfernen, oder sich derselben fortwährend nähern und schliesslich mit ihr zusammentreffen müssten. Dieses Gravitations-Gesetz erscheint also als eine Satzung, die nicht nur besteht, sondern die durchaus bestehen muss, damit diese Welt der Sonnen und Planeten dauernd bestehen kann. Allein die Natur wollte nicht nur Sonnen und Planeten schaffen, die sich ohne Collision um einander bewegen können, sie wollte auch in und auf diesen Himmels-Körpern Gestalten und Leben hervorrufen, und dazu ist diese allgemeine, vorzugsweise nur im Grossen und Ganzen wirkende Gravitation nicht genügend. Sie hat noch einen Reichthum von andern Bildungskräften geschaffen, welche die Bestimmung haben, für den Bau im Kleinen, für dieses Bilden und Gestalten im engsten Raum zu sorgen. Zu diesem Zweck hat die Natur noch zwei Arten von Kräften geschaffen, nämlich wechselwirkende Anziehungen zwischen

gleichartigen Stoffen, und wechselwirkende Anziehungen zwischen heterogenen Stoffen; die ersteren kann man physicalische, die letzteren chemische Kräfte nennen. Beide haben das Gemeinsame, dass sie nur in ganz unmerklichen kleinen Entfernungen der Theilchen, dafür aber in diesen kleinen Entfernungen mit einer so ausserordentlich grossen Energie thätig sind, dass das, was daraus entsteht, nur allein das Werk ihrer Wirksamkeit ist, so dass dieser Detailbau gegen alles geschützt ist, was von aussen her störend einwirken könnte. Vermöge dieser, im engsten Raum in ganz unmessbar kleinen Entfernungen, mit einer alles überwältigenden Energie wirkenden Kräfte geschehen diese Krystallbildungen, erscheinen die Stoffe bald in Gasform, bald in tropfbarflüssigem Zustande, erfolgen alle diese zahllos vielen chemischen Verbindungen und Auflösungen, werden auch die wunderbaren Functionen und Vorgänge des organischen Lebens hervorgebracht; diese letzteren aber allerdings nur unter Mitwirkung von den noch nicht enträthselten Zellenbildungen und andern unbekanntem Wesenheiten. Allein für eine schärfere Bestimmung dieses activen Principes der Wechselwirkungsfähigkeit der Materien gehört auch noch eine genaue Angabe, wo dieses Princip seinen Sitz hat, von wo aus und nach wohin es wirkt, und so werden wir genöthigt, uns von der inneren Natur alles Substantiellen eine genauere Vorstellung zu verschaffen. Auf diesem Wege kommen wir zu den Atomen.

### Die Atome.

Wie ist das Innere der Materie beschaffen? Ist sie ein gestaltloser Brei oder besteht sie aus bestimmt gestalteten Gebilden, aus Atomen? Mancherlei physicalische, chemische und mechanische Vorgänge haben die Ueberzeugung hervorgerufen, dass die letztere Ansicht die richtige ist. Eine Erscheinung, welche zur Annahme von bestimmt gestalteten Atomen führt, ist der crystallisirte Zustand so vieler Substanzen der unorganischen Natur. Dieser Zustand stellt sich besonders bei den Edelsteinen dar. Der Demant, der Rubin, der Smaragd und Topas überraschen

und erfreuen sowohl durch ihre mathematisch regelmässige Gestaltung, wie durch die schöne Licht- und Farbenpracht. Alle Crystalle sind überdies nach ganz regelmässigen, ebenen Flächen theilbar, und wenn man überhaupt alle Erscheinungen zusammenfasst, die an den Crystallen beobachtet werden, so drängt sich der Gedanke auf, dass das innerste Wesen dieser Gebilde auf einer ganz regelmässigen, durch Kräfte hervorgerufenen Nebeneinanderlagerung und Gegen-einandergruppierung von ungemein kleinen, auf's Bestimmteste gestalteten Körperchen, auf sogenannten Atomgruppierungen beruht; eine andere Reihe von Erscheinungen, die zur Annahme von Atomen führt, liefert das gesammte, weite Gebiet der Chemie. Sie hat eine Unzahl von unorganischen wie organischen Stoffen zerlegt, und ist dadurch zu gewissen einfachen Substanzen geführt worden, die sie nicht mehr zu zerlegen vermag, und aus welchen alle bis jetzt bekannt gewordenen organischen wie unorganischen Substanzen bestehen. Derlei nicht zerlegbare Stoffe kennt man jetzt 62. Es ist aber eine feststehende Thatsache, dass sich diese einfachen Substanzen nur in ganz bestimmten Gewichtsverhältnissen verbinden, die bereits ausgemittelt sind, und bald chemische Aequivalente, bald Atomgewichte genannt werden. Gerade diese Thatsache der Verbindung der einfachen Stoffe zu zusammengesetzten nach bestimmten Gewichtsverhältnissen hat zu dem Gedanken geführt, dass diese einfachen Substanzen aus kleinen Körperchen von ganz bestimmter Gestaltung und ganz bestimmten Gewichten bestehen, weil sich durch diese Annahme die Verbindung der einfachen Stoffe nach bestimmten Gewichtsverhältnissen in schlagender Weise erklärt. Denn wenn die einfachen Substanzen aus solchen Atomen bestehen und die zusammengesetzten Substanzen dadurch entstehen, dass sich eine bestimmte Anzahl Atome der einen Substanz mit einer bestimmten Anzahl einer zweiten vereinigt, so ist die Verbindung nach bestimmten Gewichtsverhältnissen vollkommen erklärlich. Gar viele andere Erscheinungen und Thatsachen können angeführt werden, die alle durch die Annahme von bestimmtgestalteten Atomen ihre vollständige, oder doch natürlich ungezwungene Erklärung finden,

aber der Zeitraum einer Stunde erlaubt es nicht, aus den That-  
sachen die überzeugenden Nachweisungen zu liefern. Für die Sinne  
darstellbar sind diese Atome nicht, ihre reale Existenz kann durch  
den Gesichtssinn, durch das Gehör und überhaupt durch die  
Sinne, mit welchen wir begabt sind, nicht erkannt werden, aber  
die Gesamtheit der Erscheinungen überzeugt uns von ihrer  
Existenz.

Diese Atome, diese kleinen bestimmt gebildeten aber uns  
noch nicht bekannten Gestalten sind nun der Sitz der mannig-  
faltigen Kräfte, von welchen früher die Rede war; je zwei solche  
Atome wirken aufeinander anziehend ein, nach dem Gravitations-  
gesetz, ziehen sich aber auch an vermöge jener, nur in unmerk-  
licher Distanz energisch auftretenden chemischen Verwandtschaft,  
und auf diesem Wechselwirken je zweier Atome beruhen die  
mannigfaltigsten physicalischen und chemischen Erscheinungen.  
Diese Atome und ihre Wechselwirkungen sind es, wodurch dieses  
wunderbare Gestalten und Bilden im engsten Raume hervorge-  
bracht wird. Sie sind es, von denen der Dichter sagt, die Natur  
hätte es nicht so weit gebracht, finge sie nicht alles so stereo-  
metrisch genau an.

