

---

# Isaac Newtons *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*

Was in der Neuzeit unter Natur verstanden wird, ist grundlegend dadurch geprägt, wie die Naturwissenschaften meinen, Natur erkennen und beschreiben zu können. In der Wissenschaftsmethode liegt das Naturverständnis begründet. Der Naturbegriff der Neuzeit ist wesentlich durch die Naturwissenschaft Newtons geprägt.<sup>1</sup>

Der Newtonsche Ansatz basiert zum einen auf einem einzigen grundlegenden Begriff, dem einer mathematischen Kraft, und zum anderen auf dem doppelten methodischen Prinzip der mathematischen Deduktion und der empirischen Induktion. Beide Aspekte haben die Diskussionen der (natur-)wissenschaftlichen Theorien der Neuzeit, wie auch der Philosophie, geprägt. Sie stellen zentrale Begrifflichkeiten des Denkens der Neuzeit dar, auf die bezogen sich die Entwicklung des Denkens der Neuzeit vollzogen hat. Beides, Kraftbegriff und methodischer Ansatz, lassen sich als Synthese aus disparaten historischen Traditionen verstehen.

---

## 1 Newtons *Principia* und Aspekte des (vor-)newtonschen Kraftbegriffs

Im Jahre 1687 veröffentlichte der damals 44-jährige Isaac Newton (1642-1727) seine *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, die *Mathematischen Prinzipien der Naturphilosophie*. Mit diesem Werk hat Newton nicht nur die Grundlagen für die moderne theoretische Physik gelegt und Anstöße für alle naturwissenschaftliche

---

1 Die philosophischen Ansätze von F. Bacon (1561-1626), G. Galilei (1564-1642) und R. Descartes (1596-1650) tragen weiteres zum Naturbegriff bei, wie die »Industrialisierung« des Wissens, die Mathematisierung der Erkenntnis und die Mechanisierung des Weltbildes.

Disziplinen gegeben, sondern die Wirkungsgeschichte der *Principia* reicht weit in die Philosophie und sogar in die Literatur, ja in alle Bereiche des Geisteslebens hinein.

Wenn man aber im Detail angeben soll, worin Newtons eigene und eigentliche Leistung besteht, stößt man auf die Schwierigkeit, daß – wie fast immer in der Wissenschaftsgeschichte, so auch hier – die gefeierte Entdeckung nicht die Leistung eines einzelnen, sondern die einer ganzen Generation von Wissenschaftlern ist. Newtons Leistung besteht darin, einzelne divergierende Aspekte der Physik seiner Zeit in *einer* Theorie fokussiert zu haben, indem er einen operablen Begriff der *Kraft* eingeführt hat. Dabei hat er insbesondere den überlieferten Begriff der *Kraft* einer Bedeutungsverschiebung unterworfen, indem er den Begriff der Kraft von einer Reihe von Konnotationen befreite, wie der Vorstellung einer inneren Kraft, wie sie im Kontext der Signaturtheorie (etwa bei Agrippa von Nettesheim (1486-1533)) vorkam, als einer Wirkkraft, einer Potenz, die in dem Körper steckt. Neben der präzisen Reduktion auf eine äußere Kraft und deren rein mathematische Bedeutung hat Newton die empirisch gewonnene Vorstellung einer zentrifugalen Kraft in die einer theoretischen zentripetalen Kraft überführt.<sup>2</sup>

