



## 1. Der neuzeitliche Aufbruch

1. Das mittelalterlich - scholastische Denken war geprägt von Aristoteles. Seine Lehre von der Substanz, die Platons Dualität von Sein (ousia) und Wesen (eidos) kritisiert und neu bestimmt, führt in der Ontologie zu dem Denkschema von Form (morphé) und Materie (hylé): Die Materie als Substrat wird erst durch die jeweilige Form (Wesen, Struktur) zum Einzelding, zur Substanz. Beim Lebendigen ist die 'Form' mit der Seele gleichzusetzen.

Die Einzeldinge ebenso wie die Lebewesen werden beschrieben als endliche Substanzen, denen bestimmte Akzidentien (Eigenschaften) zukommen. Insofern tragen alle Dinge ihr Sein (causa materialis: Stoff; causa formalis: Struktur) und ihren Sinn (causa efficiens: wodurch; causa finalis: wozu) in sich selber (Entelechie). Sein und Wesen, Akt und Potenz bilden in den Substanzen, endlichen wie unendlichen, belebten wie unbelebten, eine Einheit.

2. Mit René Descartes (1596 - 1650) tritt ein völlig anderes Denken auf den Plan. Sein radikaler Zweifel an allen vorgeblichen Gewissheiten, an allem sicheren Wissen, führt ihn zu allererst zu sich selbst als denkendem Wesen. Denn das ist das erste und einzig Gewisse, das unbezweifelbar da ist: das **Ich**, das dieses denkt. „Ich denke, darum bin ich.“ Cogito ergo sum. Hieraus folgt für Descartes die grundlegende Unterscheidung zwischen dem denkenden Ich (res cogitans) und allen anderen Dingen „da draußen“ (res extensa), also zwischen der Welt des Geistes, wie sie im eigenen Bewusstsein erlebt wird, und der Welt der körperlichen, äußeren und ausgedehnten Sachen, der „Realitäten“, die mich umgeben.

Dieser grundlegende Dualismus stellt zum einen die Aufgabe, den Zusammenhang zwischen Ich und Welt, Geist und Materie, neu zu bestimmen. Zum anderen aber gibt dieser Ansatz den gesamten Bereich der Welt außerhalb des Ich, also der Welt der „Sachen“ und „Realitäten“ einschließlich der nicht-menschlichen Lebewesen als Objekt menschlichen Denkens und Handelns frei. Die bewegte und belebte Welt außerhalb des Menschen wird von Descartes als rein mechanische Welt betrachtet, einschließlich der Lebewesen. Diese Trennung zwischen Subjekt und Objekt, zwischen Selbstbewusstsein bzw. Geist des Menschen einerseits und der geistlosen Materie außerhalb des Ichs andererseits konnte die gesamte Welt der Dinge nun zu Objekten des menschlichen Machens, Planens, Strebens machen. Der denkerische Grund für den Weg in die naturwissenschaftliche-technische Umgestaltung der Welt war gelegt.

3. Isaac Newton (1643 – 1727), Naturwissenschaftler und Philosoph, beschreibt mit dem sog. Gravitationsgesetz die universelle „Kraft der Schwere“ und mit ihr die allgemeinen Bewegungsgesetze. Er legt damit den Grundstein für die „klassische“ Mechanik. Gleichzeitig mit Gottfried Wilhelm Leibniz entwickelt Newton die Infinitesimalrechnung. Bekannt ist er auch für seine Leistungen auf dem Gebiet der Optik mit der von ihm vertretenen Teilchentheorie des Lichtes und der Erklärung des Spektrums.

Aufgrund seiner Leistungen, vor allem auf den Gebieten der Physik und Mathematik, gilt Sir Isaac Newton als einer der bedeutendsten Wissenschaftler aller Zeiten. Sein Hauptwerk *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* gilt als das grundlegende Werk der neuzeitlichen Wissenschaft, als „Bibel“ der Physik. (→ [Wikipedia – Newton](#)) Seine Gesetze der Mechanik erfordern die Annahme eines absoluten Raumes („Euklidische Raum“) und einer absoluten Zeit als Bezugssystem der Bewegung der „Massen“. Die Grundform der Bewegung ist gleichförmig geradlinig, nicht mehr der Kreis. Unerklärt bleibt die Herkunft der Schwerkraft und ihre Wirkungsweise als unmittelbare „Fernwirkung“.