### Geschichte der Atomistik.

Ich erlaube mir, mit wenigen Worten die Geschichte der  
Atomistik zu skizziren. Einer atomistischen Anschauung begegnen  
wir zuerst bei dem griechischen Philosophen *Leucippus* (—500).  
Nach seiner Ansicht ist der leere Raum mit einer zahllosen Menge  
so kleiner Körperchen erfüllt, dass sie sinnlich nicht wahrge-  
nommen werden können; sie sind an und für sich untheilbar  
und werden deshalb Atome genannt. Diese Atome bewegen  
sich in dem unendlich leeren Raume und bilden durch ihre Ver-  
einigung und Trennung das Entstehen und Vergehen der Dinge.  
Aehnliche Anschauungen finden sich bei *Anaxagoras* (—500) und  
bei *Epicur* (—342); sie gebrauchen jedoch die treffenden Be-  
nennungen Architypen und Samenkörperchen. *Platon* (—429)

und *Aristoteles* (—384) sprechen nicht von Atomen oder ähnlichen Wesenheiten; dies könnte wohl bei letzterem, bei ersterem aber nicht befremden. *Platon* ignorirt überhaupt die Aussenwelt.

Eine Naturwissenschaft, die dahin zielt, diese reale Gotteschöpfung kennen zu lernen, kann bei diesem Manne nicht vorkommen, dem es mehr nur darum zu thun ist, auszusprechen was in seinem Innern sich kundgibt. Nach diesen Griechen kommt die lange Pause, die für die Naturwissenschaft ein wahres Vacuum ist. Mit klarem Bewusstsein ist die atomistische Anschauung eigentlich erst von *Newton* (1642) ausgesprochen worden, indem er in der Einleitung zu seinen Principien sagt: „Eine rationelle Mechanik soll die Wissenschaft der Bewegung, die von willkürlich gegebenen Kräften kommt, und zugleich die Wissenschaft der Kräfte sein, die irgend eine gegebene Bewegung hervorbringen, beide genau mathematisch bestimmt und bewiesen, denn gar manches veranlasst mich, zu glauben, dass alle Erscheinungen in der Natur von gewissen Kräften hervorgebracht werden, durch welche entweder die Körper und die Atome der Körper einander genähert oder von einander entfernt werden; da aber diese Kräfte bisher ganz unbekannt gewesen sind, so sind auch alle unsere Bemühungen, die Ursachen jener Erscheinung zu finden, vergeblich gewesen.“ Aus diesen Worten *Newton's* ersieht man, dass er mit prophetischem Geiste ahnte, dass die Zukunft eine Molecularmechanik schaffen werde, durch welche die innersten Vorgänge der Körperwelt eben so sicher durch Rechnung verfolgt werden können, wie die Bewegungen der Himmelskörper vermittelst des Gravitationsgesetzes. Diese atomistische Anschauung *Newton's* wird jedoch von dessen Nachfolgern nicht weiter cultivirt, und erst gegen das Ende des 18. Jahrhunderts wird von den Chemikern *Higgins*, *Richter* und insbesondere aber durch den Engländer *Dalton* eine atomistische Anschauung über den inneren Bau der Substanzen aufgestellt. Die Grundgedanken dieser Theorie sind folgende: Die Substanzen bestehen aus sehr kleinen, untheilbaren, kugelförmigen und schweren Körperchen oder Atomen; die Atome einer und derselben Substanz sind

gleich gross, gleich schwer und sind überhaupt von gleicher Beschaffenheit. Die Atome verschiedener Substanzen sind von ungleicher Beschaffenheit. Jedes Atom ist mit einer Wärmesphäre umgeben; die chemische Verbindung ist eine innige Nebeneinanderlagerung, eine chemische Zerlegung ist eine Trennung von nebeneinandergelagerten Atomen. Chemisch zusammengesetzte Substanzen bestehen aus Gruppen von Atomen. Diese atomistische Anschauung ist vorzüglich durch die Entdeckung hervorgerufen worden, dass sich die Substanzen nur in ganz bestimmten Gewichtsverhältnissen verbinden; sie ist zur Erklärung dieses Erfahrungsgesetzes ganz geeignet, leistet aber sonst nichts. Bei *Dalton* sind die Atome kugelförmig, was aber unmöglich ist, indem aus solchen Atomen die polyedrischen Crystallbildungen nicht hervorgehen können; die Atome *Dalton's* sind wohl schwer, besitzen aber sonst keinerlei Kräfte: es fehlt also bei dieser Anschauung das, die inneren Gruppierungen und Gestaltungen hervorbringende active Princip einer Kraft. Die Atomistik *Dalton's* ist im Vergleich mit der von *Newton*, der seine Atome mit einem Reichthum von Kräften ausstattet, ein Rückschritt und keine Fortbildung; aber gleichwohl haben die Chemiker die von ihrem Fachgenossen ausgesprochene Theorie angenommen, und die des grossen Meisters entweder absichtlich ignorirt, oder aus Unkenntniss derselben nicht angenommen. — Indessen für den empirischen Weg, den die Chemie seit *Dalton* bis auf den heutigen Tag verfolgt hat und auf welchem sie so Ausserordentliches zu Stande brachte, war eine genaue Auffassung der Atomistik nicht nothwendig. Allein diese Wissenschaft hat einen Standpunkt erreicht, über welchen sie mit purem Empirismus nicht mehr hinauskommen kann und sich mehr und mehr genöthigt sieht, die Physik und Mechanik zu Rathe zu ziehen, und so wird sie sich in Kürze gezwungen sehen, die Atomistik des Chemikers aufzugeben und die des Mechanikers aufzunehmen.

Auch die Mathematiker haben wie die Chemiker die Annahme der Atomistik so lange als möglich abgelehnt, theils weil die Existenz der Atome thatsächlich nicht nachgewiesen ist, theils

weil die analytische Behandlung derselben zu grosse Schwierigkeiten verursacht. Allein nachdem alle anderen denkbaren Anschauungen, und nachdem hauptsächlich die Theorie eines continuirlichen Mediums durchgearbeitet wurde, erkannte man endlich, dass sich die sogenannten Inponderabilien ohne getrennte Atome und ohne die Annahme des Aethers mathematisch streng nicht erklären lassen, und so ist denn endlich durch *Fresnel*, *Poisson* und *Cauchy* die Annahme der Atomistik und des Aethers eine Nothwendigkeit geworden.

