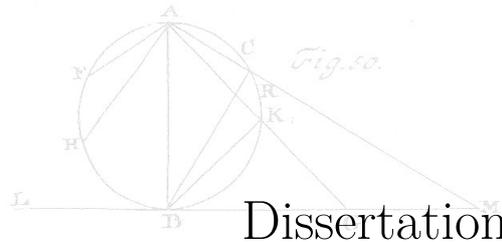


Émilie du Châtelets

Institutions physiques

Über die Grundlagen der Physik



Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades
eines Doktors der Philosophie (Dr. phil.)

im Fach Philosophie

an der Fakultät für Kulturwissenschaften

der Universität Paderborn



vorgelegt von:

Andrea Reichenberger

Erstgutachter: Prof. Dr. Volker Peckhaus

Zweitgutachter: Prof. Dr. Ruth Hagengruber

Disputation: 14. Juli 2014

Note: summa cum laude

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	4
1 Einleitung	5
1.1 Thema und Forschungsstand	5
1.2 Problemstellung und Ziel	12
1.2.1 Zwischen Newton und Leibniz	12
1.2.2 Zur Newton-Rezeption im 18. Jahrhundert	16
1.2.3 Zur Leibniz-Rezeption im 18. Jahrhundert	17
1.2.4 Leibniz contra Newton?	21
1.2.5 Du Châtelets Rezeption	25
2 Du Châtelet: Vita und Œuvre	31
2.1 Biographischer Abriss	31
2.2 Werke und Editionsgeschichte	33
2.2.1 Principes mathématiques	33
2.2.2 Éléments de la philosophie de Newton	37
2.2.3 Dissertation sur la nature et la propagation du feu	38
2.2.4 Institutions physiques	39
2.2.5 Essai sur l'optique	40
2.2.6 Grammaire raisonnée	40
2.2.7 De la liberté	41
2.2.8 Discours sur les miracles & Examens de la Bible	41
2.2.9 Discours sur le bonheur	42
2.2.10 La Fable des abeilles de Mandeville	44
2.2.11 Lettres	45
3 Du Châtelets <i>Institutions physiques</i> im historischen Kontext	47
3.1 Die Editionsgeschichte	47
3.2 Der Disput mit Jean-Jaques Dortous de Mairan	48
3.3 Newton in Frankreich	50
3.4 Der Vorwurf Johann Samuel Königs	53
3.5 Das Urteil Christian Wolffs	61
3.6 Der Briefwechsel mit Friedrich II.	67
3.7 Deutsch-Französische Übersetzungspolitik	81
3.7.1 Die Sozietät der Alethophilen	81

3.7.2	Jean Deschamps' <i>Cours abrégé</i>	84
3.7.3	Jean Henri Samuel Formeys <i>La belle Wolfienne</i>	86
3.7.4	Jean-Pierre de Crousaz' <i>Examen du Pyrrhonisme ancien et moderne</i>	88
3.7.5	Denis Diderots und Jean-Baptiste le Rond d'Alemberts <i>Encyclopédie</i>	92
3.7.6	Der Gottsched-Kreis	96
4	Du Châtelets architektonisches Programm	106
4.1	Aufbau und Inhalt der <i>Institutions physiques</i>	106
4.2	Die <i>Institutions physiques</i> als „Naturlehre“	109
4.3	Zwischen <i>Ratio</i> und <i>Empirie</i>	114
4.4	Zur Architektonik wissenschaftlicher Erkenntnis	118
4.5	Prinzipien und Hypothesen: Fundament und Gerüst	125
4.5.1	Die Herausforderung: <i>Hypotheses non fingo</i>	125
4.5.2	Die Crux mit den unendlich kleinen Größen	139
4.5.3	Du Châtelets Antwort	153
5	Von der Metaphysik als Wissenschaft zur Bewegungslehre	164
5.1	Von den Grundgesetzen der Mechanik	164
5.2	Von den Grundbegriffen der Mechanik	175
5.2.1	Raum und Zeit	175
5.2.2	Materie und Kraft	184
5.2.3	Trägheit und Schwere	190
6	Du Châtelets Beitrag zur <i>vis viva</i>-Kontroverse	199
6.1	Leibniz contra Descartes	199
6.2	Ein Streit um Worte?	207
6.3	Die Zuspitzung der Kontroverse im 18. Jahrhundert	212
6.4	Du Châtelets Verteidigung des Leibnizschen Kraftmaßes	215
6.5	Was bleibt von du Châtelets Metaphysik als Wissenschaft?	225
6.6	Von der <i>vis viva</i> zum Prinzip der kleinsten Wirkung	231
7	Schluss	239
	Literaturverzeichnis	243