## René Descartes - Texte

Descartes' vier Regeln des Vernunftgebrauchs:

»Die erste war: niemals eine Sache als wahr anzunehmen, die ich nicht als solche sicher und einleuchtend erkennen würde, das heißt sorgfältig die Übereilung und das Vorurteil zu vermeiden und in meinen Urteilen nur soviel zu begreifen, wie sich meinem Geist so klar und deutlich darstellen würde, dass ich gar keine Möglichkeit hätte, daran zu zweifeln. Die zweite: jede der Schwierigkeiten, die ich untersuchen würde, in so viele Teile zu zerlegen als möglich und zur besseren Lösung wünschenswert wäre. Die dritte: meine Gedanken zu ordnen; zu beginnen mit den einfachsten und fasslichsten Objekten und aufzusteigen allmählich und gleichsam stufenweise bis zur Erkenntnis der kompliziertesten, und selbst solche Dinge irgendwie für geordnet zu halten, von denen natürlicherweise nicht die einen den anderen vorausgehen. Und die letzte: Überall so vollständige Aufzählungen und so umfassende Übersichten zu machen, dass ich sicher wäre, nichts auszulassen.«

»Als bald aber machte ich die Beobachtung, dass, während ich so denken wollte, alles sei falsch, doch notwendig ich, der so dachte, irgend etwas sein müsse, und da ich bemerkte, dass diese Wahrheit »ich denke, also bin ich« (je pense, donc je suis - ego cogito, ergo sum, sive existo) so fest und sicher wäre, dass auch die überspanntesten Annahmen der Skeptiker sie nicht zu erschüttern vermöchten, so konnte ich sie meinem Dafürhalten nach als das erste Prinzip der Philosophie, die ich suchte, annehmen.«

»Ich erkannte daraus, dass ich eine Substanz sei, deren ganze Wesenheit oder Natur bloß im Denken bestehe [...], so dass dieses Ich, d. h. die Seele, wodurch ich bin, was ich bin, vom Körper selbst völlig verschieden und selbst leichter zu erkennen ist als dieser und auch ohne Körper nicht aufhören werde, alles zu sein, was sie ist. ...dass nichts vollständig in unserer Macht sei als unsere Gedanken.«

*Renè Descartes, Discours de la méthode pour bien conduire sa raison et chercher la vérité dans les sciences, 1637*

»Diese Denkweise ist genau umgekehrt wie die unsrige. Indem Descartes sich selbst als »denkendes Etwas« (res cogitans) definiert, stellt er dieses denkende Etwas grundsätzlich der Außenwelt gegenüber. Die Dinge der Außenwelt wie auch den eigenen Körper bezeichnet er demgegenüber als »ausgedehnte Sachen« (res extensae). Alles Seiende in der Welt schrumpft so zusammen auf den - freilich grundlegenden - Unterschied von res cogitans und res extensa. Damit ist neben dem radikalen Vorrang des Selbstbewusstseins (man nennt es auch »Prinzip der Subjektivität«) ein weiterer bestimmender Grundzug neuzeitlichen Denkens formuliert - der Dualismus von Ich und Außenwelt, Körper und Seele.« (Helferich, S. 167)

»Die cartesische sog. Korpuskulartheorie geht von kleinsten, unsichtbaren Materieteilchen (Korpuskeln, Körperchen) aus. Sie sind lediglich durch Ausdehnung in Länge, Breite und Tiefe bestimmt (res extensae). Gegenüber dieser ersten und eigentlichen Eigenschaft (primäre Qualität) werden alle konkret-sinnlichen Eigenschaften der Körper als »sekundäre Qualitäten« bezeichnet und in gewissem Sinne damit auch abgewertet. Die Bewegung und Wechselwirkung der Korpuskeln und darauf aufbauend der gesamten Körperwelt wird durch die mechanischen Gesetze von Stoß und Druck geregelt, daher der Ausdruck »mechanistisches Weltbild«. Alle Naturerscheinungen, »die ganze Einrichtung der Welt« wird so »aus wenigen Prinzipien hergeleitet«, wie er stolz in seinem Hauptwerk, den Principia Philosophiae (1644) erklärt. Gemäß der dualistischen Gegenüberstellung von denkenden und ausgedehnten Wesen geht Descartes sogar so weit, dass er die Tiere, da sie nicht denken können, ganz und gar als Maschinen auffasst. Da der Mensch als von Gott beseelt geschaffen wurde, unterscheidet er sich vom Tier durch das Denken und die Freiheit seines Willens. Als Sitz der Seele und Ort ihrer Wechselwirkung mit dem Körper nahm er die im Gehirn befindliche, 0,15 – 0,30 g schwere Zirbeldrüse (!) an.« (Helferich, S. 170)