### Der Aether.

Zwei Dinge sind es, durch welche wir mit der Aussenwelt in einem geistigen Verkehr stehen, durch welche wir von der Existenz entfernter Gegenstände Kunde erhalten, durch welche eine zweifache Telegraphie zwischen den Menschenseelen besteht. Diese Dinge sind: Der Ton und das Licht. Die Luft wird aus der Brust eines Menschen durch die der Seele gehorchenden Stimmwerkzeuge getrieben; sie verlässt die Lippen, setzt die Luft in schwingende, die Sprache forttragende Bewegungen, diese pflanzen sich fort, gelangen an das künstlich eingerichtete Gehör, und bringen in der Seele des Menschen die Empfindung des Tons und der Sprache hervor; eine wunderbar complicirte Seelencommunication. Obgleich uns bei diesem Vorgang der Anfang und das Ende noch nicht bekannt sind, so kennen wir doch den mittleren Theil desselben, die tonfortpflanzenden Luftschwingungen. Aber wie verhält es sich mit der Lichttelegraphie? Wodurch wird die Verbindung zwischen der Lichtquelle und dem Gesichtssinn eines Menschen hervorgebracht? Wie ist es möglich, dass die entfernte Sonne in unserm Auge die Empfindung von Licht, Helle und Farbe erwecken kann, und wie kommt es, dass diese Einwirkung gerade von der Art ist, wie sie ist? Geschieht diese Einwirkung der Sonne auf das Auge ohne alle materielle Vermittelung auf ähnliche Weise, wie die Einwirkung der Schwere und anderer Kräfte, die ja auch nach den grössten Fernen durch den leeren Raum dringen, oder wird diese Commu-

nication zwischen Sonne und Auge durch etwas Materielles vermittelt?

Der phantastischen Anschauung der Alten liegt unbewusst die erste Ansicht zu Grunde. Der Aether der Inder und Griechen ist nichts reales Materielles, er ist etwas ideales, jenseitiges, transcendentes. Die vom 15. Jahrhundert an auftauchenden Anschauungen beruhen dagegen auf der vermittelnden Wirkung eines materiellen Stoffes. Allein über die Beschaffenheit und Wirkungsweise dieses Stoffes haben sich zwei verschiedene Ansichten oder Hypothesen geltend zu machen gesucht; die Emanationshypothese und die Undulationshypothese. Die erstere dieser Hypothesen scheint für den Anfang die einfachere, naturgemässere zu sein. Sie wurde zuerst von *Descartes* (1596) ausgesprochen; nach derselben ist in der leuchtenden Sonne ein Lichtstoff vorhanden, der aus kleinen, zarten, ungemein feinen Theilchen besteht, die von der Sonne durch eine unbekannte Kraft mit einer ganz ausserordentlich grossen Geschwindigkeit ausgesendet, emanirt werden. Diese Lichttheilchen durchfahren den Raum zwischen Sonne und Auge in wenigen Minuten, gelangen mit enormer Geschwindigkeit an das Auge, dringen in dasselbe ein und erwecken in denselben die Empfindung von Helle, Licht und Farbe. Diese Emanationshypothese wurde lange festgehalten, verfolgt und ausgebildet. Forscher ersten Ranges bekannten sich zu derselben, so *Newton*, aber die Erklärung der Erscheinungen durch diesen emanirenden Aether wurde immer schwieriger und die Einwürfe häuften sich. Man fragte sich, wie es komme, dass die Intensität des Sonnenlichtes nicht abnehme, da sie doch fort und fort Lichtstoff verliere; man suchte diesen Einwurf dadurch zu beseitigen, dass man sagte, dass die Sterne ebenfalls Lichtstoff aussenden, und der Sonne das verlorene Licht ersetzen. Man fragte sich ferner, wie es komme, dass diese Myriaden von Aethertheilchen, die von allen Sonnen und Sternen ausfahren, sich nicht begegnen und nicht stören? Man suchte diesem Einwurf zu begegnen, indem man sagte, dass die in einer Richtung forteilenden Aethertheilchen meilenweit von einander entfernt sind, und dass deshalb die

Wahrscheinlichkeit des Zusammentreffens zweier Theilchen sehr klein sei. Man fragte, was mit all dem Aether geschehe, der mit so rasender Geschwindigkeit in's Auge gelangt und doch nicht durch den Kopf geht. — So ging es fort, die Einwendungen häuften sich, die Widerlegungen wurden immer schwieriger, die Hypothese musste oftmals modificirt, ergänzt und mit äusserst künstlichen Zusätzen versehen werden, und zuletzt musste sie sogar von *Biot*, der ihr die höchste Ausbildung gegeben hatte, verlassen werden.

Die zweite, nämlich die Undulationshypothese, war zuerst von *Hook* (1635) angedeutet worden, dann von dem Holländer *Huyghens* (1629) mit grosser Klarheit ausgesprochen und fortgebildet. Nach derselben ist der Weltraum mit einer ausserordentlich zarten, beinahe massenlosen, aber dennoch sehr elastisch gespannten gasartigen Flüssigkeit, dem Aether, erfüllt, und sind alle im Weltraume befindlichen Körper von demselben durchdrungen. Um die Sonne ist der Aether concentrirt und befindet sich dort in einem heftigen Schwingungszustande. Diese Schwingungen pflanzen sich durch das Aethermedium fort, ähnlich den Schallwellen durch die Luft, und zwar wegen der geringen Masse und grossen Spannkraft mit ausserordentlicher Geschwindigkeit, gelangen durch das Auge, und bringen durch dessen Vermittlung die Empfindung der Helle und Farbe hervor. So waren die ersten Vorstellungen, welche man sich vom Aether bildete. Diese Hypothese schien Anfangs dem unbefangenen Gefühl nicht so natürlich zu sein, als das Ausströmen eines Lichtstoffes; allein bei der Erklärung der Erscheinungen begegnete man nicht den Schwierigkeiten.

Der Schall pflanzt sich doch auch in der Luft mit einer Geschwindigkeit von ungefähr 1200 Fuss in einer Secunde fort. Bei Annahme eines so zarten, aber so hochgespannten Mediums ist es daher sehr wohl denkbar, dass sich die Schwingungen in jeder Secunde um 40000 Meilen fortpflanzen. Solche Wellenbewegungen können ferner, wie man schon aus den Schallschwingungen weiss, zu Milliarden gleichzeitig bestehen, können sich durchkreuzen und

durcheinander laufen, ohne dass eine die andere im Mindesten stört. Jede einzelne von diesen Schwingungen, die von der Sonne und den Gestirnen auslaufen, kann auf diese Weise so correct ihren Weg durchlaufen, und schliesslich ihre Wirkung hervorbringen, wie wenn alle übrigen Wellen gar nicht vorhanden wären, gerade wie bei einem musicalischen Concert jeder einzelne Ton durch alle übrigen nicht gestört wird, sondern im Gegentheil alle zu einem Ganzen zusammen wirken. Auch ist es natürlich oder doch begreiflich, dass die Lichtquelle ungeschwächt fortbestehen kann, indem sie keinen Stoff verliert, sondern nur Bewegungen anzuregen hat. Mit ähnlichen mehr oder weniger vagen Betrachtungen suchte man diese Undulationshypothese wahrscheinlich zu machen. — Nachdem diese beiden Hypothesen ausgesprochen waren, gewann jede derselben ihre Anhänger. Durch die Autorität *Newton's* gewann die Emanationshypothese einen sehr zahlreich gewichtigen Anhang.

Aber auch *Huyghens* war mit vollem Recht als eine Autorität geschätzt, und so erhielt auch die Undulationshypothese zahlreiche Anhänger. Es entspann sich ein äusserst lebhafter Meinungskampf, jede von den Parteien suchte die besten wissenschaftlichen Gründe vorzubringen, um ihrer Ansicht den Sieg zu verschaffen. Es dauerte dieser Kampf mehr als 100 Jahre fort, ohne zu einer Entscheidung zu führen, doch mehrte sich die Partei der Undulisten mehr und mehr, insbesondere als sich *Euler* (1707) mit der Kraft seines Geistes für dieselbe aussprach.

