

Jörn Henrich
LAPLACE

Die Fixierung
des modernen
Wissenschaftsideals
durch LAPLACE



Akademie Verlag

Einbandgestaltung unter Verwendung eines Frontispiz aus den von der Académie des sciences herausgegebenen Œuvres complètes de Laplace, Paris 1878–1912.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

ISBN 978-3-05-004663-1

eISBN 978-3-05-005131-4

© Akademie Verlag GmbH, Berlin 2010

Das eingesetzte Papier ist alterungsbeständig nach DIN/ISO 9706.

Alle Rechte, insbesondere die der Übertragung in andere Sprachen, vorbehalten. Kein Teil des Buches darf ohne Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form – durch Fotokopie, Mikroverfilmung oder irgendein anderes Verfahren – reproduziert oder in eine von Maschinen, insbesondere Datenverarbeitungsmaschinen, verwendbare Sprache übertragen oder übersetzt werden.

Einbandgestaltung: pro:design, Berlin

Druckvorlage: Peter Rotkehl, Berlin

Druck und Bindung: Druckhaus „Thomas Müntzer“ GmbH, Bad Langensalza

Printed in the Federal Republic of Germany

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	7
Einleitung	9
<i>Forschungsstand – Philologisches</i>	
I. Wissenschaftliche Errungenschaften	21
1. Zur Erd-, Planeten- und Sternbewegung	23
2. Zur Mondtheorie	28
3. Zum Jupiter und seinen Satelliten	32
4. Die Jupiter-Saturn-Ungleichheit	34
5. Die Entstehungslehre des Sonnensystems	38
6. Zur molekularen Anziehung	41
II. Laplace' Methode und Methodologie	47
1. Zur Methode	47
<i>Beobachtung – Beschreibung I: Kinematik – Vergleiche – Analogien – Analyse – Zur Induktion – Zur Deduktion – Genetische Erklärungen – Akzeptanz, Bestätigung, Verifikation und die Aufgabe von Theorien</i>	
2. Zur Methodologie	79
<i>Zur Beobachtung – Analyse & Synthese – Induktion & Deduktion – Kohärenz und Mathematik – Einfachheit – Falsifikation – Zur Rolle der Wahrscheinlichkeitsrechnung</i>	
3. Beurteilung der Laplaceschen Methode und Methodologie	92
4. Bemerkung zur Erkenntnisauffassung von Laplace	107
III. Laplace' Weltsystem	110
1. Materie, Kräfte und Prinzipien	111
<i>Laplace' Materievorstellung und das erste Newtonsche Axiom – Laplace' Kraft- und Gravitationsbegriff und das zweite Newtonsche Axiom – Das dritte Newtonsche Axiom und der Satz vom Grund – Erhaltungssätze – Das Prinzip der kleinsten Wirkung – Die Gleichgewichtstheorie – Das Prinzip der virtuellen Geschwindigkeit – Kosmologisches</i>	
2. La Métaphysique de Laplace	144
<i>Raum und Zeit – Der Laplacesche Gesetzesdeterminismus – Philosophie der Mathematik – Metaphysikkritik – Beurteilung</i>	

IV. Der Précis de l'Histoire de l'Astronomie und Laplace'	
Wissenschaftsphilosophie	189
1. Laplace' Auffassung der Astronomiegeschichte	191
<i>Fehler in der Astronomiegeschichte</i>	
2. Beurteilung des Précis	196
3. Laplace' Wissenschaftsphilosophie	207
V. Ausblick auf die Wirkungsgeschichte	216
1. Laplace' Einfluß auf die Physik	220
2. Reaktionen in der Philosophie	222
<i>Die Wirkung auf die Wissenschaftstheorie – Die Wirkung auf die Wissen-</i> <i>schaftsphilosophie</i>	
Anhang	
Literaturverzeichnis	235
Personenverzeichnis	245

Vorwort

Das hier vorgelegte Buch ist als Habilitationsschrift in den Jahren 2001 bis 2006 an der Technischen Universität Berlin, am Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte und in der Arbeitsgruppe „Die Welt als Bild“ der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften entstanden. Der Hauptbetreuer war Prof. Dr. Eberhard Knobloch. Ihm und den Gutachtern Prof. Dr. Erwin Sedlmayr und Prof. Dr. Peter McLaughlin gilt mein außerordentlicher Dank. Es freut mich, mit ihnen Vertreter aus den Fächern Wissenschaftsgeschichte, Astrophysik und Philosophie unter einem Habilitationsdach vereint zu haben. Interdisziplinarität ist oft gefordert, selten unterstützt und nicht immer fruchtbar umgesetzt. Die drei Gutachter zeigten sich erfreulich offen für eine fächerübergreifende Kooperation.

Während der Produktionszeit umgaben mich oder ich umgab Menschen, die Aristoteles' Anthropologie wie nur wenige andere Artexemplare bestätigen: *ἄνθρωπος ζῶον λόγον ἔχον*. Für scharfsinnige, lehr- und geistreiche Gespräche bzw. Briefwechsel zu danken habe ich Prof. Dr. Domenico Bertoloni-Meli, Dr. Peter Beurton, Dr. Jeroen van Dongen, Prof. Dr. Ricardo Lopes Coelho, Dipl. Ing. André Große-Wöhrmann, Prof. Dr. Norbert Henrichs, Prof. Dr. Ladislav Kvasz, Dr. Christoph Lehner, Prof. Dr. Hans Poser, Dr. Volkmar Schüller, Prof. Dr. Renate Wahsner und Prof. Dr. Daniel Warren. Dr. Erik Strub und Prof. Dr. Peter Brosche haben durch viele Hinweise zur Verbesserung der Arbeit beigetragen. Dr. Lisa Hamacher danke ich für das Korrekturlesen und ihre Kritik.

Die Deutsche Forschungsgemeinschaft gewährte mir zur Untersuchung von Laplace' Naturphilosophie ein Forschungsstipendium, das mir ermöglichte, den Grundstock der vorliegenden Arbeit zu legen; dafür möchte ich der DFG sehr danken. Auch danke ich Prof. Dr. Jürgen Renn vom MPIWG, an dem ich als Gastwissenschaftler tätig sein durfte. Prof. Dr. Dieter Birnbacher hat sich in der unmittelbaren Post-doc-Zeit an der Universität Düsseldorf für mich eingesetzt; dafür sei ihm nachträglich gedankt. Dem Präsidenten der ukrainischen Kant-Gesellschaft Prof. Dr. Anatolij Loj von der Nationalen Taras-Schewtschenko-Universität Kiew danke ich für die Einladung zur Gastprofessur im Frühjahrssemester 2007, Prof. Dr. Miroslaw Popowitsch für die Einladung an die Abteilung für Logik des Skoworoda-Instituts für Philosophie der Ukrainischen Akademie der Wissenschaften, Kulturattaché Jean-Pierre Froehly (Deutsche Botschaft, Ukraine) für sein Engagement in der Wissenschaftspolitik. Meine Mutter Christel Henrich hat immer wieder ihre Hilfe angeboten und umgesetzt. Zu danken habe ich auch der Freundschaft von Dr. Gabi Bruckmann, Vincent und Dr. Sabine Meister und Dr. Minou B. Friele.

In Anbetracht von Stellenstreichungen und Einsparungen übersteht man eine Habilitation nur mit Idealismus und Leidenschaft im Fach. Weite Strecken überbrückte ich als musikalischer Botschafter der Bundesrepublik Deutschland in der Jazzband des Auswärtigen Amtes und als Kontrabassist in zahlreichen Formationen. An dieser Stelle sei auch den extrem guten Musikern gedankt, mit denen oder in deren Bands ich in den letzten Jahren spielen durfte: John C. Marshall (ehemals Gitarrist von Ray Charles), die Potsdamboys, Gregory Gaynair, Prof. Joe Viera, Michelangelo Mazzari und Andrea Marcelli (spielte mit Dizzy Gillespie), Olga Voichenko, TrioColor und die zahlreichen Kollegen aus den Jazzszenen in München, Berlin, Düsseldorf und Kiew.