Newton hat die *Principia* in drei Bücher unterteilt. Im ersten Buch entwickelt er die mathematische Methode, mit deren Hilfe er Kreisbewegungen beschreiben kann. Newton zeigt, daß ein Körper, der sich im Kraftfeld eines Zentralkörpers bewegt, auf eine Kegelschnittbahn, also eine Kreis-, Ellipsen-, Parabel- oder Hyperbelbahn gelenkt wird. Die mathematische Methode, mit der Newton dies beweisen konnte, ist die Differentialrechnung, die er gleichzeitig mit Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716) entwickelte. In der Wissenschaftsgeschichte findet sich wohl keine Entdeckung, die nicht zugleich so oder in ähnlicher Form von mehreren Wissenschaftlern gemacht worden wäre. Insbesondere hat ja auch Newton Prioritätenstreitigkeiten durchgefochten: die berühmtesten mit Leibniz über die Erfindung der Infinitesimalrechnung und mit Robert Hooke (1635-1702) über die Theorie der Planetenbewegung.<sup>3</sup> Newton hat die Infinitesimalrechnung erstmalig auf ein mechanisches Problem angewandt, auf die Himmelsbewegungen. Allerdings hat er in der Darstellung der *Principia* ausschließlich geometrische Argumente benutzt und nicht die Darstellung mit infinitesimalen Größen gewählt, weil er die Gelehrten seiner Zeit nicht mit einer neuen Darstellungsmethode irritieren wollte.

Im zweiten Buch seiner *Principia* hat Newton dann untersucht, wie Bewegungen unter Reibung zu beschreiben sind. Dieser Teil richtet sich gegen Descartes' Weltbild, das etwa 50 Jahre früher entstanden und weit verbreitet war. René Descartes (1596- 1615) war der Meinung, daß man ein Bild von der Welt nur dann

---

2 Cf. Kapitel III.

3 Rosenberger, F. (1895), 151ff, 157ff.

schlüssig begründen könne, wenn man diejenigen Kraftübertragungen heranziehe, die damals in der Mechanik beste Dienste taten und gut untersucht waren: Stoß und Druck. Daraus folgte einerseits ein Universum, dessen Raum vollständig mit unterschiedlich großen Materieteilchen gefüllt sein und andererseits unzählige Wirbelbewegungen vollführen sollte. Dieses wissenschaftliche Weltbild stand im Zentrum von Newtons Kritik.

Im zweiten Buch der *Principia* hat Newton gezeigt, daß Descartes' Weltbild zu Konflikten mit Beobachtungsdaten führt. Dazu berechnete Newton unter den physikalischen Annahmen, die Descartes gemacht hatte, wie sich ein Körper um die Sonne dreht, wenn der Zwischenraum zwischen Sonne und Planeten mit dichten, einander widerstehenden Teilchen ausgefüllt ist und wenn sich in dieser Materie Wirbel bilden. Dabei zeigte Newton, daß die Periheldrehung des Mars empirisch eine andere ist, als sie sich nach Descartes Theorie ergeben müßte:

»Hieraus ergibt sich, daß die Planeten nicht durch körperliche Wirbel herumgetragen werden. Nach den Hypothesen des Copernicus bewegen sich nämlich die um die Sonne fortgeführten Planeten in Ellipsen, deren Brennpunkt sich in der Sonne befindet und beschreiben mit den nach der Sonne gezogenen Radien Vektoren den Zeiten proportionale Flächen.«

Und:

»Demnach widerspricht die Hypothese der Wirbel durchaus den astronomischen Erscheinungen, und dient nicht so sehr zu ihrer Erklärung, als zu ihrer Verwirrung. Wie aber jene Bewegungen in freien Räumen ohne Wirbel ausgeführt werden, kann man aus dem ersten Buche (der *Principia*, W. N.) ersehen und wird vollständiger im Weltsysteme gelehrt werden.«<sup>4</sup>

Danach stellt Newton im dritten Buch sein eigenes Weltbild vor.

Das *Weltsystem*, wie das dritte Buch von Newtons *Principia* überschrieben ist, sieht so aus: Das Universum ist in einen absoluten Raum eingebettet, d. h. es gibt einen Raum, der sich nicht nur aus relativen Beziehungen von Objekten zueinander ergibt, sondern sich aufgrund von physikalischen Versuchen festlegen läßt. Zwischen einem Planeten und der Sonne gibt es eine Anziehungskraft, die den Planeten von einer geraden Bahn auf eine Kreisbahn um die Sonne zwingt. Diese Gravitation ist eine *allgemeine Gravitation* aller Massen, d. h. die Sonne zieht den Planeten an und ebenso der Planet die Sonne – und das gilt für alle Himmelskörper. Worauf greift Newton zurück?