Indessen dieser Kampf war nur ein Kampf mit Worten, und diese allein bringen in der Naturwissenschaft eine Entscheidung nicht zu Stande, sondern nur allein genaue Beobachtungsergebnisse und mathematische Deductionen. Diese entscheidende Periode trat ein. Durch viele Beobachter und namentlich durch *Fresnel* und *Young* wurden zahlreiche Lichterscheinungen der subtilsten Art an Spiegelflächen, Crystallen entdeckt, hervorgerufen und mit einem wahrhaft bewunderungswürdigen Scharfsinn theils experimental erforscht, theils durch sublime mathematische Rechnungen untersucht und durch die intensive Thätigkeit dieser

Männer, die sich gleich von vornherein zur Undulationstheorie erklärt hatten, errang diese den vollkommensten Sieg und musste die Emanationstheorie von allen, und selbst von *Biot*, der sie so weit gebildet hatte, verlassen werden. Allein durch diese Leistungen war das Licht- und Aetherproblem doch noch nicht bis zum letzten Abschluss gebracht, es war damit nur entschieden, dass die Lichterscheinungen auf kleinen, mit enormer Raschheit erfolgenden Transversalschwingungen bestehen, allein damit war doch die Natur des schwingenden Mediums, des Aethers noch nicht genau bestimmt, und überhaupt war das Lichtproblem noch nicht zu einem rationell mechanistischen Problem gemacht. Dies haben in neuer Zeit die Mathematiker und namentlich *Cauchy* geleistet, und dadurch sind nun diese Bestrebungen zu einem Abschluss gebracht, welcher wohl zu dem Schönsten gehört, was in der Erkenntniss der Wahrheit geleistet worden ist. Diese Aether- und Lichttheorie steht nun so vollendet da, wie die Astronomie; beide sind ein reines Problem der Mechanik geworden, und die Beantwortung aller Fragen ergibt sich nun aus den Principien der Mechanik. — Obgleich der Aether auch jetzt noch nicht wie ein Gas dargestellt werden kann, so ist seine reale Existenz in der Natur nicht mehr zu bezweifeln; die Uebereinstimmung der Theorie mit der Totalität von tausendfältigen Beobachtungen und Messungen ist nun so vollständig, wie in der Astronomie. Die Lichterscheinungen werden durch diese Theorie nicht nur qualitativ, sondern bis auf das feinste quantitativ bestimmt, und alles erklärt sich in so natürlicher, ungezwungener Weise, dass ein Zweifel an der Richtigkeit dieser Ansicht nicht mehr auftauchen kann.

Aber dieser Aether, so wie wir ihn nun durch diese Theorie kennen gelernt haben, ist von etwas anderer Qualität, als der Phantasieäther der ersten Erfinder. Dieser wirkliche Aether besteht auch aus Atomen, aus eigenen, kleinen Körperchen, vielleicht billionenmal kleiner als die Körperatome. Dieser Aether ist nicht schwer, hat kein Gewicht, ist nicht dem Gravitationsgesetz unterworfen wie die Körperatome; er kann dieser Kraft nicht unter-

worfen sein, weil er im ganzen unendlichen Raum verbreitet ist, was nicht der Fall sein könnte, wenn er der Schwere unterworfen wäre, denn dann müsste er um die Planeten und Sonnen Atmosphären bilden. Aber dennoch ist der Aether träge, auch ihm kommt das Beharrungsvermögen zu, doch ist seine Masse ausserordentlich klein. Diese Aetheratome sind aber wieder Kraft-Centra. Je zwei Aethertheilchen stossen sich ab, sonst würde eine Verbreitung des Aethers in dem unendlichen Raum nicht möglich sein. Zwischen den Körper- und Aetheratomen findet dagegen Anziehung statt, sonst würde der Aether in den Körpersubstanzen nicht concentrirt sein, was nach allen Thatsachen der Fall ist; durch diese Anziehung der Körperatome und Aetheratome sammeln sich Letztere um Erstere, bilden um dieselben Atmosphären, und man muss sich denken, dass in einem Crystall die regelmässig gestalteten und regelmässig gruppirten Körperatome von Aetherhüllen umgeben sind. Der Aether ist aber nicht blos Lichtstoff, er ist überhaupt ein repulsiv wirkendes Baumaterial, und es ist höchst wahrscheinlich, dass die Totalität der Erscheinungen, welche Wärme, Electricität, Magnetismus genannt werden, theils auf Gleichgewichtszuständen, insbesondere aber auf Bewegungszuständen des Aethers beruhen.

Ich kann mir sehr wohl vorstellen, dass sie an diesem Aether keine besondere Freude haben, dass sie bezweifeln werden, dass durch diesen trägen, nur mit Anziehungs- und Abstossungskräften begabten Aether all diese wunderbaren Erscheinungen, wie sie uns die Kunst und die Natur vor Augen stellt, hervorgebracht werden. Allein die Sache ist hier dieselbe wie beim Schall; die Luft ist auch nur ein Träger, mit Kräften ausgerüsteter Stoff, und dennoch haben wir durch sie die Sprache und die Musik. Das Wunder liegt aber nicht ausser uns, sondern in uns; ausser uns ist kein Ton, ist kein Licht, keine Farbe. Ausser uns giebt es nichts als Bewegung und Ruhe. Das Bewunderungswürdige liegt darin, dass die Natur solche Einrichtungen geschaffen hat, wodurch das geistige Sein und der geistige Seelenverkehr möglich ist. Die Psychologie und die Physiologie werden freilich einstens

Erstaunenswertheres und Interessanteres zu berichten haben, als die Mechanik, aber, bis es so weit kommt, wird manches Menschenleben vergehen und bis dahin ist das Wissen des Mechanikers immer noch interessanter, als das Nicht-Wissen des Physiologen.

### Geschichte der Grundbegriffe der Mechanik.

Ich suche nun, eine gedrängte geschichtliche Skizze der Auffindung der Fundamentalbegriffe der Mechanik zu entwerfen. Es ist in der Geschichte des Geistes eine noch nicht erklärte Erscheinung, dass gewisse Fähigkeiten so frühzeitig und in so intensivem Grad auftreten, während andere erst sehr spät zum Vorschein kommen. Zweitausend Jahre waren nöthig, um über die ersten Grundbegriffe der Mechanik zu einiger Klarheit zu kommen. An Bestrebungen zu diesem Zweck hat es noch nie gefehlt. Zwar dem ganzen Orient ist es noch nie in den Sinn gekommen, sich eine klare Frage über den Grund der Erscheinungen der Aussenwelt zu stellen, und auch heute zu Tage findet man dort nicht eine Spur von einer erklärenden Natur-Wissenschaft, was wohl mit anderen Erscheinungen, die dort vorkommen, im Zusammenhang stehen mag, und wohl ein Grund des permanenten Stillstandes sein wird. Aber auch dieses hochbegabte Volk der Hellenen, das in allen Zweigen des Kunstgebiets und der Wissenschaft so Grosses, Unvergängliches geleistet hat, hat in den erklärenden Naturwissenschaften, mit Ausnahme von einigen, ganz speciellen Sätzen, die von *Archimedes* herrühren, so viel wie nichts zu Stande gebracht, obgleich es die Mathematik, diese Basis aller exacten Wissenschaften gegründet, und obgleich die vielen Philosophen alle auf das Angestregteste bemüht waren, den ersten Ausgangspunkt für den Aufbau der erklärenden Naturwissenschaften zu finden. Am meisten muss man sich wundern, auch bei einem *Aristoteles*, der sich doch so vielseitig mit Betrachtungen und Erforschungen von Naturdingen beschäftigt hat, und in der That die erste Grundlage für die beschreibenden und classificatorischen Naturwissenschaften gelegt hat, nicht einen richtigen Satz für die erklärenden Naturwissenschaften zu finden. Eine einlässliche Be-