In der Neuzeit traten an diejenigen vakanten Systemstellen, die zuvor von theologischen und dogmatischen Argumenten eingenommen wurden, mathematische und naturwissenschaftliche Denkmodelle. Der Kern des Rationalismus und der Wissenschaften der Aufklärungszeit ist der Humanismus. Dessen eingedenk möchte ich dieses Buch Gesa und Lex widmen.

Juli 2009

Jörn Henrich

Einleitung

Pierre Simon Laplace, am 28. März 1749 in Beaumont-en-Auge geboren, ist einer der großen französischen Physiker-Philosophen des 18. und 19. Jahrhunderts, der Zeit, in der Frankreich die größten wissenschaftlichen Leistungen Europas hervorbrachte. Nach einem Studium in Caen vermittelte d'Alembert ihm 1772 eine Professur für Mathematik an der *École militaire*, an der er Lehrer von Napoleon Bonaparte war. 1773 wurde er beigeordneter *Mécanicien*, 1783 assoziierter *Mécanicien* und 1785 *Pensionnaire* der *Classe de Mécanique* der *Académie des sciences*. Laplace war Mitglied der *Société d'Arcueil*, einer privaten Gelehrten-gesellschaft im Pariser Vorort Arcueil, die von Berthollet begründet wurde und intensiven Kontakt mit Napoleon pflegte. Die *Société d'Arcueil* entwickelte sich kurz nach 1800 zur bedeutendsten privaten Wissenschaftsgesellschaft in Frankreich. Namhafte Mitglieder waren neben Berthollet und Laplace Alexander von Humboldt, Jean-Baptiste Biot, Joseph Louis Gay-Lussac, Dominique François Arago, Siméon Denis Poisson etc.¹

Es war in Frankreich für Wissenschaftler üblich, in die Politik oder die Verwaltung in irgendeiner Form eingebunden zu sein, weshalb die Revolutionszeit buchstäblich lebensgefährlich wurde.² Der Chemiker Antoine Laurent de Lavoisier, mit dem Laplace zusammenarbeitete, war unter dem *ancien régime* Steuerpächter und wurde 1794 hingerichtet.³ Auch die *Académie* stand in enger Verbindung mit der alten Regierung und Laplace hatte politisch relevante Arbeiten zur Bevölkerungsstatistik verfaßt und war in der Militärausbildung beschäftigt. Er gehörte zur gesellschaftlichen Elite, sowohl finanziell als auch im Umgang. Nach allem Anschein sah er es als besser an, sich 1793–94 nicht in Paris aufzuhalten, und überlebte die Unruhen. 1795 ernannte Napoleon ihn zum Innenminister, entließ ihn aber nach nur sechs Wochen mit der Begründung, Laplace nehme den Geist des unendlich Kleinen in die Verwaltung mit: „Laplace apporte l'esprit des infiniment petits dans la gestion des affaires.“⁴ 1812 wurde Laplace Präsident der *Académie des sciences* und 1816 Mitglied der *Académie française*.

¹ Siehe Maurice Grosland: „The Society of Arcueil“, London 1967, S. xx–xxi.

² Siehe Hahn: „Laplace“, Kapitel 7: „Revolutionary Tumult“, S. 98–119.

³ Siehe Henry Guerlac: „Lavoisier, Antoine-Laurent“, in: DSB, Bd. 8, S. 84–85.

⁴ Napoleon, zit. nach: Marcel Berger: „Cinq siècles de mathématiques en France“, Paris 2005, S. 61. Siehe Grosland: „The Society of Arcueil“, S. 64.

Louis XVIII erhob ihn 1817 zum Marquis de Laplace.⁵ Er starb im Alter von 78 Jahren am 5. Mai 1827 in Paris.

Laplace' wissenschaftliche Arbeiten bestehen aus Mémoires und aus Monographien. Die Mémoires sind kürzere Abhandlungen oder Niederschriften von Vorträgen und lagen der Académie schriftlich vor. Sie wurden zum Teil nicht veröffentlicht und lagen in den Archiven der Académie, zum Teil publizierte die Académie sie in den Procès-Verbaux.⁶ Die Anzahl der Monographien ist wissenschaftlich nicht unbedingt aussagekräftig, sie ergibt sich auch aus Karrieregründen und Bemühungen um die Kontaktaufnahme mit der Académie. Nicole und Jean Dhombres sprechen davon, daß Laplace das Sekretariat der Académie mit Mémoires ‚bombardiert‘ habe.⁷ Die Monographien sind:

- „Exposition du système du monde“, Erstausgabe in zwei Bänden, Paris 1796; letzte von Laplace überarbeitete und posthum erschienene 6. Auflage, Paris 1835; überarbeitete Neuauflage der 6. Auflage, Paris 1984.
- „Traité de mécanique céleste“, fünf Bände, Paris 1798–1825 (Neudruck, Brüssel 1967).
- „Théorie analytique des probabilités“, Paris 1812 (Neudruck, Brüssel 1967).
- „Essai philosophique sur les probabilités“, Paris 1814 (Neudruck, Brüssel 1967). Der Essai ist eine nachträglich verfaßte Einleitung in die Théorie analytique des probabilités und wurde sowohl gesondert als auch im Zusammenhang mit der Théorie analytique ediert.
- „Précis de l'histoire de l'astronomie“, Paris 1821, 2. Auflage 1863. Der Abriß der Geschichte der Astronomie ist das abschließende Buch V der Exposition du système du monde.

Drei Titel wurden ins Deutsche übersetzt:

- „Darstellung des Weltsystems“, von Johann Karl Friedrich Hauff, Frankfurt 1797; Hauffs Übersetzung basiert auf der französischen Erstausgabe, so daß Laplace' spätere Überarbeitungen nicht in die Übersetzung eingegangen sind. Heinrich Schmidt hat das Kapitel zur Kosmogonie aus der Exposition zusammen mit der Weltentstehungslehre von Kant herausgegeben: „Die Kant-Laplace'sche Theorie. Ideen zur Weltentstehung von Immanuel Kant und Pierre Laplace“, Leipzig 1925.
- „Mechanik des Himmels“, von Johann Carl Burckhardt, Berlin 1800–1802. Burckhardts Übersetzung umfaßt die ersten zwei Bände der Mécanique céleste.

⁵ Deshalb liest man gelegentlich: Pierre Simon *de* Laplace, was falsch ist. Ostwald's Klassiker der exakten Wissenschaften führen ihn unter: de Laplace.

⁶ Einen bibliographischen Überblick gibt Charles Coulston Gillispie with the collaboration of Robert Fox and Ivor Grattan-Guinness: „Pierre-Simon Laplace, 1749–1827: A Life in Exact Science“, Princeton 1997, S. 300–306.

⁷ Siehe Nicole und Jean Dhombres: „Naissance d'un nouveau pouvoir: sciences et savants en France 1793–1824“, Paris 1989, S. 156.

- „Philosophischer Versuch über die Wahrscheinlichkeit“, hrsg. von Richard von Mises, Leipzig 1932, 2. Auflage, Frankfurt 1996.

Ferner gibt es zwei Werkausgaben:

- „Œuvres“, acht Bände, Paris 1843–1847.
- „Œuvres complètes“, vierzehn Bände, Paris 1878–1912, hrsg. von der Académie des sciences. Diese Ausgabe ist heute maßgeblich.