Vorwort

Die vorliegende Arbeit geht auf die Tagung „Émilie du Châtelet und die Deutsche Aufklärung“ am *Forschungszentrum Europäische Aufklärung* in Potsdam im September 2006 zurück, welche von Frau Prof. Dr. Ruth Hagengruber und Herrn Prof. Dr. Hartmut Hecht mit Unterstützung von Frau Prof. Dr. Brunhilde Wehinger organisiert und geleitet wurde. Ohne Prof. Dr. Ruth Hagengruber, der ich die Mitwirkung an dieser Tagung zu verdanken habe, und ohne die mir dazu ermöglichten Studien am Lehr- und Forschungsbereich *History of Women Philosophers and Scientists* an der Fakultät für Kulturwissenschaften im Fachbereich Philosophie der Universität Paderborn wäre diese Arbeit nicht entstanden.

Die Tagung war gleichsam die „Initialzündung“ für mein Interesse nicht nur am Œuvre der französischen Mathematikerin, Physikerin, Philosophin und Universalgelehrten, sondern auch an der Philosophie des frühen 18. Jahrhunderts. Schnell wurde mir klar, dass das Thema eine eingehendere Beschäftigung mit der philosophie- und physikgeschichtlichen Tradition erforderte und die großen Namen eines Descartes', Newtons und Leibniz' nicht umgehen kann. Je tiefer ich in die „Materie“ eindrang, umso mehr wunderte ich mich über die Vielschichtigkeit und den Facettenreichtum der Physik- und Philosophiegeschichte, was mich bestärkte, am Beispiel Émilie du Châtelets *Institutions physiques* die Newton-Mechanik heutiger Lehrbücher einer wissenschaftshistorischen Kritik zu unterziehen.

Von unschätzbarem Wert waren für mich die Arbeiten Prof. Dr. Helmut Pultes und die Gespräche mit ihm, die mir wertvolle Anregungen gaben. Er wird mir stets ein großes Vorbild sein. Viel gelernt habe ich auch durch die Arbeiten und Diskussionen mit Herrn Prof. Dr. Hartmut Hecht und Dr. Dr. Dieter Suisky.

Der größte Dank gilt aber Herrn Prof. Dr. Volker Peckhaus in seiner beispiellosen Rolle als Betreuer der Arbeit. Ohne seine fachliche wie menschliche Unterstützung und schier endlose Geduld für meine Suche nach dem „passenden“ Aufhänger für das Thema wäre die Arbeit nie zu einem (guten) Ende gekommen. Ihm und nicht zuletzt den vielen anderen hier nicht Genannten möchte ich aufrichtig Dank sagen.

1 Einleitung

Die vorliegende Arbeit will anhand einer Fallstudie zu Émilie du Châtelets *Institutions physiques* einen Beitrag zu einer Wissenschaftsgeschichte leisten, die dem viel zitierten Leitspruch Imre Lakatos' folgt: „Wissenschaftsphilosophie ohne Wissenschaftsgeschichte ist leer; Wissenschaftsgeschichte ohne Wissenschaftsphilosophie ist blind“ (Lakatos 1982, 108).¹

Die Wissenschaft liefert mit ihrer Geschichte das Material und den Inhalt für wissenschaftsphilosophische Fragestellungen. Umgekehrt bestimmen wissenschaftsphilosophische Fragestellungen die Auswahl des historischen Quellenmaterials und stellen Orientierungsmuster und heuristische Leitlinien für deren Interpretation bereit. In dieser Studie wird das „Material“ – du Châtelets *Institutions physiques* – unter dem Gesichtspunkt der Newton-Rezeption des 18. Jahrhunderts und der damit verbundenen Auseinandersetzung um die methodologische Grundlegung der Mechanik untersucht.