sprechung seiner Physik wäre hier nicht am Ort; ich muss mich darauf beschränken anzuführen, dass er von den einfachsten, mechanistischen oder physicalischen Vorgängen entweder keine, oder eine irrige Vorstellung hatte. — Er kann nicht begreifen, wie es kommt, dass ein durch eine Hand geworfener Stein seine Bewegung fortsetzt, nachdem er die Hand verlassen hat. Eine Ahnung von dem Beharrungsvermögen ist bei ihm noch nicht vorhanden. Er sucht die Fortsetzung der Steinbewegung ohne Nachwirkung der Hand auf verschiedene Weise zu erklären. Bald sagt er, dass die Hand, indem sie den Stein schleudert, zugleich auf die Luft einwirkt, bis auf eine gewisse Entfernung hin, und dass diese dadurch die Fähigkeit erlangt, auf den Stein bis auf eine gewisse Entfernung fortbewegend einzuwirken. An einer andern Stelle sagt er, der Stein erhalte eine gewisse positive Bewegung, die so lange fortfauert, bis sie erschöpft ist, wo er dann herabfällt. Seine vier Elemente, Feuer, Wasser, Luft und Erde, sprechen zwar etwas aus, nämlich ungefähr das, was wir ungefähr Aggregatzustände nennen; aber auf diesen vier Elementen kann man nicht fortbauen, weil sie keine charakteristische Fundamental-Eigenschaften der Körper aussagen. Bei den Römern war das politische Interesse für den Staat beinahe allein herrschend, in den erklärenden Natur-Wissenschaften haben sie nie einen Schritt versucht. Hätten sie gewusst, dass diese Wissenschaften einen Staat gross und mächtig zu machen im Stande sind, wie *Baco* meint, vielleicht hätten sie ihre Legionen zur Eroberung dieser Wissenschaften ausgesandt.

Die germanischen Völker haben 1500 Jahre lang mit dem Studium der Alten, und mit der Aufnahme des Christenthums zugebracht, ein selbstständiges Denken in den Wissenschaften tritt bei ihnen erst in der Mitte des 15. Jahrhunderts zur Zeit der Entdeckung von Amerika auf. Da erscheint an der Spitze einer Reihe von grossen Denkern *Copernicus* (1472). Das ptolemaeische Weltsystem, nach welchem die Erde im Mittelpunkt der Welt ruht, und die Sonne mit den Sternen sich um die Erde dreht, befriedigt ihn nicht, er durchsucht die Schriften der griechischen

Philosophen, ob sie nicht andere Ansichten über die Bewegung des Himmels enthielten, findet, dass *Philolaos* und andere die Bewegung der Erde gelehrt haben, prüft diese Ansicht mit gewissenhaftester Strenge, findet sie stichhaltig und stellt sein neues System auf, nach welchem die Sonne und die Sterne ruhen, die Erde dagegen um die Sonne läuft, und gleichzeitig um ihre Axe sich dreht. Mechanistische Principien sind hier noch nicht zu finden. Nun folgt ungefähr 100 Jahre später *Tycho de Brahe* (1546) ein Däne, abstammend von einer im Staate angesehenen Familie. Er bringt seine Jugend zur Ausbildung in den Wissenschaften in Deutschland zu, kehrt dann in die Heimath zurück, wird ausgezeichnet, glänzend unterstützt. Es wird eine grosse Sternwarte erbaut, er rüstet sie mit Instrumenten aus, durchforscht den ganzen Himmel, stellt einen Sternkatalog auf, verlässt wegen persönlicher Gehässigkeiten seine Heimath, geht nach Prag, beruft *Keppler* zu sich, und übergibt diesem sterbend seinen ganzen Reichthum der Himmelsbeobachtungen. In bessere Hände hätten sie wahrlich nicht kommen können.

Ich übergehe die poetischen Naturphilosophen *Cardanns*, *Giordano Bruno*, *Campanella* und den wissenschaftlichen Reformator *Baco von Verulam*, weil diese Männer für die Fundamentirung der Mechanik eine bleibende Leistung nicht geliefert haben und wende mich zu den Deutschen.

*Keppler*, 1571 geboren in Württemberg, abstammend von Eltern, die für ihn nichts thun können, wird Kellnerjunge, wird durch wohlthätige Menschen unterstützt, in das Tübinger Stift gebracht, um Theologie zu studiren; lernt nebenbei Mathematik und Astronomie, wird Professor dieser Wissenschaft, wird nach Gratz berufen, aber von den religiösen Eiferern angefeindet, wird nach Linz berufen, aber ebenfalls verfolgt, wird *Wallenstein's* Astrolog, entspricht aber den Erwartungen und wahrscheinlich den Zwecken dieses Mannes nicht, und gelangt endlich an den rechten Platz, zu *Tycho de Brahe* nach Prag; er stirbt zu Regensburg, hinterlässt einen Stock, einen Rock, 28 Exemplare seiner astronomischen Ephemeriden, keine Schulden, aber seine Gönner

und Beschützer sind ihm 26,000 Gulden Gehalt schuldig geblieben — kommt auf Rechnung der Geschichte. Dieser Mann hat ein hartes Leben durchgemacht, hat aber den Glauben an den Geist und an seine Wissenschaft nie verloren. Seine Anlagen waren vielseitig; tiefes, religiöses Gemüth, lebhaft, zuweilen überschwengliche Phantasie aber auch klarer Verstand und eine seltene Beharrlichkeit in der Verfolgung seines wissenschaftlichen Zieles. Seine lebhaft Phantasie und sein religiöser Sinn lassen ihn ahnen, dass in der ganzen Natur erhabene Harmonien herrschen und treiben ihn an, diese Harmonie der Schöpfung zu entdecken.