Aufgrund des editorischen Befunds ist bei einer sehr detaillierten Analyse der Rezeption deren Editionsabhängigkeit also durchaus zu beachten. Gerade bei der Rezeption der Exposition in Deutschland sollte Hauffs Übersetzung zugrunde gelegt werden. Die Exposition du système du monde ist die Ausarbeitung von öffentlichen Vorlesungen, die Laplace 1795 im Muséum National d'Histoire Naturelle gehalten hat. Sie bietet eine ausführliche Darstellung des astronomischen Wissens ihrer Zeit, gibt einen Einblick in die Methode und Methodenlehre seines Weltsystems, präsentiert die mit beidem zusammenhängende Philosophie und schließt mit einem Überblick über die Geschichte der Astronomie. Durch die Exposition war Laplace auch den deutschen Philosophen des 19. Jahrhunderts bekannt. Herder, Schleiermacher, Hegel, Ernst Mach etc. haben nachweisbar mit ihr gearbeitet. Sie ist philosophisch radikal und hat Laplace viele Gegner beschert, zumal in Deutschland philosophische Themen wie Geist und Freiheit kursierten, an denen die analytische Denkweise nicht greift. Für Anhänger wie Alexander von Humboldt ist sie ein Meisterwerk:

„Unsere Nachbarn jenseits des Rheins besitzen ein unsterbliches Werk, Laplaces Entwicklung des Weltsystems, in welchem die Resultate der tiefstnigsten mathematisch-astronomischen Untersuchungen verflössener Jahrhunderte, abgesehen von den Einzelheiten der Beweise, vorgetragen werden.“⁸

Zu Beginn der Exposition formuliert Laplace, welche Themen er in ihr behandelt:

„L'exposition de ces découvertes [die der Astronomie] et de la manière la plus simple dont elles ont pu naître et se succéder, aura le double avantage, d'offrir un grand ensemble de vérités importantes, et la vraie méthode qu'il faut suivre dans la recherche des lois de la nature. C'est l'objet que je me suis proposé dans cet Ouvrage.“⁹

⁸ Alexander von Humboldt: „Kosmos – Entwurf einer physischen Weltbeschreibung“, Bd. I, Stuttgart, Tübingen 1845, S. 30. Gillispie spricht von „one of the most successful works of science ever composed“ (Gillispie: „Laplace“, S. 169). Weitere Urteile gehen in dieselbe Richtung: – Arthur Berry: „one of the most perfect and charmingly written popular treatises on astronomy ever published“ (Arthur Berry: „A short history of Astronomy“, New York 1961, S. 306). – Giorgio Abetti: „his Exposition du système du monde, a work which stimulated the progress of scientific thought during the nineteenth century“ (Giorgio Abetti: „The History of Astronomy“, London 1954, S. 155).

⁹ SdM, S. 1.

Das wissenschaftliche Niveau der Exposition schwankt zwischen dem Extrem des naiven Sinneseindrucks und dem von anspruchsvollen Theorien zu Planetenstörungen. Anscheinend muß sich Laplace auch mit Irrtümern auseinandersetzen, für deren Aufkommen in der Antike und im 18. Jahrhundert dieselben Gründe bestehen, z. B. Konformität mit dem Christentum und Geozentrik. Daher trifft man sowohl auf eine Beschreibung der Himmelskörper aus geozentrischer Perspektive als auch auf Begründungen der Annahme der Erdrotation und auf Erörterungen zur Periodizität säkularer Störungen. Offenbar ist Laplace bemüht, die Vereinbarkeit von Alltags- und von wissenschaftlicher Erfahrung dem astronomisch oder sogar dem physikalisch ungebildeten Leser vorzuführen. In der *Mécanique céleste* ist dies anders: In ihr fehlt die sinnliche Beschreibung, die Planetenbewegung ist auf die Veränderung von Koordinaten beschränkt.

Das mit der vorliegenden Arbeit verfolgte Ziel ist, das Geflecht aus wissenschaftlichen Errungenschaften der Himmelsmechanik, verwendeter Methode, methodologischer Reflexion, Naturphilosophie und Auffassung der Wissenschaftsgeschichte herauszuarbeiten und verständlich zu machen. Die Kohärenz, die Konsistenz und die Überzeugungskraft dieser unterschiedlichen Elemente von Laplace' Weltsystem sollen beurteilt werden, und zwar aus Sicht zeitgenössischer als auch aus Sicht heutiger Wissenschaftsphilosophie. Im Hintergrund der Überlegungen steht das Interesse, warum, womit und inwieweit Laplace für die Ausprägung von Wissenschaftstheorie und -philosophie des 19. Jahrhunderts maßgeblich war. Dadurch ist die Arbeit auch heute systematisch wertvoll: Autoren wie Newton und Laplace haben bei der Etablierung einer weit verbreiteten wissenschaftlichen Intuition einen kaum zu überschätzenden Beitrag geleistet. Laplace hat nicht den Anfang einer radikalen reduktionistischen und deterministischen Naturphilosophie eingeleitet, als deren Hauptvertreter er heute zählt, er hat aber das moderne Wissenschaftsideal maßgeblich fixiert. Nimmt man Lakatos' Paraphrase von Kants Diktum – „Wissenschaftsphilosophie ohne Wissenschaftsgeschichte ist leer; Wissenschaftsgeschichte ohne Wissenschaftsphilosophie ist blind.“¹⁰ – ernst, dann ist eine Aufgabe von Wissenschafts- und Philosophiegeschichtsschreibung und Wissenschaftstheorie, Fragen der Wissenschaftstheorie historisch rückzubinden. Laplace' Werk ist ein Meilenstein einer uns unterschwellig leitenden Wissenschaftstradition: Säkularität, Metaphysikfreiheit, Fokussierung von Gesetzeserklärungen etc. haben von Laplace ihren Ausdruck bekommen, durch den sie auf die nachfolgende Physik und Wissenschaftstheorie gewirkt haben. Die Naturwissenschaften stehen auch heute unter den Vorzeichen derartiger und derzeitiger Leitbilder. Eine wissenschafts- und philosophiehistorische Arbeit zu Laplace besitzt systematisch heuristischen Wert,

¹⁰ Imre Lakatos: „Die Geschichte der Wissenschaft und ihre rationalen Rekonstruktionen“, in: Werner Diederich (Hrsg.): „Beiträge zur diachronen Wissenschaftstheorie“, Frankfurt 1976, S. 56.

und zwar ganz im Sinne des philosophischen Imperativs des Delphischen Apollo aus Platons Protagoras: Γνῶθι σεαυτόν – Erkenne Dich selbst.

Möchte man ein Gefühl für die philosophische Relevanz der Himmelsmechanik haben, ist die Kenntnisnahme von fünf zentralen Theorien und Methoden unerlässlich. Es wäre wohl realitätsfern zu erwarten, daß außerhalb der Astronomiegeschichte bekannt wäre, auf welchen himmelsmechanischen Theoremen Laplace' Philosophie basiert. Daher referiere ich im ersten Teil die kosmologischen Errungenschaften, die seit Newton und vor allen von Laplace selbst erlangt wurden.

Laplace ist Physiker mit philosophischem Anspruch und die Exposition du système du monde bezeugt eine physikalische Weltsicht, deren wichtige Merkmale Ganzheitlichkeit und Geschlossenheit sind. Die Phänomene des Alltags und die Themen der himmelsmechanischen Forschung werden gleichsam von dieser Weltsicht umfaßt. Beides wird in der Exposition nicht nur interpretiert, sondern auch beschrieben; die ersten beiden Teile der Arbeit geben deshalb die Resultate und Methoden der Laplaceschen Himmelsmechanik wieder:

1. Laplace ist Anhänger der Newtonschen Mechanik; Roger Hahn spricht vom „Newtonianism of Laplace's work“¹¹. Die Newtonsche Mechanik wurde seit den *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* (1687) beständig weiterentwickelt, in ihrer himmelsmechanischen Anwendung von Laplace selbst. Der erste Teil der Arbeit legt dar, welche himmelsmechanischen Errungenschaften seit Newton hinzugekommen sind. Die philosophische Relevanz ist selten offenkundig, in der Regel wird sie erst vor dem Hintergrund der vorausgehenden oder der zeitgenössischen Philosophie- und Wissenschaftsgeschichte sichtbar.