In der folgenden Einleitung werden nach einem Überblick über das Thema und den Forschungsstand die Problemstellung und das Ziel spezifiziert und begründet. Es wird dafür argumentiert, dass du Châtelet mit ihren *Institutions physiques* einen Entwurf zu einer Architektonik wissenschaftlicher Erkenntnis vorgelegt hat, der in seiner Verbindung von Prinzipien- und Hypothesenlehre eine Alternative zum Empirismus/Rationalismus-Schema bietet, dem Wolfschen Ideal des „connubium rationis et experientiae“ verpflichtet ist und ein bis heute tragfähiges Modell wissenschaftlicher Theoriebildung und -begründung liefert.

1.1 Thema und Forschungsstand

Im Mittelpunkt der vorliegenden Arbeit stehen die *Institutions physiques de Madame la marquise du Chastellet adressés à Mr. son fils* im Kontext der *vis viva*-Kontroverse. Ohne Übertreibung kann man behaupten, dass das Werk Émilie du Châtelets seitens der Wissenschaftsgeschichtsschreibung wiederent-

¹ Dieser Satz spielt auf das berühmte Kantsche Diktum in der *Kritik der reinen Vernunft* an, dass Gedanken ohne Inhalt (bzw. Begriffe ohne Anschauungen leer und Anschauungen ohne Begriffe blind sind (Kant *KrV*, A51/B75). In der Literatur wird die Phrase „Gedanken ohne Inhalt“ oft synonym zu „Begriffe ohne Anschauungen“ gebraucht. Doch diese Gleichsetzung ist nicht selbsterklärend, wie Mario Caimi in seinem Aufsatz „Gedanken ohne Inhalt sind leer“ (Caimi 2005) darlegt.

deckt wurde. Zu du Châtelets Neubewertung trug eine Fülle neuer Forschungsarbeiten bei, die in englischer, französischer, deutscher, spanischer, sogar japanischer Sprache erschienen sind.

In den genderorientierten Arbeiten von Elisabeth Badinther, Patricia Fara, Linda Gardiner [Janik], Ruth Hagengruber, Julie Candler Hayes, Erica Harth, Sarah Hutton, Carolyn Iltis [Merchant], Keiko Kawashima, Judith P. Zinsser – um vorab nur einige Beispiele zu nennen – wurde Kritik an der einseitigen Vereinnahmung du Châtelets als Geliebte Voltaires geübt und ihre Bedeutung für die Philosophie und Wissenschaft des 18. Jahrhunderts herausgestellt.² Diesen Verdienst der Gender- und Frauenforschung heben beispielsweise Sarah Hutton in ihrem Artikel “Women, Science and Newtonianism: Emilie Du Châtelet Versus Francesco Algarotti” (Hutton 2004b) und Erica Harth in ihrer Studie *Cartesian Women: Versions and Subversions of Rational Discourse in the Old Regime* (Harth 1992) hervor. Nicht zu vergessen ist Robyn Arianrhods vergleichende Studie *Seduced by Logic: Émilie Du Châtelet, Mary Somerville and the Newtonian Revolution* (Arianrhod 2012).

Von der Vielzahl der Beiträge im deutschsprachigen Raum, die sich um die Aufarbeitung der Geschichte der Frauen in Philosophie und Wissenschaft bemühen, befassen sich speziell mit du Châtelet: Pia Jauch *Damenphilosophie & Männermoral. Von Abbé de Gerard bis Marquis de Sade. Ein Versuch über die lächelnde Vernunft* (Jauch 1990), Ulrike Klens *Mathematikerinnen im 18. Jahrhundert: Maria Gaetana Agnesi, Gabrielle-Emilie Du Châtelet, Sophie Germain. Fallstudien zur Wechselwirkung von Wissenschaft und Philosophie im Zeitalter der Aufklärung* (Klens 1994), Ursula I. Meyer *Die andere Philosophiegeschichte* (Meyer 2007) und *Aufklärerinnen* (Meyer 2009). Besonders hervorzuheben sind Ruth Hagengrubers Studien „Eine Metaphysik in Briefen. Emilie du Châtelet an Maupertuis“ (Hagengruber 1999) und „Gegen Rousseau und für die Physik: Gabrielle Emilie du Châtelet (1706–1749). Das Leben einer Wissenschaftlerin im Zeitalter der Aufklärung“ (Hagengruber 2002) sowie deren Herausgabe der Bände *Klassische philosophische Texte von Frauen* (Hagengruber 1998), *Von Diana zu Minerva. Philosophierende Aristokratinnen des 17. und 18. Jahrhunderts* (Hagengruber 2011a) und *Emilie du Châtelet Between Leibniz and Newton* (Hagengruber 2012a). Schließlich hat Frauke Böttcher in ihrer Dissertation *Das mathematische und naturphilosophische Lernen und Arbeiten der Marquise du Châtelet (1706–1749): Wissenszugänge einer Frau im 18. Jahrhundert* (Böttcher 2012) einen wichtigen Beitrag zur Erfor-