Er durcharbeitet das Zahlengewühle, welches *Tycho de Brahe* aus vielfachen Beobachtungen gefunden und ihm hinterlassen hatte, und findet endlich nach zwanzigjährigem unermüdlchen Forschen 3 Gesetze oder Harmonien, durch welche die Bahnen der Planeten bestimmt werden. Das erste Gesetz lautet: Die Bahnen aller Planeten sind Ellipsen mit einem gemeinschaftlichen Brennpunkt, in welchem die Sonne steht; das Zweite, welches die Geschwindigkeit der Bewegung jedes Planeten in jedem Punkte seiner Bahn bestimmt, sagt aus, dass der Radiusvector eines jeden Planeten in gleich grossen Zeiträumen gleiche Flächenräume zurücklegt. Das dritte Gesetz bestimmt den Zusammenhang zwischen den grossen Axen der Bahnen und die Umlaufzeiten der Planeten um die Sonne. Durch diese Gesetze ist wohl die Bewegung der Planeten bestimmt, aber nicht erklärt, d. h. es ist wohl gesagt, wie die Bewegung erfolgt, aber nicht, wodurch sie hervorgebracht wird. Auch *Kepler* erkannte die Nothwendigkeit einer Erklärung der aufgefundenen Vorgänge aus Ursachen, die Auffindung eines Causalgesetzes; aber in diesen Bemühungen war er nicht glücklich. Die Erklärung der Planetenbewegung hat er nicht gefunden. Die Fundamenteleigenschaft alles Materiellen, das Beharrungsvermögen und die Wechselwirkungsfähigkeit der Stoffe waren zu seiner Zeit noch nicht entdeckt, und er selbst war nicht so glücklich, sie aus den von ihm gefundenen Bewegungsgesetzen herauszulesen. *Kepler* war der Meinung, dass jeder Planet augenblicklich stille stehen würde, wenn er nicht fortwährend nach der Richtung

seiner Bahn fortgetrieben würde. Seine Phantasie erfindet nun, um die Fortdauer der Planetenbewegung zu erklären, die wunderlichsten Dinge. Einmal meint er, dass die Sonne von einem Strome einer feinen Flüssigkeit umgeben sei, und dass durch diesen die Planeten herumgeführt würden, wie die Schiffe auf einem Fluss. Ein andermal stellt er sich vor, dass von der Sonne unsichtbare Arme, gleich den Flügeln einer Windmühle, ausgehen, welche die Planeten nach den Richtungen ihrer Bahnen fortdrücken, und er sagt ausdrücklich, dass die Planeten augenblicklich stille stehen würden, wenn man diese Flügel beseitigte. Man sieht, *Kepler* hat weder von der Beharrungsfähigkeit der Materie, noch von der, nach der Richtung des Radiusvector stattfindenden Wechselwirkung zwischen der Sonne und dem Planeten eine Vorstellung; zuletzt verliert er sich in phantastische Schwärmerien, und entfernt sich so in's Unendliche von dem Ziel, dem er so nahe gekommen war. Also auch mit *Kepler* beginnt die Mechanik noch nicht, sondern erst bei seinem Zeitgenossen:

*Galliläi* (1564). Die Erfindungen und Entdeckungen dieses Mannes sind sehr mannigfaltig; er entdeckte die Gesetze des freien Falls der Körper, er erfand das Thermometer und Mikroskop, verbesserte die Fernrohre, richtete sie zuerst nach dem Himmel, und er sah zuerst die Trabanten des Jupiters, die Phasen der Venus, die Flecken und die Rotation der Sonne, die Berge und das Wanken des Mondes. Dies alles sind jedoch nur Kleinigkeiten gegen das, was er für die Mechanik geleistet hat. Mit ihm beginnt die Mechanik. Anfänglich bekennt er sich noch zu der Physik des *Aristoteles*, und zum ptolemaeischen Weltssystem; die Sonne bewegt sich für ihn um die ruhende Erde und der von der Hand geworfene Stein setzt seine positive Bewegung so lange fort, bis er sie verliert, wo er dann herabfällt. Aber später werden ihm die Dinge klar, er geht zum copernicanischen System, zur ruhenden Sonne und zu der um sie kreisenden Erde über, vertheidigt dieses System, wird angeklagt und zum Wiederruf gebracht; die Anklage gehört der Zeit an, die Wiederrufung ist Sache der Persönlichkeit. Auch *Giordano Bruno* wurde angeklagt,

zur Wiederrufung gepeinigt, aber er blieb fest, liess sich auf den Scheiterhaufen stellen und verbrennen. Das Beharrungsvermögen hat *Galliläi* in seinem später erschienenen Werke, den Diskursen richtig beschrieben, indem er sagt: Ich denke mir eine Kugel, die auf eine glatte Ebene hingeworfen wird; wenn kein Hinderniss vorhanden ist, setzt sie ihre Bewegung mit unveränderlicher Geschwindigkeit fort, vorausgesetzt, dass die Ebene von unendlicher Ausdehnung wäre. Er fasst jedoch das Beharrungsvermögen ganz objectiv, ganz als eine äussere Erscheinung auf, ohne in das innerste Wesen dieser Grundeigenschaft der Materie einzudringen, ohne sich die Bedeutung desselben in dem Naturprocesse klar zu machen. Weitere Leistungen *Galliläi's* sind die Aufstellung des Begriffes von beschleunigender Kraft, und die Entdeckung des Principes der virtuellen Geschwindigkeit, eine allgemeine Regel, durch welche das Gleichgewicht der Kräfte bestimmt wird. Aber auch in diesen Dingen ist er noch nicht ganz im Klaren, und es ist alles nur noch äusserlich, gleichsam als Erfindungsthatsache hergestellt und nicht erwiesen, noch tiefer begriffen. — 1596 erscheint *Descartes*. Er ist der Erfinder der Emanationshypothese, welche die Lichterscheinungen erklären soll; der analytischen Geometrie, Erfinder eines phantastisch-mechanistischen Weltsystems mit Aetherwirbeln. Bleibendes hat er für die Mechanik nicht zu Stande gebracht. Seine Bedeutung als Philosoph habe ich jetzt nicht zu beurtheilen. Nun kommt 1629 *Huyghens*, 1635 *Hook*, ersterer ein Holländer, letzterer ein Britte. *Huyghens* zeichnet sich aus durch Vielseitigkeit und Klarheit des Geistes, seine Leistungen sind zahlreich und von bleibendem Werth. Sie betreffen vielfältige geometrische Forschungen, Verbesserungen an Fernrohren, wodurch er den Ring des Saturn entdeckte, die Theorie der astronomischen Uhren und ihre Anwendungen auf geographische Längenbestimmungen, eine Theorie der Glücksspiele, den Anfang der so bedeutungsvoll gewordenen Wahrscheinlichkeitsrechnung; Gründung einer mathematischen Optik, Erfindung der Undulationshypothese, die Gesetze der doppelten Strahlenbrechung im Kalkspath; aber vorzugsweise hebe ich für meinen Zweck

hervor: seine Theorie der Centrifugalkraft, und der Kreisbewegung; diese hat er *Newton* mitgetheilt und denselben aufgefordert, sie auf die Planetenbewegung anzuwenden, was auch geschehen ist, und mit welchem Scharfsinn, und mit welchem Erfolg.