2. Im zweiten Teil der Arbeit rekonstruiere ich die Methode der Himmelsmechanik, so wie Laplace sie in der Exposition darstellt. Laplace arbeitet keine Methodologie aus, äußert sich aber öfter zu seinen Methoden. Ich analysiere das Verhältnis von Methode und impliziter Methodologie und beurteile es zum einen auf der Basis der Exposition und der *Mécanique céleste*, zum anderen mit heutigem Problembewußtsein. Die Wissenschaftsgeschichte hat dafür sensibilisiert, daß die Praxis der Wissenschaften keineswegs so klar und streng ist, wie es die traditionelle Wissenschaftstheorie nahe gelegt hat. Vergleichbares gilt auch für Laplace.

3. Der dritte Teil widmet sich der naturphilosophischen Bedeutung des Laplaceschen Weltsystems. Hier zeige ich, wie die doch noch relativ frühe Newton-Rezeption in der Himmelsmechanik vorzustellen ist. Die Begriffe der Mechanik wurden durchgängig reduktionistisch neuinterpretiert. Das führt mit sich, daß Laplace Begriffe von Newton übernimmt und das Bewußtsein für deren metaphysische Implikationen verlorengeht. Solche Implikationen bestehen weiterhin, werden aber nicht mehr als solche eingestuft. Letzteres liegt freilich auch daran,

¹¹ Roger Hahn: „Laplace as a Newtonian Scientist“, Los Angeles 1967, S. 1.

daß der Metaphysikbegriff nicht statisch ist. Die Abgrenzungsdebatte in der Wissenschaftstheorie des 20. Jahrhunderts versperrt oft den angemessenen Blick für historische naturphilosophische Systeme.

4. Der vierte Teil der Arbeit widmet sich dem *Précis de l'Histoire de l'Astronomie* und der Wissenschaftsauffassung, die dem *Précis* und den systematischen Büchern immanent ist. In der Aufklärung des 18. Jahrhunderts beanspruchten und besaßen Wissenschaftler wie Laplace eine stärkere gesellschaftliche und kulturelle Relevanz als es heute der Fall ist. Die *Exposition du système du monde* ist eine Bemühung um das *Public Understanding of Sciences*, wodurch sie in ihrem Ziel eine hohe Aktualität besitzt und durchaus Vorbildfunktion übernehmen kann. Die Motivation der aufklärerischen Wissenschaftler lag in der Säkularisierung, sei es in religionskritischer Absicht, sei es um dem Anthropozentrismus entgegenzuwirken, sei es um die Furcht vor himmlischen Vorgängen zu nehmen.

5. Im letzten Teil gebe ich einen Ausblick auf die Wirkungsgeschichte der analytischen Himmelsmechanik. Sie hat zu unterschiedlichsten Reaktionen der Philosophie, der Naturwissenschaften und der aufkommenden positivistischen Wissenschaftstheorie geführt. Wer die analytische Methode ablehnt, hat die Alternativen in Abgrenzung zu ihr entwickelt.

Neben der Würdigung eines äußerst scharfsinnigen Kopfes und einem Verständnis der historischen Gründe der heutigen wissenschaftspolitischen Situation ist es auch in allgemeinerer Hinsicht lohnenswert, Laplace' Schaffen und seine Auswirkungen aufzubereiten. Der wissenschaftskulturelle Wert wissenschaftshistorischer und -philosophischer Arbeiten besteht in der Annäherung von Natur- und Geisteswissenschaften; keine anderen Disziplinen sind dazu so geeignet wie die Wissenschaftsgeschichte und die Philosophie.¹² Auf Seiten der Geisteswissenschaftler wird anscheinend in der Regel erwartet, daß der Vektor der Annäherung in ihre Richtung weisen müsse. Laplace ist für viele Bereiche einer der wirkungsmächtigsten Wissenschaftler, z. B. für die Ausgestaltung der Wissenschaftstheorie und -philosophie oder auch für die Ausdifferenzierung unserer Fakultätenstruktur. Das Feindbild dieses Szientismus ist die Metaphysik. Für die akademische Philosophie stellt sich die Frage, ob sie ihre Gegner integriert oder nicht, für die Philosophiegeschichtsschreibung, ob sie ihre Verslossenheit und Konservativität aufgibt und den nicht-kanonischen Reichtum der Geistesgeschichte aufgreift. Bereits im Vorfeld habe ich unterschiedliche Reaktionen auf Vorträge und auf das Typoskript bekommen. Die Kritiken hatten stets den Grund-

¹² Der ehemalige Präsident der DFG Wolfgang Frühwald hat von Geisteswissenschaftlern den Grenzgang gefordert und die den Grenzgängern allgemein entgegengebrachte Inakzeptanz kritisiert (Wochenzeitschrift ZEIT, 7. Dezember 2000, S. 42). Vergleichbares forderte Hans-Jörg Rheinberger: Es sei nicht nachzuvollziehen, „wieso Platon, Descartes und Jakob Burckhardt zum geisteswissenschaftlichen Kanon gehören sollen, Euklid, Newton und Darwin aber nicht“ (Hans-Jörg Rheinberger: „Die Rückseite der Fakten“, in: ZEIT, Nr. 4, 18. Januar 2001, S. 30).

ton, daß den Interessen und Erwartungen gewohnter Philosophiegeschichtsschreibung nicht entsprochen werde, wie z. B. eine Kontrastierung der Laplaceschen Kausalitätslehre mit der von Leibniz oder Locke. Doch die traditionelle Metaphysik (Aristoteles, Descartes, Leibniz und auch Newton) ist für Laplace buchstäblich eine anthropologische Blamage, so sehr, daß sie nicht einmal diskutiert, sondern nur beiläufig abgelehnt wird. Die Laplacesche Philosophie resultiert nicht aus dem, das heute weitläufig und einfältig als Philosophie zählt, sondern aus der Mechanik und Himmelsmechanik. Dieser Punkt kann nicht überbetont werden, wenn man die Frage stellt, wieviel dessen, was wir als akademische Philosophie verstehen, in der analytischen Himmelsmechanik relevant gewesen ist: nichts. Deshalb hatte in der unmittelbaren Rezeption die romantische Naturphilosophie und der deutsche Idealismus gegen die reduktionistische Analytik opponiert. Möchte man aber Laplace, die Haltung vieler weiterer vorpositivistischer Wissenschaftler und das Verhältnis von Philosophie und Naturwissenschaften in der Geschichte verstehen, sind die Idealvorstellungen, Methoden und vor allem die elitäre Mentalität weit verbreiteter Philosophiegeschichtsschreibung nicht nur inadäquat, sondern kontraproduktiv. Die Psychologie nennt dies Übertragung: Man hat eine Erwartungshaltung, der nicht entsprochen wird, und ist enttäuscht, bzw. in den Wissenschaften schätzt man gering. Erstens sollte man unsere Philosophiekonzeption in ihrer historischen Bedeutung nicht überbetonen, zweitens zählen Leute wie Laplace im 18. und 19. Jahrhundert zur Philosophie, wenngleich nicht zur Metaphysik. Man erfaßt die philosophiehistorische Entwicklung seit d'Alembert über Dilthey bis zum Wiener Kreis nicht, wenn man die Metaphysikablehnung, die die positivistischen Naturwissenschaftler der Philosophie zu sagen haben, nicht ernst nimmt. In dem Maß, in dem man heute in der Philosophie beispielsweise in einer unausgereiften Kausalitätslehre einen Mangel sehen kann, in dem Maß sehen Laplace und viele Naturwissenschaftler und vor allem auch Ingenieure und Techniker in der traditionellen Naturphilosophie eine phantasievolle Verirrung, die für das Fortschreiten der Wissenschaften mindestens völlig belanglos ist. Daß das nicht so sein muß, lehren viele fruchtbare Interaktionen von Philosophie und Physik in der Folge, dennoch: Die philosophische Empfehlung der Laplaceschen *Œuvre* ist, die Interpretation der Differentialgleichungen nicht spekulativ zu übertreiben; die physikalischen Prinzipien und Gleichungen sind die Naturphilosophie, wie es zuvor schon Galilei vertreten hatte. Wer deshalb hier einen Mangel an Philosophie verortet, dem sei die Lektüre der *Œuvre* nahegelegt.