² Voltaire und du Châtelet zählen zu den berühmtesten Liebespaaren der Wissenschafts- und Geistesgeschichte. Deren Liaison ist beispielsweise Gegenstand des populärwissenschaftlichen Buches *Passionate Minds: The Great Love Affair of the Enlightenment* von David Bodanis (Bodanis 2006). Zur Rehabilitation du Châtelets als Wissenschaftlerin und Philosophin trägt diese Publikation nicht bei.

schung der Präsenz von Frauen in der Wissenschafts- und Bildungsgeschichte geleistet.

Als Zeichen internationaler Anerkennung ist zu werten, dass du Châtelet im Jahre 1746 in die *Accademia delle Scienze di Bologna* aufgenommen wurde.³ Bemerkenswert ist nicht zuletzt du Châtelets Darstellung im *Bildersal heutiges Tages lebender und durch Gelahrheit berühmter Schriftsteller*, eine Sammlung von Porträts und Biographien namhafter Persönlichkeiten, die in zehn Bänden (1741–1755) vom Augsburger Theologen Johann Jakob Brucker herausgegeben wurde (Brucker 1745).⁴

Erinnert sei auch an Emil Du Bois-Reymonds Rede „Voltaire in seiner Beziehung zur Naturwissenschaft“ (1868). Quellenkundig wird dargelegt, „daß der vertraute Umgang mit der ‚docte Emilie‘ und die Atmosphäre von Cirey, wo Samuel König, Clairaut, Maupertuis, Johann Bernoulli verkehrten, Voltaire zur Beschäftigung mit der Mathematik und Physik anregten“ (Du Bois-Reymond 1868, 7f.). Seiner geliebten Freundin sei er auf diesen Gebieten jedoch zeitlebens unterlegen geblieben, weshalb er nach ihrem Tod auf den Rat Clairauts hörte, „diese Wissenschaften lieber denen zu überlassen, die nicht zugleich große Dichter seien“ (ebd., 21).

Isaak Todhunter huldigte der Marquise in seiner historischen Studie *A History of the Mathematical Theories of Attraction and the Figure of the Earth: From the Time of Newton to that of Laplace* mit folgenden Worten: “A celebrated French lady translated Newton’s *Principia* and added a commentary” (Todhunter 1873, 361).⁵

Eine auch heute noch lesenswerte Biographie verfasste Julia Kavanagh in ihrem Buch *Woman in France During the Eighteenth Century* im Jahre 1850 (Kavanagh 1850, 155–184). Auch Kavanagh betont, dass du Châtelet Voltaire hinsichtlich der wissenschaftlichen, insbesondere der mathematischen Kenntnisse und Fähigkeiten übertroffen habe. Leider sei ihr mathematisches Talent heute

³ Man vergleiche diesbezüglich den Artikel von Mauro De Zan «Voltaire e Madame du Châtelet: Membri e Correspondenti dell’Accademia delle Scienze di Bologna» (De Zan 1987) sowie Massimo Mazzotti «Mme Du Châtelet académicienne de Bologne» (Mazzotti 2008). Bedenkt man, dass in allen anderen Akademien Europas Frauen grundsätzlich von der Mitgliedschaft ausgeschlossen waren, ist du Châtelets Ernennung zum korrespondierenden Mitglied umso höher zu bewerten, wie auch Eileen O’Neill betont (O’Neill 1998, 18).