---

4 Newton, I. (1872), 377f.

Bereits zwischen 1605 und 1618 war es Johannes Kepler (1571-1630) gelungen, mit drei fundamentalen Gesetzen die Bewegung eines Planeten um die Sonne systematisch zu beschreiben. Nach dem ersten Gesetz haben die Umlaufbahnen die Gestalt einer Ellipse, wobei die Sonne in einem der Brennpunkte steht. Das zweite Gesetz, der Flächensatz, trägt der Tatsache Rechnung, daß ein Planet nicht mit gleichbleibender Geschwindigkeit umläuft, sondern bei der größten Entfernung von der Sonne die kleinste Geschwindigkeit hat, die dann bis zum Perihel, dem sonnennächsten Punkt, maximal wird. Das dritte Gesetz schließlich setzt den Abstand eines Planeten zur Sonne mit der jeweiligen Umlaufzeit in Beziehung.

Hooke arbeitete daran, Galileo Galileis (1564-1642) Bewegungsgesetze für Bewegungen auf der Erde, insbesondere Galileis Fallgesetz, mit Keplers Gesetzen für die Bewegungen am Himmel in einer gemeinsamen Theorie zu formulieren.<sup>5</sup> Hookes Idee war folgende: Descartes und Christiaan Huygens (1629-1695) hatten in Versuchen gefunden, daß bei Rotationsbewegungen eine Kraft auftritt, die die Materieteilchen das Zentrum fliehen macht. Von dieser Zentrifugalkraft wußte man, daß ihre Größe dem Quadrat des Abstandes zum Zentrum umgekehrt proportional war. Hookes Idee war nun, daß eine gleichgroße Kraft, die allerdings nicht das Zentrum flieht, sondern zum Zentrum strebt, die Planetenbewegung beschreiben und die Fallgesetze Galileis mit den Gesetzen Keplers vereinigen könnte. Hooke suchte deshalb einen Mathematiker, der zeigen konnte, daß das  $1/r^2$ -Gesetz eine Ellipsenbewegung beschreibt. Nach sehr langer Suche und auf dem Umweg über eine Vermittlung durch Edmund Halley (1656-1743) fand Hooke diesen Mathematiker in Newton, der sich seinerseits schon lange mit diesem Problem und der mathematischen Methode, der späteren Infinitesimalrechnung, beschäftigt hatte, bzw. an deren Entwicklung arbeitete. Die schriftliche Fassung dieses ersten Schrittes Newtons hin zu seiner Theorie der allgemeinen Gravitation trägt den Titel: *De Motu* (1684).<sup>6</sup>

Sein Programm hatte Hooke schon fast 15 Jahre vor den *Principia* Newtons in seinem Buch *An Attempt to Prove the Motion of the Earth from Observations* formuliert. Hook erwähnt explizit die Universalität der Gravitation, den Trägheitssatz und das  $1/r^2$ -Gesetz – alles wichtige Elemente der Newtonschen Physik. Übersetzt lautet Hookes Programm so:

»Ich werde ein Weltsystem erklären, das sich in vielen Einzelheiten von allen bisher bekannten unterscheidet und den bekannten Gesetzen der mechanischen Bewegungen voll entspricht. Dieses System hängt von drei Annahmen ab: erstens daß