Die Wirkungsmacht dieser Reduktion kann philosophiehistorisch nicht überschätzt werden und wirkt sich bis heute aus: die Trennung von Philosophie und Naturwissenschaften in unserer Fakultätenstruktur und die zu geringe Repräsentanz der Wissenschaftsgeschichte in der Philosophie. Unsere Philosophiegeschichtsschreibung orientiert sich noch immer an den Vorgaben des 19. Jahrhunderts, weshalb nicht zuletzt auch die Sensibilität für den kulturellen Wert der Naturwissenschaften und der Mathematik gesellschaftlich gering ausgeprägt ist.

Hilary Putnam hat der Erneuerung der Philosophie das Wort geredet,¹³ für die Philosophiegeschichtsschreibung gilt dies in höchstem Maß. Diese ist zu einfalllos, zu eng, zu eitel und zu elitär. Wir können in der Philosophie über Sokrates habilitieren, Sokrates würde aber keinen Ruf bekommen, und zwar aus just dem Grund, dessentwegen wir ihn als philosophischen Habilitationsgegenstand anerkennen: intelligente kritische Unkonventionalität. Der Mainstream der Philosophiegeschichte ist gut erforscht und weitere Monographien zu Klassikern dürften schon lange nicht mehr den Großteil philosophiehistorischer Veröffentlichungen ausmachen, wenn die Philosophiegeschichte gesellschaftlich relevant sein soll. Die systematischen Fragen der Philosophie haben sich im 20. Jahrhundert durch die an der Mathematik und Physik orientierte Analytische Philosophie geändert und das argumentatorische Niveau wurde in der Folge von Frege auf zuvor unbekannte Höhen gehoben, auf die Philosophiegeschichtsschreibung hatte dies zuwenig Auswirkungen. Die Designer der Rationalität sind nicht nur in der Philosophie, sondern auch und vielleicht sogar maßgeblich in den Wissenschaften, insofern sie nicht eine unio in persona darstellen.

Forschungsstand

Laplace' Name ist auch heute noch bekannt: Mit ihm verbinden sich die Idee des Laplaceschen Geists, die Kant-Laplacesche Nebularhypothese, die Napoleon-Anekdote und vielleicht noch die Definition und Interpretation der Wahrscheinlichkeit. Sein Werk ist jedoch weitgehend ungelesen, obwohl es für die Philosophie, für die Entwicklung der Physik und der Kultur- und Geistesgeschichte von zentraler Bedeutung ist. Alexandre Koyré sagt zu recht:

„Si j'avais pris tout à fait à la lettre de ma communication: les cosmologies scientifiques, c'est-à-dire celles qui poussent jusqu'au bout la séparation, et donc la déshumanisation, du cosmos, je n'aurais vraiment pas grand-chose à dire et j'aurais dû commencer tout de suite avec l'époque moderne, probablement avec Laplace.“¹⁴

Gemessen an seiner philosophiehistorischen Bedeutung ist Laplace schlecht erforscht. Das dürfte mehrere Gründe haben:

1. Seine Lebensleistung wird stärker naturwissenschaftlich als philosophisch eingeordnet.
2. Er setzt die Kosmologie Newtons um und verschärft ihre weltanschaulichen Konsequenzen; dennoch trat er in der Wissenschafts- und Philosophiegeschichtsschreibung nie aus dessen Schatten heraus.

¹³ Dieses Anliegen verfolgt Putnam in „Für eine Erneuerung der Philosophie“, Stuttgart 1997.

¹⁴ Alexandre Koyré: „Les étapes de la cosmologie scientifique“, in: ders., „Études d'histoire de la pensée scientifique“, Paris 1973, S. 87.

3. Die letzten Jahrzehnte seines Lebens fielen in die Zeit, in der naturwissenschaftliche Fakultäten gegründet wurden und die Naturwissenschaftler sich aufgrund der spekulativen Naturphilosophie von der Philosophie abwandten.
4. Die editorische Situation war und ist der Rezeption hinderlich: Die Gesamtausgabe ist im Handel schon lange nicht mehr erhältlich, befindet sich nicht unbedingt in Universitätsbibliotheken und falls doch, dann eher in den Regalen der Mathematik und Physik als in denen der Philosophie. Aus der obigen Darstellung der Laplace-Editionsgeschichte geht hervor, daß außerhalb der Akademie-Ausgabe die französischen Texte um 1967, als in Frankreich die Neudrucke erstellt wurden, bereits seit etwa 150 Jahren nicht mehr erhältlich waren.
5. Laplace frohlockt nicht mit Lyrik. Schon die intendiert populärwissenschaftliche Exposition *du système du monde* ist trocken und schwer und dürfte nach heutigen Wissenschafts-PR-Kriterien nicht zweckgeeignet sein. Ohne eine Vertrautheit mit der Denkweise der theoretischen Mechanik und der Begrifflichkeit der Himmelsmechanik kommt man nicht weit. Um beispielsweise eine beiläufige Kritik an Eulers teleologischer Interpretation des Prinzips der kleinsten Wirkung zu verstehen, sind profunde Kenntnisse der klassischen Mechanik unabdingbar. Doch deren Stand bei Euler, d'Alembert, Lagrange und Laplace ist hoch und vor der mathematisch-physikalischen Virtuosität und Kreativität dieser Köpfe kann man sich nur verneigen.

Diese fünf Gründe sind dafür verantwortlich, daß es zu Laplace keine einzige philosophische Monographie gibt und er dem Kanon der Philosophiegeschichte nicht zugehörig ist. Nicht einmal thematische Verwandtschaft von philosophisch orientierter Fachliteratur garantiert sein Vorkommen: Das Buch „Sternstunden des Prometheus – Vom Weltbild zum Weltmodell“ (1998) von Ernst R. Sandvoss verfügt im Register über 26 Einträge zu Newton und keinen zu Laplace. Gleiches gilt für das 962 Seiten umfassende Werk: „Französische Aufklärung“, in dem das fünfte Kapitel dem „Beitrag der Naturwissenschaften zur Säkularisierung des Weltbilds“ gewidmet ist.¹⁵

In der Wissenschaftsgeschichte sieht es etwas besser aus. Es gibt drei Laplace-Monographien:

- H. Andoyer: „L'œuvre scientifique de Laplace“, Paris 1922.
- Charles C. Gillispie in Zusammenarbeit mit Robert Fox und Ivor Grattan-Guinness: „Pierre Simon Laplace, 1749–1827: A Life in Exact Science“, Princeton 1997, 2. Auflage 2000. Die Monographie ist die Ausarbeitung des Artikels im *Dictionary of Scientific Biography*. Der Untertitel zeigt den biographischen Charakter des Bandes an, den die Autoren beabsichtigen: Das Buch bietet eine

¹⁵ Siehe Ernst R. Sandvoss: „Sternstunden des Prometheus – Vom Weltbild zum Weltmodell“, Frankfurt 1998, S. 427 ff., und Winfried Schröder (Hrsg.): „Französische Aufklärung“, Leipzig 1974.

Lebens- und eine gute Werkbeschreibung, aber keine philosophische Rekonstruktion. Dieses Buch markiert den Stand der Forschung.

– Roger Hahn: „Pierre Simon Laplace – 1749–1827, A Determinated Scientist“, London 2005. Hahns Anspruch liegt darin, die biographischen Leerstellen von Gillispie auszufüllen und über Laplace' Rolle in der Gesellschaft, seine Haltungen in Politik und Religion und sein Familienleben zu schreiben; seit Diogenes Laërtios ist letzteres in der Philosophiegeschichtsschreibung toleriert. Das Buch bietet einiges zur Philosophie, jedoch häufig auf einer schwer nachvollziehbaren Basis von „unpublished papers“, was zu gleichsam schwer nachvollziehbaren Philosophiezuweisungen führt. Hahns Plan einer intellektuellen Biographie beruht also nicht nur auf Veröffentlichungen und erscheint schon philologisch in vielem spekulativ; ich halte Hahns Buch für verzerrend.