*Newton*. Nun habe ich von *Newton* zu sprechen; es ist schwer zu sagen, worin die grossen Leistungen *Newton's* bestehen. Die Lobredner haben sich die Sache leicht gemacht, sie haben Alles dem *Newton* zugeschrieben, haben ihn so dargestellt, wie wenn mit ihm Alles anfinde; haben ihn zum Erfinder aller Fundamentalwahrheiten der exacten Wissenschaften gemacht. Dies ist aber eine Fälschung der Geschichte der Wissenschaft, die sich sogleich herausstellt, sowie man es unternimmt, die gesammte Geschichte der Wissenschaften zu verfolgen, denn dann bleibt für alle Vorfahren *Newtons* Nichts übrig, und wird auch den Nachfolgern so viel entzogen, dass sie zu Kleinheiten zusammenschumpfen. Auf diese Weise macht man Helden zu Halbgöttern und die übrigen Menschen zu Halbmenschen; man verkennt das wahrhaft Grosse, nämlich den geistigen Entwicklungsprocess, in welchem der Held als Höhenpunkt dasteht, nicht aber der gesammte Process selbst ist. Man concentrirt auf diese Weise den ganzen Process in ein einziges Individuum und hebt den ganzen Werth des Vorangehenden und Nachfolgenden auf. Wie gesagt, wenn man der Lobredner eines Individuums sein will, ist es allerdings das günstigste Verfahren, diesem Alles und Alles unterzuschreiben; das Gemälde das man hervorbringen will, erreicht eine imponirende, übermenschliche Grösse, gegen welche alle Umgebung bedeutungslos verschwindet; die ganze Entwicklung, oder vielmehr alles, was geschehen ist, scheint nur nothwendig gewesen zu sein, um dieses eine Individuum hervorzubringen, hat nur insoferne Werth und Interesse, als sie als Boden und Dünger gedient hat, damit diese *Victoria regina* zur Blüthe kommen konnte.

Allein wenn man die ganze Geschichte der Wissenschaft schreiben will, gewinnt man durch eine solche Fälschung nichts; was hilft es auch, wenn ich eine Errungenschaft dem *Newton* zuschreibe, wenn ich dadurch den *Euler* verkleinere? einen *Galliläi* vernichte?

Wie nimmt sich eine solche Wissenschaft aus, wenn man einen Koloss aufstellt, und daneben eine Reihe von Zwerggestalten und Pygmaeen? Wahrlich, das ganze Gemälde wird bedeutender, wenn man der Wahrheit getreu bleibt, jede Grösse nach ihrer Leistung darstellt und zeichnet, und so eine Gallerie von Grössen erhält, die alle zusammen nothwendig waren, um das Gesamtergebnis hervorzubringen. Der Grösste unter diesen Grössen ist dann nicht nur eine Möglichkeit, er erscheint dann auch nicht weniger bedeutend, als jener Riese unter den Zwergen. — Durchgeht man die Geschichte der Wissenschaft mit dem Bestreben, jede Grösse nach ihren Leistungen an und für sich, und nach den Wirkungen, welchen sie auf den Gesamtentwicklungsprocess hervorgebracht haben, zu würdigen, so ist es sehr schwer zu sagen, welche von den Leistungen *Newtons* als Originalerfindungen oder Entdeckungen genannt werden dürfen. Sagt man, er habe die Principien der Mechanik zuerst vollständig und richtig aufgestellt so ist dies eine Unwahrheit, und man vernichtet einen *Galliläi*, *Huyghens* und *Euler*. Sagt man, er habe die Differenzialrechnung erfunden, so bleibt man den Beweis schuldig, und es ist geschichtlich noch nicht erwiesen, ob *Newton* oder *Leibnitz* diese Erfindung zuerst gemacht hat, oder ob sie gleichzeitig von Beiden gemacht wurde. Die Mehrzahl neigt sich zu dieser letzteren Ansicht hin, und wenn sie die Richtige ist, so hat *Leibnitz* mehr geleistet als *Newton*, denn die Methode des *Newton*, die sogenannte Fluxionsmethode ist von der ganzen Welt verbessert worden, während die Methode *Leibnitz's* von der ganzen Welt angenommen und ausgebildet wurde. Sagt man, *Newton* habe das Gravitationsgesetz entdeckt, so ignorirt man die Leistungen *Huyghens* und *Halleys*. Der erstere hat das Gesetz der Centralbewegung entdeckt, letzterer hat es ausgesprochen, dass sich die Planeten mit einer Kraft anziehen, die dem Quadrat ihrer Entfernungen verkehrt proportional ist, und beide haben *Newton* ihre Entdeckungen mitgetheilt, und haben ihn aufgefordert, diese Gesetze auf die Bewegung der Planeten anzuwenden. Sagt man, er habe die Optik begründet durch die Analyse des Lichtes, so kommt man abermals wegen *Huyghens* in

Verlegenheit. Eine wahre Characteristik der geistigen Grösse *Newton's* lässt sich nicht finden durch Einzelheiten. Diese geistige Grösse besteht darin, dass *Newton* alles, was seine Vorgänger und Zeitgenossen im Einzelnen gefunden und gedacht haben, in einem Brennpunkt zu vereinigen, und alles mit dem vollen Bewusstsein auszusprechen wusste. Es war ihm gleichsam alles wie auf dem Präsentirteller vorbereitet dargereicht, es war alles präparirt und bedurfte nur des genialen, zusammenfassenden Griffes. Das Beharrungsvermögen war wohl von *Galliläi* ausgesprochen aber entschieden nur als eine phoronomische Erscheinung. („Ich denke mir . . .“ sagt er.) Allein erst bei *Newton* wird diese Fundamenteigenschaft als eine solche, und allen Materien zukommende mit der ganzen Tragweite erkannt, erst bei ihm wurde es vollkommen bewusste Erkenntniss. Aehnliches gilt von den übrigen Gesetzen der Mechanik. Er hat strenggenommen nichts Neues aufgestellt, sondern nur die bis dahin gefundenen Gesetze zusammengefasst und mit vollem Bewusstsein an die Spitze seiner Principien gestellt. Diese sind nicht vollständig, wie die Lobreden sagen, es fehlt darin noch eines, und gerade das Allerwichtigste; dies hat erst *Euler* gefunden, nachdem er sich von der Mechanik *Newtons* emancipirte.

*Kepler* hat die Bewegung der Planeten bestimmt, *Huyghens* hat die Gesetze der Centralbewegung aufgestellt, und hat *Newton* aufgefordert, dieselbe auf die Bewegung der Planeten anzuwenden, *Halley* hat das Gravitationsgesetz ausgesprochen, aber nicht nachgewiesen. *Newton* hat diese Leistungen seiner Zeitgenossen und Vorgänger denkend zusammengefasst, und hat vermittelst des *Huyghen'schen* Gesetzes die Richtigkeit des von *Halley* ausgesprochenen Gesetzes zuerst an den Bewegungen des Mondes, und dann an den übrigen Planeten nachgewiesen. Er hat also die Richtigkeit eines Gedankens aus Thatsachen und theoretischen Studien nachgewiesen. Er ist aber dabei nicht stehen geblieben, sondern hat mit seinem generalisirenden Geist erkannt, dass dieses Gravitationsgesetz nicht nur die Wechselwirkung der Planeten als Gesamtmassen ausdrückt, sondern, dass es überhaupt zwischen

je zwei Massentheilchen, zwischen je zwei Atomen richtig ist. — Ja, er ist mit seinem Blick noch tiefer in das Wesen der Materie eingedrungen, und hat es mit prophetischem Geiste ausgesprochen, dass auch alle chemischen und physicalischen Erscheinungen auf Wechselwirkung der Atome beruhen, dass aber dabei nicht die Gravitation wirksam ist, sondern andere, noch nicht erforschte Kräfte, die nur in den kleinsten Entfernungen der Atome eine sensible Wirkung auszuüben vermögen.