5 Kuhn, T.S. (1981), 256ff. Siehe auch Schneider, I. (1988) und Wickert, J. (1983).

6 Gjertsen, D. (1986) und Herivel, J. (1965).

alle Himmelskörper eine anziehende oder Gravitationskraft in Richtung auf ihre eigenen Mittelpunkte haben, wodurch sie nicht nur ihre eigenen Teile anziehen und vor dem Davonfliegen bewahren, wie wir es auf der Erde beobachten können, sondern durch die sie auch die anderen Himmelskörper anziehen, die innerhalb der Sphäre ihrer Aktivität sind. Folglich haben nicht nur Sonne und Mond einen Einfluß auf die Erde und ihre Bahn, wie die Erde auch auf sie, sondern auch Merkur, Venus, Mars, Jupiter und Saturn üben aufgrund ihrer anziehenden Kräfte beträchtlichen Einfluß auf die Bewegungen der Erde aus, wie auch in derselben Weise die entsprechende Anziehungskraft der Erde jede ihrer Bewegungen beeinflusst. Die zweite Annahme lautet: daß alle Körper, die in eine einfache Bewegung versetzt werden, sich so lange geradlinig vorwärts bewegen, bis sie durch eine andere Kraft abgelenkt und zu einer Bewegung auf etwa einem Kreis, einer Ellipse oder einer anderen komplizierten Kurve gezwungen werden. Die dritte Annahme ist: daß diese anziehenden Kräfte um so stärker wirken, je näher der Körper, auf den sie wirken, ihren Kraftzentren ist. Ich habe noch nicht experimentell überprüft, wie diese Beziehung genau lautet; doch wenn diese Vorstellung vollkommen ausgearbeitet ist, wie sie es verdient, wird sie dem Astronomen eine wichtige Hilfe bei der Rückführung aller Himmelsbewegung auf ein bestimmtes Gesetz sein, ohne das Astronomie zweifellos niemals mehr betrieben werden wird.«<sup>7</sup>

Dieser Text könnte unmittelbar von dem Newton der *Principia* stammen. Hooke hatte den Inhalt Newton in einem Briefwechsel in den Jahren 1679/80 mitgeteilt.

Die Vorstellung von der allgemeinen Gravitation war bereits von Francis Bacon (1561-1626) Jahrzehnte vorher formuliert worden, wie bereits Voltaire (1694-1778), ein begeisterter Newton-Anhänger, in seinen philosophischen Briefen feststellte. G. P. De Roberval (1602-1675) hatte um 1644, also über 40 Jahre vor Newton, behauptet, alle Körper zögen sich gegenseitig an und die Erdbewegung um die Sonne ginge auf diese Anziehung zurück.<sup>8</sup>

Was Newtons herausragender Beitrag zur Wissenschaft ausmachte – und was offensichtlich sonst niemand zu seiner Zeit leisten konnte – war, Hookes Programm mathematisch umzusetzen.<sup>9</sup> Newton hat dazu die Differentialrechnung erfunden, mit deren Hilfe man mechanische Probleme geschlossen lösen konnte. Newton hat sie zu einem grundlegenden Paradigma einer mathematisch argumentierenden Mechanik gemacht. Selbstverständlich hat auch die Differentialrechnung Newtons Vorläufer, und auch hier bestand Newtons Leistung darin, in durchgehender Rationalität divergierende Ansätze zu vereinigen.

---

7 Zitiert nach Kuhn, T. S. (1981), 257.

8 Cf. Mach, E. (1933), 156ff, 182ff, 288ff.

9 Newton hat insbesondere als einer der ersten den Einfluß der Massen der beteiligten Himmelskörper bei seinem Gravitationsgesetz berücksichtigt. Cf. Figala, K. (1975), 148 Fußnote 14.

Newtons mathematische Lösungen für die Mechanik der Himmelsbewegungen wurden dann in den folgenden 50 Jahren von Leonard Euler (1707-1783), Joseph Louis de Lagrange (1736-1813) und anderen zu einem formalen Apparat entwickelt und als ein umfassendes mechanisches Programm umgesetzt. Insbesondere in diesem Bereich waren Newtons *Principia* der entscheidende Anstoß für die Wissenschaften. Was wir heute *Newtonsche Physik* nennen, entspricht im Wesentlichen der Physik, die D'Alembert, Euler und Lagrange formuliert haben.