Außerhalb der genannten Biographien gibt es Aufsätze, die ebenfalls eher Laplace' streng naturwissenschaftlichen oder wahrscheinlichkeitstheoretischen als die philosophischen Aspekte in den Mittelpunkt rücken; die tendenziell berechnete, aber doch zu einseitige Einordnung von Laplace als Naturwissenschaftler setzt sich hier fort.

Philologisches

Weder die Exposition du système du monde noch die Mécanique céleste geben darüber hinreichend Auskunft, woher Laplace sein Wissen hat. Verlässliche Aussagen sind aufgrund der von ihm verwendeten Bücher nicht mehr möglich; ein Brand hat seine nachgelassene Bibliothek 1925 vernichtet.¹⁶

Der wissenschaftliche Werdegang ist von Studium, kurzzeitiger wissenschaftlicher Lehre an der École normale, wissenschaftlicher Tätigkeit im Auftrag der Regierung und der Akademiemitgliedschaft geprägt. Vieles dürfte durch Gespräche vermittelt worden sein. Man findet nahezu wörtliche Übereinstimmungen von Stellen bei Laplace und bei Lagrange, ich sehe aber nicht, daß man Lagranges Mécanique Analytique als direkte Vorlage bei der Ausarbeitung der Exposition du système du monde betrachten kann, insofern sie nicht als Zitat markiert sind. Laplace schreibt beispielsweise: „Galilée jeta les premiers fondements de la science du mouvement [...]“¹⁷ Lagrange: „Galilée est celui qui en [der Dynamik] a jetté les premiers fondemens.“¹⁸ Wörtliche oder fast wörtliche Übereinstimmungen kommen nur bei solchen umgangssprachlich sehr einfachen Sätzen vor.

Zurückhaltung bei der Zusprechung von Lektüre ist insbesondere dann geboten, wenn es um heute gut erschlossene Autoren geht, die für eine Innovation, z. B. Copernicus oder Galilei, oder eine Philosophie, z. B. Leibniz, stehen. Daß Laplace die neuzeitliche Naturwissenschaft mit Galilei ansetzt, impliziert nicht,

¹⁶ Siehe Roger Hahn: „Laplace as a Newtonian Scientist“, S. 11.

¹⁷ SdM, S. 151.

¹⁸ Joseph Louis Lagrange: „Mécanique Analytique“, Paris 1788, S. 158.

daß er ihn gelesen hat.¹⁹ – Die damalige Situation war von unserer nicht unterschieden: Ein Bruchteil derer, die Euklidische Mathematik betreiben, kennen die Elemente. – Das mechanische Wissen von Galilei und die Keplersgesetze sind zum Kanon der Mechanikausbildung geworden und haben sich von ihren historischen Quellen abgelöst. Gleiches gilt bei Leibnizens Satz vom Grund. Autoren wie Galilei, Kepler oder Leibniz werden nicht zitiert; Laplace zitiert ohnehin sehr wenig. Eventuell kannte Laplace einige Texte aus seiner Studienzeit in Caen, ich sehe aber keinen Anlaß zur Annahme, daß ihm z. B. Leibniz noch durch Primärliteratur präsent war.²⁰ Texte, die vermutlich verwendet wurden, sind Voltaires „Elémens de la Philosophie de Neuton“, „La Métaphysique de Neuton ou Parallèle des Sentiments de Neuton et de Leibnitz“ und die Encyclopédie von Diderot und d’Alembert. Im 18. Jahrhundert haben viele Autoren ihre Systematiken historisch ein- oder hergeleitet, z. B. d’Alembert und Lagrange.²¹ Auch daraus kann Laplace’ historisches Wissen genommen sein. Letztlich bleiben die genauen Wege der Wissensvermittlung nicht nachvollziehbar.

Im Folgenden arbeite ich mit französischen Übersetzungen, insofern sie zu Laplace’ Lebzeiten verfügbar waren.²² Daß er mit Übersetzungen gearbeitet hat, läßt sich philologisch anhand von Newtons Principia und von den Optics nachweisen. Beide lagen im 18. Jahrhundert ins Französische übersetzt vor: 1. die Übersetzung der Philosophiae Naturalis Principia Mathematica von du Chastellet (1759); 2. die Optics in der Übersetzung von Coste (1722) und von Marat (1787). Ein philologischer Nachweis der Verwendung der Übersetzung von Chastellet ist leicht zu führen. Ein Zitat ist unverändert aus ihrer Übersetzung entnommen: „Tous ces mouvements si réguliers n’ont point de causes mécaniques; puisque les comètes se meuvent dans des orbés fort excentriques, & dans les parties du ciel.“²³ Daß Laplace mit der älteren Optics-Übersetzung von Coste gearbeitet hat, zeigt ein Zitat aus den Optics, Question XXXI. Laplace zitiert:

¹⁹ Vgl. Smith über Newton: „The two most prominent books presenting mathematical theories of motion before the Principia were Galileo’s *Two New Sciences* (1638) and Huygens’s *Horologium Oscillatorium* (1673). Newton almost certainly never saw the former, but he knew the latter well, and it together with Galileo’s *Dialogues on the Two Chief World Systems* (1632) and various secondary sources made him familiar with Galileo’s results.“ (George E. Smith: „The methodology of the Principia“, in: I. Bernard Cohen, George E. Smith (Hrsg.): „The Cambridge Companion to Newton“, Cambridge 2002, S. 142.)

²⁰ Auch Roger Hahn betont, daß die Quellen von Laplace schwer nachzuvollziehen seien (Roger Hahn: „Laplace“, S. 53–57).

²¹ Zur Funktion historischer Ausführungen in neuzeitlicher Wissenschaftsliteratur siehe weiter unten, Kapitel IV.3.

²² Laplace beherrschte die englische Sprache nicht (siehe Roger Hahn: „Laplace“, S. 59).

²³ Newtons scholium generale, zit. nach Laplace, SdM, S. 479, in der Übersetzung von Chastellet S. 175.

„Un destin aveugle“, dit-il, „ne pouvait jamais faire mouvoir ainsi toutes les planètes, à quelques inégalités près à peine remarquables, qui peuvent provenir de l’action mutuelle des planètes et des comètes, et qui probablement deviendront plus grandes par une longue suite de temps, jusqu’à ce qu’enfin ce système ait besoin d’être remis en ordre par son auteur.“²⁴

Costes Übersetzung von 1722:

„Car tandis que les Cometes se meuvent en tous sens dans des Orbes extrêmement excentriques, un Destin aveugle ne pouvoit jamais faire mouvoir toutes les Planetes en un même sens dans des Orbes concentriques, à quelques irrégularités près, de nulle importance, lesquelles peuvent provenir de l’action mutuelle que les Cometes & les Planetes exercent les unes sur les autres, & qui seront sujettes à augmenter jusqu’à ce que ce Système ait besoin d’être réformé [...].“²⁵

Marats Übersetzung von 1787:

„Tandis que les comètes se meuvent en tous sens dans des orbes très-excentriques, comment un destin aveugle feroit-il mouvoir toutes les planètes en un même sens dans des orbes concentriques, à quelques petites irrégularités près, qui peuvent provenir de l’action réciproque des comètes & des planètes, & qui pourront augmenter jusqu’à ce que ce système ait besoin d’être réformé?“²⁶

Auch wenn das Zitat nicht wörtlich wiedergegeben ist und Laplace die Stelle seinem Vokabular angepaßt hat, ist die teilweise wörtliche Übereinstimmung mit der Version von Coste ein Indiz für die Arbeit mit dessen Version. Die Gründe für die Verwendungen einer Ausgabe bei mehreren zur Verfügung stehenden dürften sich nicht von den heutigen Gründen unterscheiden: Eine Ausgabe steht im Regal, und ein Austausch oder die Zweitanschaffung ist nicht erforderlich. – Wir müssen uns damit abfinden, daß die philologische Strenge heutiger geisteswissenschaftlicher Arbeiten im 18. Jahrhundert nicht zum Standard gehört, vor allem nicht bei naturwissenschaftlichen Texten. Es werden nicht nur Zitate nie lokalisiert, sondern auch verändert oder entstellt. Laplace ist dort keine Ausnahme, wie ein Blick in die Werke von Euler, d’Alembert, Lagrange oder auch Voltaires *Métaphysique de Neuton* zeigt.