⁴ Du Châtelets dortige Porträtierung hat John Iverson in “A Female Member of the Republic of Letters: Du Châtelet’s Portrait in the Bilder-Sal [...] Berühmter Schriftsteller” (Iverson 2006) untersucht. Eine ikonographische Studie am Beispiel diverser Darstellungen der Marquise aus dem 18. Jahrhundert stammt in demselben Band von Remy G. Saisselin “Portraiture and the Ambiguity of Being” (Saisselin 2006).

⁵ Du Châtelets *Principia*-Übersetzung wird auch in Jean-Étienne Montuclas renommierten *Histoire des mathématiques* zitiert (Montucla 1758, 314). Es können an dieser Stelle unmöglich alle Würdigungen der *Principia*-Übersetzung du Châtelets aufgeführt werden.

nahezu vergessen.⁶

Du Châtelet gehört sicher nicht zu den Frauen, deren Meriten seitens Wissenschaft, Geschichte und Forschung schlichtweg vergessen und ignoriert wurden. Eine systematische und quellenkritische Aufarbeitung und Interpretation des Œuvres du Châtelets findet jedoch erst in den letzten Jahrzehnten statt.⁷ In Anlehnung zu der von Richard S. Westfall eingeführten Redensart einer *Newtonian Industry*⁸ für die seit Mitte des 20. Jahrhunderts erfolgende Renaissance der Newton-Forschung in einer bisher nicht gekannten Breite und Tiefe könnte man auch von einer *du Châtelet Industry* sprechen.

Eine Reihe von Sammelbänden zu du Châtelets Leben und Werk dokumentieren die Pluralität und Kontroversalität des Denkens und Schaffens der Marquise und geben einen Überblick über den aktuellen Forschungsstand. Die Ergebnisse erweitern und vertiefen bisherige Kenntnisse und liefern in diesem Zusammenhang interessante und neue Interpretationen, zeigen aber auch, dass die Studien dazu bei weitem noch nicht abgeschlossen sind.

Einen Auftakt bildete der 2001 von François de Gandt edierte Sammelband *Cirey dans la vie intellectuelle. La réception de Newton en France* (De Gandt 2001). Die dort versammelten Beiträge sind nach vier Themenbereichen geordnet: « La vie a Cirey », « Les philosophes », « Voltaire newtonien » und « La physique de M.me du Châtelet ».

Eine weitere französischsprachige Publikation darf nicht unerwähnt bleiben: *Emilie du Châtelet, éclairages et documents nouveaux*, herausgegeben von Ulla Kölving und Olivier Courcelle (Kölving/Courcelle 2008). Die 28 Beiträge dieses Bandes gehen auf die Tagung « Tricentenaire de la naissance de la marquise Du Châtelet » zurück, die im Juni 2006 in der *Bibliothèque Nationale de France* Paris anlässlich des 300. Geburtstages du Châtelets stattfand und von der Ausstellung « Madame Du Châtelet. La femme des Lumières » begleitet

⁶ So schreibt Kavanagh in ihrem einige Jahre später erschienenen Buch *French Women of Letters: Biographical Sketches* (1862): “Madame du Chatelet’s mathematical talents are forgotten, and she will go down to posterity with the name of Voltaire” (Kavanagh 1862, 300). Zu demselben Ergebnis kommt Judith P. Zinsser in “Mentors, the Marquise Du Châtelet and Historical Memory” (Zinsser 2007b, 101). Erstaunlicherweise wird Kavanagh, über die Eileen Fauset das Buch *The Politics of Writing: Julia Kavanagh, 1824–77* (Fauset 2009) geschrieben hat, nicht einmal seitens der genderorientierten du Châtelet-Forschung zur Kenntnis genommen. Kavanagh wird weder in Judith P. Zinssers Buch *La Dame d’Esprit: A Biography of the Marquise Du Châtelet* (Zinsser 2006) bzw. in der Neuausgabe des Buches mit dem geänderten Titel *Emilie Du Châtelet: Daring Genius of the Enlightenment* (Zinsser 2007a) noch in anderen mir bekannten Biographien zitiert.

⁷ Lesenswert ist diesbezüglich die Einleitung Judith P. Zinssers in du Châtelets *Selected Philosophical and Scientific Writings*, insbesondere der Abschnitt “Du Châtelet’s Contemporary and Subsequent Reputation” (Zinsser/Bour 2009, 16–22).