Newtons Physik war nach dem Programm Hookes ein Versuch, die Himmelserscheinungen auf Kräfte zurückzuführen, die eine Erscheinungsform der Schwere sind, wie wir sie auf der Erde empfinden und für die Galileis Fallgesetze gelten. Die Frage war, was die Ursache dieser Kräfte sei. In der Antike sah man den Grund für Schwere und das, was in der Neuzeit *Anziehung* genannt wird, in einem Streben der Körper zu ihrem natürlichen Ort. Der natürliche Ort für Materie war das Zentrum der Erde, so daß alle fallenden Gegenstände zum Erdmittelpunkt hinstrebten.

Vorstellungen über Anziehungsphänomene gab es in der Antike nur bezogen auf Magnetismus und Elektrizität.<sup>10</sup> Noch Kepler sah im Magnetismus einen möglichen Wirkungsmechanismus für die Anziehung zwischen Erde und Mond bzw. Sonne und Planeten. Newton selbst hat die Zentralbewegung in den *Principia* für ein zentrales Magnetfeld berechnet, allerdings ohne zu behaupten, daß die Planetenanziehung auf Magnetwirkung beruhe.

Wenngleich Nikolaus Kopernikus (1473-1543) im 16. Jahrhundert in seinem Werk *De Revolutionibus* das Streben zum natürlichen Ort als eine mögliche Erklärung akzeptierte und die Ursache dafür im Streben nach Kugelgestalt sah, neigte man im 17. Jahrhundert dazu, das Streben zu seinem natürlichen Ort als eine okkulte Eigenschaft zu bewerten, die in einer wissenschaftlichen Erklärung der Welt nichts zu suchen habe. Descartes' Weltbild hatte den Vorteil, daß es solcher okkulten Qualitäten nicht bedurfte. Bei Descartes lag die Ursache der Kraftwirkungen in Stößen zwischen den Ätherteilchen im Universum.

Newton gibt nun in der ersten Auflage der *Principia* keine Ursache für die Kräfte der Schwere an, sondern beschränkt sich ganz bewußt darauf, die Mathematik für Kräftewirkungen zu beschreiben.

»Dies ist wenigstens der mathematische Begriff derselben, denn die physischen Ursachen und Sitze der Kräfte ziehe ich hier nicht in Betracht.«<sup>11</sup> »Die Benennung: Anziehung, Stoss oder Hinneigung gegen den Mittelpunkt nehme ich ohne Unterschied und untereinander vermischt an, indem ich diese Kräfte nicht im physischen, sondern nur im mathematischen Sinne betrachte. Der Leser möge daher aus Bemerkungen

10 Cf. Dijksterhuis, E. J. (1983), 347ff.

11 Newton, I. (1872), 24.

dieser Art nicht schliessen, dass ich die Art und Weise der Wirkung oder die physische Ursache erklären oder auch, dass ich den Mittelpunkten (welche geometrische Punkte sind) wirkliche und physische Kräfte beilege, indem ich sage: die Mittelpunkte ziehen an, oder es finden Mittelpunktskräfte statt.«<sup>12</sup> »Aus diesem Grunde fahre ich fort, die Bewegung von Körpern zu erklären, welche sich wechselseitig anziehen, indem ich die Centripetalkräfte als Anziehung betrachte, obgleich sie vielleicht, wenn wir uns der Sprache der Physik bedienen wollen, richtiger Anstösse genannt werden müssten. Wir befinden uns nämlich jetzt auf dem Gebiete der Mathematik und wir bedienen uns deshalb, indem wir physikalische Streitigkeiten fahren lassen, der uns vertrauten Benennung, damit wir von mathematischen Lesern um so leichter verstanden werden.«<sup>13</sup>

Was die tatsächlichen – das meint: physikalischen – Ursachen der Kräfte seien, das müssten spätere Naturwissenschaftler herausfinden und angeben. Nach erbittert geführten Disputen, vor allem mit der Leibniz-Schule,<sup>14</sup> deutet Newton in der zweiten Auflage der *Principia* 1713 dann eine mögliche Erklärung an, ohne sie jedoch auszuführen:

»Es würde hier der Ort sein, etwas über die geistige Substanz hinzuzufügen, welche alle festen Körper durchdringt und in ihnen enthalten ist.« »Diese Dinge lassen sich aber nicht mit wenigen Worten erklären, und man hat noch keine hinreichende Anzahl von Versuchen, um genau die Gesetze bestimmen und beweisen zu können, nach welchen diese allgemeine geistige Substanz wirkt.«<sup>15</sup>

Durch diesen Zusatz zur zweiten Auflage versucht Newton, dem Vorwurf zu entgehen, seine mathematischen Kräfte seien okkulte Eigenschaften und die Descartessche Erklärung, die okkulte Eigenschaften nicht enthielt, sei der seinen vorzuziehen. Außerdem vermeidet Newton jede Aussage darüber, was denn nun die tatsächlichen Ursachen der Kräfte seien.

Die Bedeutung der Newtonschen Theorie ist, die Bewegung als eine mathematisch beschreibbare Wirkung aufzufassen. Das hat den Preis, daß die (physikalisch-philosophische) Ursache nicht benannt werden kann. Sie bleibt in den *Principia* insofern aus der Diskussion heraus, als *Kraft* ihre Bedeutung nur als mathematisierbare Bewegungsursache hat. Kraft ist all das, was einen Bewegungsablauf mathematisch deuten hilft. Darin liegt die Verallgemeinerbarkeit des Newtonschen Begriffs einer mathematischen Kraft: Gravitationsphänomene, wie auch solche der

---

12 Newton, I. (1872), 25.

13 Newton, I. (1872), 167.

14 Cf. Koyré, A. (1980).

15 Newton, I.(1872), S. 511,512.

Elektrizitätsfelder und des Magnetismus, können mit diesem Kraftbegriff beschrieben werden. Ihre Ursache – im Sinne von letzter Ursache – ist nicht bekannt, und sie kann und soll auch nicht angegeben werden. Darauf hat Newton selbst immer wieder hingewiesen und es bedauert:

»Ich habe noch nicht dahin gelangen können, aus den Erscheinungen den Grund dieser Eigenschaften der Schwere abzuleiten, und Hypothesen erdenke ich nicht... Es genügt, dass die Schwere existire, dass sie nach den von uns dargelegten Gesetzen wirke, und dass sie alle Bewegungen der Himmelskörper und des Meeres zu erklären im Stande sei.«<sup>16</sup>

Für Newton gilt also seine mathematische Beschreibung nicht schon als eine *Erklärung* der Phänomene. Eine solche Erklärung könnte erst eine philosophische Begründung der mathematischen Theorie liefern. Diese Forderung ist Thema aller Wissenschaften im 18. Jahrhundert.

Der mathematische Kraftbegriff Newtons bezeichnet eine äußere Kraft, die einen Körper von seiner geradlinig-gleichförmigen Bahn zieht, der der Körper dank seiner Trägheit sonst folgen würde. Diese Kraft ist proportional der Beschleunigung, die der Körper durch die Kraft erfährt. Diese Kraft ist eine »formale« Kraft, die – folgt man Newtons Intention – für alle Naturphänomene gilt und damit das Grundgesetz aller Naturwissenschaften schlechthin enthält. Diesem Anspruch der Allgemeingültigkeit der Kraft entspricht, daß die Ursache der Kraft nicht eindeutig von Newton festgelegt wird.

---

## 2 Newtons Methodologie

Newtons wissenschaftliche Methode ist durch zwei Elemente geprägt:<sup>17</sup> die mathematische Deduktion und die Verifizierung durch Induktion. Dabei verfährt Newton so, daß er unter Annahme mathematischer Voraussetzungen, die als mathematische Modelle interpretiert werden können, nach mathematischen Gesetzen ein Ergebnis deduziert, das er häufig in den *Principia* nicht am empirischen Material verifiziert. (Dabei überläßt er es gelegentlich anderen Forschern zu prüfen, ob dieses Ergebnis zutrifft oder nicht.) Wenn es sich um astronomische Probleme handelt, die das Sonnensystem betreffen, trägt Newton selbst die em-

---

<sup>16</sup> Newton, I. (1872), 511.