²⁴ Newtons queries, zit. nach Laplace, SdM, S. 479.

²⁵ Newton: „*Traité d’Optique sur les Reflexions, Refractions, Inflexions, et les Couleurs, de la Lumiere*“, übersetzt von M. Coste, 2. Aufl., Paris 1722, S. 489–490.

²⁶ „*Optique de Newton – Traduction Nouvelle*“, übersetzt von Marat, Bd. II, Paris 1787, S. 276.

I. Wissenschaftliche Errungenschaften

In diesem Kapitel werden die Aspekte von Laplace' wissenschaftlicher Arbeit in dem Maß dargelegt, in dem sie für das Verständnis von seiner Methode, seiner Methodenlehre und seines Weltsystems erforderlich sind. Das ist der Grundgedanke der Exposition du système du monde selbst: Laplace verzichtet in ihr auf Formalismen und Berechnungen und beschränkt sich auf Ergebnisse, die ihm für die Darstellung des Weltsystems relevant erscheinen. Die theoretischen Arbeiten befinden sich in den zahlreichen Mémoires und in der Mécanique céleste. Die Exposition umfaßt nicht nur die Ergebnisse, die Laplace selbst erarbeitet hat, sondern sie bietet auch Darstellungen grundsätzlicher Neuerungen der neuzeitlichen Mechanik, vor allem der von Newton. Laplace leitet z. B. im Buch IV, Kapitel 1 der Exposition die $1/r^2$ -Proportionalität des Gravitationsgesetzes her, verzichtet aber auf eine formale Darstellung, die er in der Mécanique céleste, Buch II ausführt. Die Argumentation zur Herleitung des Produkts zweier Massen im Gravitationsgesetz wird weder in der Exposition noch in der Mécanique céleste präzise rekonstruiert. Das $1/r^2$ -Element ist freilich historisch bedeutender, da die Keplergesetze vom Quadrat des Abstands abhängen. Laplace sagt zum Produkt $m_1 \cdot m_2$ lediglich: „On a vu que si les planètes et les comètes étaient placées à la même distance du soleil, leurs poids vers cet astre, seraient proportionnels à leurs masses“.¹

Wie enorm die Wirkungsmacht von Newtons Entdeckungen im 18. Jahrhundert ist, verdeutlicht Laplace' Précis de l'Histoire de l'Astronomie. Der Précis schließt mit der Darlegung: „De la découverte de la pesanteur universelle“, in dem Newton als „un homme de génie“ gelobt wird.² Newtons Identifikation der Kraft, die die Körper auf der Erde anzieht, mit der, die den Mond auf der Bahn hält, war zu Laplace' Zeiten offenbar noch kein Wissen, das zu den Selbstverständlichkeiten naturwissenschaftlicher Allgemeinbildung gehörte. Laplace adelt Newton:

„Malgré ces défauts inévitables, l'importance et la généralité des découvertes sur ce système [dem Weltsystem Newtons] et sur les points les plus intéressants de la Physique mathématique, un grand nombre de vues originales et profondes, qui ont été le germe des plus brillantes théories des géomètres du

¹ SdM, S. 211.

² SdM, S. 455.

dernier siècle, tout cela présenté avec beaucoup d'élégance, assure à l'ouvrage des Principes, la prééminence sur les autres productions de l'esprit humain."³

Es sei betont, daß die Übersetzung von Newtons Principia durch die Marquise du Chastellet zum Zeitpunkt der ersten Auflage der Exposition 37 Jahre zurück lag. Seit der Ausarbeitung der analytischen Mechanik durch Lagrange (1788) war nur ein Jahrzehnt vergangen und die Erschließung ihres Anwendungsbereichs stand noch am Anfang.

Worum es geht: In der Himmelsmechanik werden Planetenpositionen berechnet, die in erster Näherung den Kepler-Gesetzen entsprechen. Die Kepler-Gesetze stimmten, wenn das Sonnensystem ein Zwei-Körper-System wäre und nur aus Sonne und einem Planeten bestünde. Die Bahnen der Planeten werden jedoch durch die gravitative Wechselwirkung mit dritten Körpern verändert. Die Aufgabe der Störungsrechnung ist, die Änderung der Bewegung der Planeten um die Sonne zu berechnen.⁴ Laplace betont an mehreren Stellen der *Œuvre* drei himmelsmechanische Errungenschaften⁵:

1. die Theorie der Mondungleichheiten;
2. die Theorie der Jupitersatelliten;
3. die Theorie der Jupiter- und Saturnstörung.

Die jeweiligen Bewegungsgesetze gelten im *Précis de l'histoire de l'Astronomie* als die Naturgesetze „les plus remarquables“.

Neben diesen drei Neuerungen besteht Laplace' Anliegen auch darin, den empirischen Grund der Himmelsmechanik darzustellen. Daher beginnt die Exposition mit zwei Beschreibungen: Livre I: „Des mouvements apparents des corps célestes“; Livre II: „Des mouvements réels des corps célestes“. Schon in diesen als Beschreibungen angelegten Büchern begegnen dem Leser Darstellungen sehr unterschiedlicher Niveaus. Laplace ist in dieser populärwissenschaftlichen Schrift bemüht, die Himmelsmechanik in ihren Grundlagen vorzustellen und selbst für die Annahme der Erdbewegung bzw. für die Heliozentrik zu argumentieren. Zu den Grundlagen gehören Informationen wie, daß Sterne auf und untergehen, oder die Keplergesetze.⁶ Ich beschränke mich im Folgenden auf die Neuerungen, die Laplace als Verbesserungen gegenüber Copernicus, Kepler und Newton anführt.

³ SdM, S. 461.

⁴ Himmelsmechanische Störungsrechnung sind sehr kompliziert. Die Formeln heutiger Mondtheorie beispielsweise bestehen aus mehreren hundert Gliedern.

⁵ Siehe neben der Exposition du système du monde und der *Mécanique céleste* auch das Kapitel „Application du Calcul des Probabilités à la Philosophie naturelle“ im „Essai philosophique sur les probabilités“, OC, Bd. VII, S. LVI ff.

⁶ Anscheinend ist in populärwissenschaftlichen Darstellungen zur Kosmologie Grundlegendes nicht vermeidbar. Hans-Heinrich Voigt führt in „Das Universum“ an, daß Sonne, Mond und Sterne im Osten auf- und im Westen wieder untergehen, und daß die tägliche Sternbewegung die Rotation der Erde widerspiegeln (Hans-Heinrich Voigt: „Das Universum“, Stuttgart 1994, S. 13).

1. Zur Erd-, Planeten- und Sternbewegung

Die Beschreibungen der scheinbaren und die der tatsächlichen Bewegungen unterscheiden sich dadurch von einander, daß im ersten Fall die Kinematik der Geozentrik, wie sie sich von der Erde aus darstellt, und im zweiten Fall die heliozentrische Kinematik beschrieben werden. Die Geozentrik entspricht eher dem Sinneseindruck, ist aber kinematisch komplizierter; historisch geht sie der Heliozentrik voraus. Daher sind die Beschreibungen der Planetenbewegung unterschiedlich lang. Die Beschreibungen der scheinbaren Bewegung der Planeten umfaßt 16 Kapitel, die der tatsächlichen Bewegung zehn Kapitel weniger. Laplace holt den Leser beim naiven Sinnesereignis des nächtlichen Himmels ab. Daß er zumindest bei der Beschreibung das geozentrische System ernst nimmt, zeigt die Mühe, mit der er zunächst die Sonnenbewegung beschreibt und an ihr die Keplergesetze entwickelt.⁷ Dies ist verwunderlich, da es nicht zu seiner später folgenden anthropozentrischen polemischen Deutung der Geozentrik paßt.⁸ Innerhalb der Darstellung der scheinbaren Planetenbewegung verwendet Laplace für die resultierende Bewegung die Bezeichnung: „le vrai mouvement de cet astre [der Sonne] autour de la Terre“⁹.