So ist es auch mit seinen Leistungen in der Optik. Will man sich klar machen, was ein Einzelner geleistet hat, so braucht man nur nachzusehen, wie die Wissenschaft an der Wiege, und wie sie am Grabe dieses Mannes war, und wenn man dies bei *Newton* thut, kommt eine Differenz zum Vorschein, die vielleicht grösser ist, als bei einem andern Manne der Wissenschaft.

### Weitere Entwicklung der Mechanik.

Nachdem nun einmal die Fundamentsteine der Wissenschaft gelegt waren, entwickelte sich dieselbe mit reissender Schnelligkeit, aber nicht geringe Kräfte sind es, die diesen Aufbau zu Stande bringen. An der Grenze Deutschlands erscheint das Siebengestirn der *Bernoulli*, und der productivste aller Mathematiker, *Leonhard Euler* (1707) im Herzen von Deutschland, *Leibnitz*, (1646) mit dem Begriff von lebendiger Kraft und dem Begriff der Monade, welcher Begriff zwar jetzt verlassen ist, aber in der Folge, freilich in veränderter Form wieder aufgenommen werden dürfte. Von den Leistungen dieser Grössen ist für unseren Zweck die Mechanik von *Euler* die bedeutendste. Er arbeitet sich durch die *Newton'schen* Principien, verlässt den schwerverständlichen geometrischen Weg *Newtons*, erfindet die analytische Behandlung der Mechanik, und gelangt endlich in seinem letzten Werke über die Mechanik zur Aufstellung des wahren Fundamentalsatzes, nach welchem die Bewegungen der von Kräften getriebenen Körper erfolgen. Streng genommen ist die Mechanik erst durch *Euler* so fest begründet worden, dass darauf sicher fortgebaut werden kann. Er ist es, der die

vagen Vorstellungen *Newton's* von den Kräften verlässt, und den Satz ausspricht, dass die unmittelbare Aeusserung einer Kraft immer ein Zug oder Druck ist, und durch Gewichte gemessen werden kann. Aber sonderbar, dieses richtige Fundament *Euler's* wurde doch nicht erkannt; es entbrennt ein wissenschaftlicher Streit über die Art und Weise, wie die Kräfte zu messen sind, und dabei wird *Euler* ganz ignorirt. Die einen sagen die Kräfte seien durch  $MC$ , wie *Descartes* gelehrt hat, die andern dagegen sie seien durch  $MC^2$  zu messen, wie *Leibnitz* ausgesprochen hatte. Dieser Streit geht bis auf die Neuzeit fort, und unser *Kant* bemüht sich in einem voluminösen Buche ab, diesen Streit zu schlichten, kommt aber nicht an's Ziel, und zwar deshalb nicht, weil beide Messungsarten unrichtig sind, und weil die richtige in der *Euler'schen* nach Zug und Druck zu finden ist. Diese *Euler'sche* Mechanik wird durch eine Reihe von scharfsinnigen und genialen Mathematikern, die aber alle Frankreich angehören, fortgebildet, und mit dem glänzendsten Erfolg in der Astronomie und Physik angewendet, wodurch diese beiden Wissenschaften Probleme der Mechanik geworden sind. Schon *Newton* hatte erkannt, dass die Planetenbahnen nicht reine Ellipsen sind, wie *Kepler* gefunden hatte, dass die Bahn eines Planeten nur dann eine reine Ellipse wäre, wenn im Weltbau ausser diesem Planeten und der Sonne kein anderer Weltkörper vorhanden wäre, und dass die wirkliche Bahn jedes Planeten eine Folge der Anziehung durch die Sonne und durch alle übrigen Planeten und Weltkörper ist. Vermöge dieser, von *Newton* aufgefundenen wechselseitigen Anziehung je zweier Himmelskörper ist die Bahn jedes Körpers eine von einer Ellipse nicht viel, aber höchst complicirt abweichende Bahn, und die Bestimmung dieser wahren Bahnen ist die Aufgabe, welche die mechanistische Störungs-Theorie gelöst hat. Diese Arbeiten beginnen mit *Cloirant*, (1707), und *d'Alembert*, (1717) werden von *Euler* fortgesetzt, aber durch *Lagrange*, *Laplace* und *Poisson* zum Abschluss gebracht. Ich bedauere, in die Ergebnisse dieser Forschungen nicht eingehen zu können, nur Das erlaube ich mir zu sagen, dass dadurch die Stabilität des Planeten-Systems erwiesen

worden ist, dass der Beweis geführt wurde, dass dieses Planeten-System ungeachtet der vielfachen Störungen der Körper dennoch zu allen folgenden Zeiten nahezu in dem jetzigen Zustande verbleiben wird, dass z. B. die Dauer des Erd-Jahres unveränderlich ist, wovon der Fortbestand alles geistigen Lebens sowohl, als auch des organischen, und alle Entwicklung abhängt. Dass jedoch diese Stabilität nur durch gewisse eintreffende Umstände bestimmt wird: 1. durch die Existenz der Gravitations-Kraft, 2. durch die Uebereinstimmung der Richtungen, nach welchen sich die Planeten um die Sonne bewegen, 3. durch die geringen Excentricitäten der Planeten-Bahnen, 4. durch die beinahe übereinstimmende Lage der Ebenen, in welchen sich die Planeten bewegen.

Aber so ausserordentlich die Leistungen der genannten Männer sind, so erstaunt man doch, zu sehen, wie unklar sie in der Auffassung der ersten Principien der Mechanik sind. *Lagrange* spricht von Trägheitskraft und misst die Kräfte bald nach dem Druck, bald nach dem Moment, bald nach lebendiger Kraft, und endlich noch durch Stoss-Wirkungen.

Ebenso herrscht auch in der mit Recht weltberühmten *mécanique céleste* des *Laplace* eine Unklarheit der Principien, die man in diesem Buche nicht suchen würde. Allein Dies beirrt die Forschungs-Resultate nicht; der Ausgang und die darauf gebauten Folgerungen sind beide richtig, und nur die Herleitung dieses Ausganges ist ganz confus und ohne Prinzipien. Zur wirklichen Klarheit sind diese Funtamental-Principien der Mechanik erst in neuester Zeit gebracht worden, aber nicht durch Männer der puren Wissenschaft, sondern durch Solche, welche die wissenschaftliche Technik gegründet haben. Dies ist aber noch nicht allgemein anerkannt und man findet bei den Physikern, Astronomen, bei den Chemikern und Philosophen aber insbesondere noch so unklare Begriffe, dass man sich in die Zeiten *Galliläi's* und *Kepler's* zurückversetzt denkt, und diese weit verbreitete Unklarheit muss erst durch das Eindringen der Mechanik in diese Wissenschaft beseitigt werden, bevor eine rationelle Behandlung derselben möglich werden kann.