⁸ Der genaue Titel des Aufsatzes lautet: “The Changing World of the Newtonian Industry” (Westfall 1976).

wurde, in der Exponate aus dem Nachlass der Marquise zu sehen waren. Aufschlussreich und nützlich ist die umfangreiche und kommentierte Bibliographie einschließlich eines Überblicks über die Rezeptionsgeschichte, mit der der Band abschließt.⁹

Nicht nur in Frankreich, auch in Deutschland fand zu Ehren des 300. Geburtstages du Châtelets eine Festveranstaltung statt. Die Tagung „Émilie du Châtelet und die Deutsche Aufklärung“ am Forschungszentrum Europäische Aufklärung in Potsdam im September 2006 wurde von Ruth Hagengruber und Hartmut Hecht mit Unterstützung von Brunhilde Wehinger organisiert und geleitet. Eine Reihe von Beiträgen (u. a. von Hartmut Hecht, Sarah Hutton, Fritz Nagel, Dieter Suisy und Ursula Winter), die sich schwerpunktmäßig mit der Positionierung du Châtelets zwischen Leibniz und Newton befassten, wurde von Ruth Hagengruber in dem Buch *Emilie du Châtelet Between Leibniz and Newton* ediert (Hagengruber 2012a). In ihrer fast 60 Seiten umfassenden Einleitung „Emilie du Châtelet Between Leibniz and Newton: The Transformation of Metaphysics“ hebt Hagengruber du Châtelets Bedeutung und Originalität hinsichtlich der Reformation der Metaphysik als Wissenschaft hervor. Abgerundet wird der Band mit einer von Ana Rodrigues erstellten detaillierten Bibliographie (Rodrigues 2012).¹⁰ Im Olms-Verlag soll ein weiterer Tagungsband erscheinen: *Émilie du Châtelet und die Deutsche Aufklärung*, herausgegeben von Ruth Hagengruber und Hartmut Hecht (Hagengruber/Hecht 2014).

Daneben erschien im angloamerikanischen Sprachraum ein Memorandum über du Châtelet mit dem Titel: *Emilie Du Châtelet: Rewriting Enlightenment Philosophy and Science* (2006), herausgegeben von Judith P. Zinsser and Julie Candler Hayes (Zinsser/Hayes 2006). Neben biographischen Inhalten, die die Persönlichkeit und das kulturelle Umfeld du Châtelets beleuchten, geht es auch hier um Fragen der philosophischen Einordnung und Bewertung du Châtelets.

⁹ Die Ausstellung « Madame Du Châtelet. La femme des Lumières » wurde in der *Bibliothèque Nationale de France* vom 7. März bis 3. Juni 2006 veranstaltet. Die Direktion lag bei Élisabeth Badinter und Danielle Muzerelle, welche auch den gleichnamigen Katalog zur Ausstellung herausgegeben haben (Badinter/Muzerelle 2006). Eine weitere Ausstellung « Madame Du Châtelet, une femmes de sciences et de lettres à Créteil » wurde an der Universität Paris vom 17. Oktober bis 17. Dezember 2006 unter Leitung von Mireille Touzery und Geneviève Artigas-Menant präsentiert. Der Ausstellungskatalog *Catalogue de l'Exposition Émilie du Châtelet (1706-1749), une femmes de sciences et de lettres à Créteil* (Touzery/Artigas-Menant 2006) kann unter folgender URL online abgerufen werden: <http://aura.u-pec.fr/duchatelet/Catalogue-expo-Du-Chatelet-Paris-12.pdf> [05.12.2013].

¹⁰ In diesem Sammelband erschien auch mein Beitrag “Leibniz’s Quantity of Force: A ‘Heresy’? Emilie Du Châtelet’s *Institutions* in the Context of the *Vis Viva* Controversy” (Reichenberger 2012). Ich danke Ruth Hagengruber und allen Tagungsteilnehmern für die freundliche Unterstützung dieser Arbeit, nicht zuletzt für die wertvollen Anregungen und hilfreichen Kommentare, ohne die vorliegende Studie nicht zustande gekommen wäre.