Der Grundgedanke bei der Erstellung einer zweiten Beschreibung ist, daß verschiedene topozentrische Beschreibung grundsätzlich möglich sind: Man kann nicht zwischen der Angemessenheit von Geo- und Heliozentrik ausschließlich durch Beobachtung der Planetenbewegung vom irdischen Standpunkt und durch die entsprechenden kinematischen Strukturen definitiv entscheiden. Schon auf der Ebene der kinematischen Beschreibung wird die Plausibilität der Heliozentrik mit kinematischen und dynamischen Argumenten begründet, wobei als einziges, beide Systeme relativierendes Argument angeführt wird, daß unter der Annahme der Erdrotation die Sternbewegung nicht andersartig erscheine:

„Mais les astres se présentent à nous de la même manière, soit que le ciel les entraîne autour de la Terre supposée immobile, soit que la Terre tourne en sens contraire sur elle-même, il paraît beaucoup plus naturel d'admettre ce dernier mouvement et de regarder celui du ciel comme une apparence.“¹⁰

Dabei geht es nicht nur um die alte Frage, ob sich der Himmel oder die Erde täglich dreht, sondern auch um präzisere Phänomene wie die Präzession der Tag- und Nachtgleichen. Die Himmelspole scheinen sich um die Rotationsachse der Erde zu drehen, wobei die Himmelssphäre die Sterne mitbewegt. Hält man die Distanzen der Pole bei und spricht statt den Himmelspolen der Rotationsachse

⁷ Siehe zu den ersten beiden Keplergesetzen SdM, S. 11 und zum dritten Keplergesetz SdM, S. 130.

⁸ Siehe unten Kapitel IV.2.

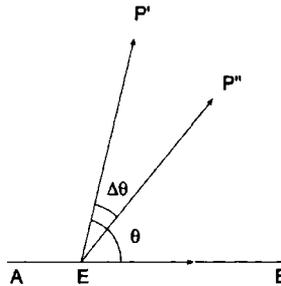
⁹ SdM, S. 7.

¹⁰ SdM, S. 112.

der Erde die Bewegung zu, so wird wie bei der täglichen Himmelsbewegung die Bewegung der Himmelspole zur bloßen Erscheinung relativiert.

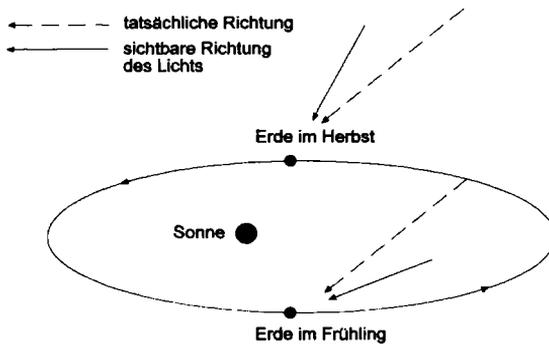
Weitere dynamische oder analogische Argumente für die Erdbewegung sind zahlreich: Wir sehen, daß sich auch andere Planeten drehen und eine Polabplattung haben, wie sie sich auch bei der Erde nachweisen läßt. Ferner muß die Zentrifugalkraft am Äquator größer als an den Polen bzw. die Körper müssen dort leichter sein, was Pendelversuche bestätigen. Auch wenn die Kapitelüberschriften eine bloße kinematische Beschreibung vermuten lassen, liegt im zweiten Buch keine strenge Trennung von Beschreibung und dynamischer Erklärung vor.

Interessant und wissenschaftshistorisch nicht zu den Standardelementen der traditionsreichen Diskussion um Geozentrik versus Heliozentrik gehörend ist die Ausführung zur Aberration: Die Fixsterne bewegen sich in Laplace' Darstellung scheinbar auf einem kleinen Kreis, der parallel zur Ekliptik verläuft. Der Mittelpunkt des Kreises wird durch die mittlere Position des Sterns bestimmt, wobei der Kreisdurchmesser nach Laplacescher Angabe einen Durchmesser von $125''$ hat. Die Aberration kommt bei einer stationären Lichtquelle zustande, wenn sich der Beobachter im Winkel zu den Lichtstrahlen bewegt.



Beobachter E bewegt sich von A in Richtung B und sieht das Objekt P' an der Stelle P''.

Wendet man die Gesetzmäßigkeit der Aberration auf die Erde und die Fixsterne an, so findet eine scheinbare Verschiebung der Fixsterne an der Himmelskugel in der Richtung statt, in der die Erde sich gerade relativ zum Fixstern bewegt. Es gibt aufgrund der Bahnellipse der Erde ein Kontinuum von Richtungen, die bei ekliptiknahen Sternen in Konjunktion und in Opposition im rechten Winkel zu den Lichtstrahlen eines Sterns stehen; die Fixsterne schwanken somit scheinbar hin und her (stellare Aberration):



Der Wert ist gering, da die Geschwindigkeit der Erde gegenüber der Lichtgeschwindigkeit klein ist, sie ist aber nicht unmerklich. In der Literatur wird der Wert mit 20 Bogensekunden angegeben.¹¹

Das Argument setzt die Einsicht in die Endlichkeit der Lichtgeschwindigkeit voraus, die 1676 vom dänischen Astronom Ole Rømer bestimmt wurde. Laplace berichtet Rømers Entdeckung im systematischen Teil der Exposition, nicht im Précis.¹² Rømer hatte beobachtet, daß die scheinbaren Verfinsterungen der Jupitermonde in den Quadraturen sich verfrühten oder sich verspäteten. Seine Deutung dieses Phänomens war, daß die Übertragung des Lichts nicht instantan geschehe, sondern das Licht eine endliche Geschwindigkeit besitze.¹³ Die mittlere Verfinsterungsdauer des Jupitermonds Io beträgt 42 Stunden, 28 Minuten und 28 Sekunden. Wenn die Erde sich auf den Jupiter zu bewegt, dann geht sie dem Jupiter 560 000 Meilen entgegen. Bei dieser Bewegung erscheint die Jupitermondverfinsterung 14 Sekunden früher, woraus als Wert der Lichtgeschwindigkeit von 40 000 Meilen/Sekunde folgt. Entfernt die Erde sich vom Jupiter, erscheint die Jupitermondverfinsterung 14 Sekunden später.¹⁴ Laplace zieht aus der stellaren Aberration das Fazit:

„[...] leur [der Fixsterne] mouvement annuel n'est donc qu'une illusion produite par la combinaison du mouvement de la lumière avec celui de la Terre. Ses rapports avec la position du Soleil pouvaient faire soupçonner qu'il n'est qu'apparent; mais l'explication précédente le prouve avec évidence.“¹⁵

¹¹ Siehe Simon Mitton (Hrsg.): „Cambridge Enzyklopädie der Astronomie“, Berlin 1978, S. 441.

¹² Siehe SdM, S. 116–117.

¹³ Der Bericht darüber befindet sich im Journal des Scavans, 7. Dezember 1676. Von Rømer selbst gibt es keine Monographien (siehe dazu I. Bernard Cohen: „Roemer and the first determination of the velocity of light (1676)“, in: Nr. 84, Isis XXXI (2), April 1940, S. 327–379; Cohen bietet ein Faksimile des Artikels).

¹⁴ Dies sind die Einheiten und Größen der Darstellung in Adolph Drechsler: „Illustriertes Lexikon der Astronomie“, Leipzig 1881, S. 103, auf die ich verweisen möchte.

¹⁵ SdM, S. 118.