

Badische Landesbibliothek Karlsruhe

Digitale Sammlung der Badischen Landesbibliothek Karlsruhe

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

Redtenbacher, Ferdinand

München, 1879

Geschichte der Grundbegriffe der Mechanik

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

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 Forschungen 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 unermüdlischen 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 Fundamenteigenschaften 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