<sup>17</sup> Cf. Rosenberger, F. (1895), 200, 212f, 290ff.

pirischen Befunde (Naturerscheinungen)<sup>18</sup> zusammen, um zu belegen, daß seine mathematischen Annahmen zutreffen. Solche mathematischen Annahmen nennt Newton mathematische Hypothesen.<sup>19</sup> Den mathematischen Hypothesen stehen natürliche Hypothesen gegenüber.<sup>20</sup> Während mathematische Hypothesen im Sinne von theoretischen Voraussetzungen erlaubt sind, sind natürliche Hypothesen nicht erlaubt. Sie behaupten die optative Existenz von natürlichen Gegebenheiten. Natürliche Gegebenheiten aber lassen sich ausschließlich aus Erfahrungen ableiten und per Induktion allgemeingültig machen:

»Was immer nämlich sich nicht aus den Naturerscheinungen ableiten läßt, muß Hypothese genannt werden, und Hypothesen, sei es metaphysische, sei es physische, sei es solche über verborgene Eigenschaften, sei es solche über die Mechanik, haben in der experimentellen Philosophie keinen Platz. In dieser Philosophie werden Lehrsätze aus Naturerscheinungen abgeleitet und durch Induktion allgemeingültig gemacht.«<sup>21</sup>

In diesem Sinne wäre eine »theoretische Erklärung für die Eigenschaft Schwere« eine Hypothese einer Naturexistenz, die nicht durch Erfahrung begründbar ist. Vielmehr ist die Induktion der einzige erlaubte Weg einer »auf Erfahrung gegründeten« Wissenschaft, um Aussagen über Naturgegenstände zu verallgemeinern.<sup>22</sup> Die auf dem Weg der Induktion gewonnenen Lehrsätze gelten so lange, bis »andere Erscheinungen« sie widerlegt haben. Dieser Vorrang der Induktion – so Newton in der letzten seiner vier Regeln des Philosophierens oder des wissenschaftlichen Schließens – muß erhalten bleiben, damit der Induktionsbeweis nicht durch neuerliche Hypothesen vernichtet werden kann.

Dieses Konzept Newtonscher Physik, das mit der Induktion und der mathematischen Deduktion als methodischen Prinzipien und dem Kraftbegriff als theoretischer Grundannahme verknüpft ist, wird in der Folgezeit nach Newton der Ausgangspunkt, aus dem sich naturwissenschaftliche Welterklärung wie philosophische Welterklärung entwickelte, von der Aufklärung bis zum deutschen Idealismus, von der englischen Metaphysik bis zur französischen mathematischen Physik, von der Naturwissenschaft bis zur Erkenntnistheorie, ja von der Physik bis zur Biologie. Der Kraftbegriff steht dabei für mehrere Bedeutungszusammenhänge: Methodisch ist Kraft häufig gleichbedeutend mit *Kausalität*, *Ursache-Wirkungsrelation* und *Gesetzmäßigkeit*, methodologisch bedeutet Kraft gelegentlich *hypothetische*,

---

18 Newton, I. (1988b), 17ff.

19 Newton, I. (1988b), 85, 134, 195f.

20 Newton, I. (1988b), 134.

21 Newton, I. (1988b), 230.

22 Newton, I. (1988b), 171.

*reale* oder *transcendente Letztbegründung* und inhaltlich oder physikalisch meint *Kraft* – je nach Kontext auch: *Energie, Arbeit* oder gar: *Entropie*. In diesem Newtonschen Kontext werden Begriffe formuliert, die die Grundlage zeitgenössischer wie späterer Theorien bilden und die in vielfältiger Modifikation den Rahmen für die Entwicklung der Wissenschaften der Neuzeit abgeben.



<http://www.springer.com/978-3-658-15141-6>

Natur und Begriff

Zur Theoriekonstitution und Begriffsgeschichte von  
Newton bis Hegel

Neuser, W.

2017, XI, 294 S., Softcover

ISBN: 978-3-658-15141-6