Die Sammelbände über du Châtelet geben Einblick in den Facettenreichtum, der sich mit ihrem Namen verbindet: als Aristokratin und Gesellschafterin, als Schriftstellerin und Übersetzerin, als Wissenschaftlerin und Wissenschaftspolitikerin, als Aufklärerin und Frauenrechtlerin, als Philosophin und Universalgelehrtin.¹¹ Wie unterschiedlich man du Châtelet porträtieren kann, zeigt auch ein Blick in die einschlägigen Biographien, die über sie verfasst worden sind. Viel zitiert wird Élisabeth Badinters *Émilie, Émilie ou l'ambition féminine au XVIIIe siècle* (Badinter 1983). Der französischen Frauenrechtlerin, Philosophin und Soziologin ist es zu verdanken, du Châtelets Bedeutsamkeit für die Philosophie und Wissenschaft der Aufklärung publik gemacht zu haben.¹²

Als die bisher fundierteste wissenschaftshistorische Biographie gilt Judith P. Zinssers *La Dame d'Esprit: A Biography of the Marquise Du Châtelet* (Zinsser 2006). In dieser Arbeit sowie in zahlreichen weiteren Artikeln hat Zinsser das wissenschaftliche und philosophische Vermächtnis der Marquise, ihren umfangreichen Diskurs und ihre briefliche Korrespondenz und schließlich ihr Engagement, Cirey zu einer Elite-Institution wissenschaftlicher Forschung und zu einem kulturellen Zentrum der französischen Aufklärung zu machen, hervorgehoben und damit die Ergebnisse bestätigt, zu denen schon Esther Ehrmann in *Mme du Châtelet. Scientist, Philosopher, and Feminist of the Enlightenment* (Ehrmann 1986) und Rene Vaillot in *Madame du Châtelet* (Vaillot 1978) gekommen sind.¹³

¹¹ Ähnlich spricht Judith P. Zinsser von "The Many Representations of the Marquise Du Châtelet" (Zinsser 2005).

¹² Badinter hat eine Reihe von weiteren Arbeiten über du Châtelet verfasst und herausgegeben, u. a. mit Jaqueline Duhême *Les passions d'Émilie, une femme d'exception* (Badinter/Duhême 2006). Gemeinsam mit Danielle Muzerelle wurde von Badinter der Katalog *Madame Du Châtelet: La femme des Lumières* zur Ausstellung «Madame Du Châtelet. La femme des Lumières» in der *Bibliothèque Nationale de France* Paris anlässlich des 300. Geburtstages du Châtelets erstellt (Badinter/Muzerelle 2006). Ein kurzes Resümee zieht Badinter in ihrem «Portrait de Mme Du Châtelet» (Badinter 2008).

¹³ Zu den frühesten du Châtelet-Monographien zählt Frank Hamels *An Eighteenth Century Marquise: A Study of Emilie du Châtelet and Her Times* (Hamel 1910). Man darf sich von dem relativ späten Erscheinungsdatum nicht täuschen lassen: Es gibt unzählige Biographien auch aus dem 18. und 19. Jahrhundert über du Châtelet; man findet diese zerstreut in Lexika, Handwörterbüchern, Zeitschriften und Sammelbänden. Erinnerung sei nur an Gustave Desnoiresterres' Eintrag «Du Châtelet (Gabrielle-Émilie Le Tonnelier de Breteuil, marquise)» in der *Nouvelle biographie* (Desnoiresterres 1855). Hervorzuheben ist auch die Aufnahme du Châtelets in Johann Christian Poggendorffs *Biographisch-literarisches Handwörterbuch zur Geschichte der exacten Wissenschaften* (Poggendorff 1863) und in Louis Iselys Bericht *Les femmes mathématiciennes: conférence académique du 23. février 1892. Hypathie, Emilie Du Châtelet, Marie Agnesi, Sophie Germain, Sophie Kowalewska* (Isely 1894). Leider fehlt bislang eine kritische deutschsprachige Monographie über du Châtelet. Die Übersetzung der populärwissenschaftlichen Bücher von Samuel Edwards' *The Divine Mistress: A Biography of Emilie du Châtelet, the Beloved of Voltaire* (Edwards 1970) bzw. *Die göttliche Gelieb-*