## Isaac Newton - Texte

»Ich habe bisher die Erscheinungen der Himmelskörper und die Bewegungen des Meeres durch die Kraft der Schwere erklärt, aber ich habe nirgends die Ursache der letzteren angegeben. Diese Kraft rührt von irgend einer Ursache her, welche bis zum Mittelpunkte der Sonne und der Planeten dringt, ohne irgend etwas von ihrer Wirksamkeit zu verlieren. [...] Ich habe noch nicht dahin gelangen können, aus den Erscheinungen den Grund dieser Eigenschaften der Schwere abzuleiten, und Hypothesen erdenke ich nicht (hypotheses non fingo).«

### *Newtons Grundsätze oder Gesetze der Bewegung*

1) Jeder Körper beharrt in seinem Zustande der Ruhe oder der gleichförmigen geradlinigen Bewegung, wenn er nicht durch einwirkende Kräfte gezwungen wird, seinen Zustand zu ändern.

2) Die Änderung der Bewegung ist der Einwirkung der bewegenden Kraft proportional und geschieht nach der Richtung derjenigen geraden Linie, nach welcher jene Kraft wirkt.

3) Die Wirkung ist stets der Gegenwirkung gleich, oder die Wirkungen zweier Körper aufeinander sind stets gleich und von entgegengesetzter Richtung.

### *Newtons Regeln zur Erforschung der Natur*

1) An Ursachen zur Erklärung natürlicher Dinge soll man nicht mehr zulassen, als wahr sind und zur Erklärung jener Erscheinungen ausreichen.

2) Man muss daher, so weit es angeht, gleichartigen Wirkungen dieselben Ursachen zuschreiben.

3) Diejenigen Eigenschaften der Körper, welche weder verstärkt noch vermindert werden können und welche allen Körpern zukommen, an denen man Versuche anstellen kann, muss man für Eigenschaften aller Körper halten.

4) In der Experimentalphysik muss man die aus den Erscheinungen durch Induktion geschlossenen Sätze, trotz denkbarer entgegengesetzter Hypothesen, entweder genau oder sehr nahe für wahr halten, bis andere Erscheinungen eintreten, durch welche sie entweder größere Genauigkeit erlangen oder Ausnahmen unterworfen werden.

(Principia Mathematica, zitiert nach Helferich, S. 144/145)

## Albert Einstein, Newtons Mechanik und ihr Einfluß auf die Gestaltung der theoretischen Physik, 1927 (zum 200. Todesjahr Newtons)

Einen bedeutungsvollen Anfang in der Erkenntnis des Bewegungsgesetzes hatte bereits Galilei gemacht. Er fand das Trägheitsgesetz und das Gesetz des freien Falles im Schwerfeld der Erde: eine von andern Massen nicht beeinflusste Masse (genauer: ein materieller Punkt) bewegt sich gleichförmig und in gerader Linie. Die Vertikalgeschwindigkeit eines freien Körpers wächst im Schwerfeld gleichmäßig mit der Zeit. Für uns mag es heute scheinen, daß von Galileis Erkenntnissen bis zum Newtonschen Bewegungsgesetz nur mehr ein kleiner Schritt sei. Es ist jedoch zu bemerken, daß die beiden obigen Aussagen sich der Form nach auf die Bewegung als Ganzes beziehen, während Newtons Bewegungsgesetz eine Antwort auf die Frage gibt: wie äußert sich der Bewegungszustand eines Massenpunktes in einer unendlich kurzen Zeit unter dem Einfluß einer äußeren Kraft? Erst durch Übergang zur Betrachtung des Vorganges während einer unendlich kurzen Zeit (Differentialgesetz) gelangt Newton zu einer Formulierung, die für beliebige Bewegungen gilt. Den Begriff der Kraft entnimmt er aus der bereits hochentwickelten Statik. Verknüpfung der Kraft und Beschleunigung sind ihm nur möglich durch Einführung des neuen Begriffes der Masse, der allerdings merkwürdigerweise durch eine Scheindefinition gestützt wird. Wir sind heute so gewöhnt an die Bildung von Begriffen, die Differentialquotienten entsprechen, daß wir kaum mehr ermessen können, was für ein bedeutendes Abstraktionsvermögen dazu gehörte, um durch einen doppel-

ten Grenzübergang zum allgemeinen Differentialgesetz der Bewegung zu gelangen, wobei noch der Begriff der Masse erfunden werden mußte.

Damit war aber noch lange kein kausales Erfassen von Bewegungsvorgängen gewonnen. Denn durch die Bewegungsgleichung war ja die Bewegung nur dann bestimmt, wenn die Kraft gegeben war. Newton hatte, wohl angeregt durch die Gesetzmäßigkeiten der Planetenbewegung, den Gedanken, daß die auf eine Masse wirkende Kraft bestimmt sei durch die Lage aller Massen, die sich in hinreichend geringer Entfernung von der betrachteten Masse befinden. Erst wenn dieser Zusammenhang bekannt war, war eine restlose kausale Erfassung von Bewegungsvorgängen gewonnen. Wie Newton - ausgehend von den Keplerschen Gesetzen der Planetenbewegung - diese Aufgabe für die Gravitation löste und so die Wesenseinheit der auf die Gestirne wirkenden bewegenden Kräfte und der Schwere auffand, ist allgemein bekannt. Erst die Gemeinschaft

(Bewegungsgesetz) plus (Attraktionsgesetz)

macht das wunderbare Gedankengebäude aus, das aus dem zu einer Zeit herrschenden Zustand eines Systems die früheren und die späteren Zustände zu berechnen gestattet, insoweit die Vorgänge unter der Wirkung der Gravitationskräfte allein stattfinden. Die logische Geschlossenheit des Newtonschen Begriffssystems lag darin, daß als Beschleunigungsursachen der Massen eines Systems nur diese Massen selbst auftreten.

Newtons Grundprinzipien waren vom logischen Standpunkt derart befriedigend, daß der Anstoß zu Neuerungen aus dem Zwang der Erfahrungstatsachen entspringen mußte. Bevor ich darauf eingehe, muß ich betonen, daß Newton selbst die seinem Gedankengebäude anhaftenden schwachen Seiten besser kannte als die folgenden gelehrten Generationen. Dieser Umstand hat stets meine ehrfürchtige Bewunderung erregt; ich möchte deshalb ein wenig dabei verweilen:

1. Trotzdem man allenthalben das Streben Newtons bemerkt, sein Gedankensystem als durch die Erfahrung notwendig bedingt hinzustellen und möglichst wenige auf Erfahrungs-Gegenständen nicht unmittelbar beziehbare Begriffe einzuführen, stellte er den Begriff des absoluten Raumes und den der absoluten Zeit auf. Man hat ihm dies in unserer Zeit öfter zum Vorwurf gemacht. Aber gerade in diesem Punkt ist Newton besonders konsequent. Er hatte erkannt, daß die beobachtbaren geometrischen Größen (Abstände der materiellen Punkte voneinander) und deren zeitlicher Verlauf die Bewegungen in physikalischer Beziehung nicht vollständig charakterisieren. An dem berühmten Eimerversuch beweist er diesen Umstand. Es gibt also außer den Massen und ihren zeitlich variablen Abständen noch etwas, das für das Geschehen maßgebend ist; dieses »Etwas« faßt er als die Bezeichnung zum »absoluten Raum« auf. Er erkennt, daß der Raum eine Art physikalischer Realität besitzen muß, wenn seine Bewegungsgesetze einen Sinn haben sollen, eine Realität von derselben Art wie die materiellen Punkte und deren Abstände. Diese klare Erkenntnis zeigte ebenso Newtons Weisheit wie auch eine schwache Seite seiner Theorie. Denn der logische Aufbau der letzteren wäre gewiß befriedigender ohne diesen schattenhaften Begriff; dann gingen nämlich in die Gesetze nur Gegenstände ein (Massenpunkte, Entfernungen), deren Beziehungen zu den Wahrnehmungen vollkommen klar sind.

2. Die Einführung unvermittelter, instantan wirkender Fernkräfte zur Darstellung von Gravitationswirkungen entspricht nicht dem Charakter der meisten Vorgänge, die uns aus der täglichen Erfahrung bekannt sind. Diesem Bedenken begegnet Newton durch den Hinweis darauf, daß sein Gesetz der Schwere-Wechselwirkung keine letzte Erklärung sein soll, sondern eine aus der Erfahrung induzierte Regel.

3. Newtons Lehre lieferte keine Erklärung für die höchst merkwürdige Tatsache, daß Gewicht und Trägheit eines Körpers durch dieselbe Größe (die Masse) bestimmt werden. Auch die Merkwürdigkeit dieser Tatsache ist Newton aufgefallen.

Keiner dieser drei Punkte hat den Rang eines logischen Einwandes gegen die Theorie. Sie bilden gewissermaßen nur ungestillte Wünsche des nach restloser und einheitlicher gedanklicher Durchdringung des Naturgeschehens ringenden wissenschaftlichen Geistes.