Judith P. Zinsser ist auch die Edition *Selected Philosophical and Scientific Writings* (Zinsser/Bour 2009) zu verdanken, in der erstmals englische Übersetzungen ausgewählter Passagen aus du Châtelets Werken gesammelt vorgelegt werden. Bei diesen handelt es sich um: “Bernard Mandeville’s The Fable of the Bees”, “Dissertation on the Nature and Propagation of Fire”, “Foundations of Physics”, “Examinations of the Bible”, “Commentary on Newton’s *Principia*” und “Discourse on Happiness”. Jedem der von Isabella Bour übersetzten Texte ist eine kritische Einleitung vorangestellt. In einer allgemeinen Einführung zu Beginn wird ein Abriss über die Vita und das Opus du Châtelets gegeben und der Status quo der du Châtelet-Forschung im Anschluss an einen historischen Rekurs zusammengefasst. Den einzelnen Übersetzungen sind jeweils Briefe aus der umfangreichen Korrespondenz du Châtelets beigelegt, die sich thematisch auf diese beziehen. Abgerundet wird die Edition durch eine Bibliographie. Diese fällt wesentlich kürzer aus als diejenigen, die Ulla Kölving und Olivier Courcelle in *Emilie du Châtelet, éclairages et documents nouveaux* (Kölving 2008) und Ana Rodrigues in *Emilie du Châtelet Between Leibniz and Newton* (Rodrigues 2012) bieten, und ist, von der Quellenliteratur abgesehen, weitgehend auf englischsprachige Literatur beschränkt. Trotz dieser Mängel ist mit dieser Publikation ein herausragender Beitrag zur du Châtelet-Forschung gelungen.

Du Châtelets Wiederentdeckung und Neubewertung zeigt vor allem, dass ihr Œuvre die Historiker vor keine einfachen, und doch elementaren und wichtigen Fragen der Datierung, Zuschreibung und Vollständigkeit stellt. Warum erschienen beispielsweise die *Principes mathématiques* erst zehn Jahre nach dem Tod du Châtelets? Welche Rolle spielte Alexis-Claude Clairaut, der du Châtelet bei ihrem Projekt unterstützend zur Seite stand? Welchen Anteil trug er bei der Übersetzung? Wie stark griff er nach dem Tod du Châtelets in den Text ein? Warum erschienen die *Institutions physiques* nicht als dreibändiges Kompendium wie ursprünglich von du Châtelet geplant? In welchem Bezug steht der *Essai sur l’optique* zu den *Institutions physiques*? Immerhin verweist du Châtelet darin auf ihre Arbeit zur Optik. Blieb der *Grammaire raisonnée*, der Teil des dreibändigen Werkes der *Institutions physiques* werden sollte, unvollendet oder sind nur Fragmente davon erhalten geblieben? Wann wurde er verfasst und in welchem Zusammenhang? Etc.

Was die Geschichte der Werke du Châtelets, die Autorschaft, Datierung und

te Voltaires: das Leben der Emilie du Châtelet (Edwards 1989) sowie von David Bodanis *Émilie und Voltaire: Eine Liebe in Zeiten der Aufklärung* (Bodanis 2007) schürt ein allzu verzerrtes du Châtelet-Bild. Die Sichtung und Auswertung der biographischen Darstellungen du Châtelets in Geschichte und Gegenwart ist ein Forschungsthema für sich. Man vergleiche dazu Lydia D. Allens Dissertation an der University of Cincinnati *Physics, Frivolity and “Madame Pompon-Newton”: The Historical Reception of the Marquise du Châtelet from 1750 to 1996* (Allen 1998).

Vollständigkeit betrifft, sind viele Fragen offen. Um diese zumindest teilweise lösen zu können, bedarf es weiterer Forschungsarbeit. Vielversprechend ist die beachtliche Zahl neuer kritischer Editionen und Studien, die demnächst erscheinen sollen. Denn so sehr die Pionierarbeiten insbesondere von Theodore Bestermann (Bestermann 1958) und Ira O. Wade (Wade 1947) zu würdigen sind, die mit ihren Publikationen grundlegende Quellen in den Archiven aufgespürt und der Öffentlichkeit zugänglich gemacht haben, spiegeln sie das Œuvre du Châtelets nicht vollständig wider.

Obwohl also noch „Puzzleteile“ fehlen,¹⁴ um du Châtelets Philosophie zu einem kohärenten Bild zusammenzufügen, zeichnet sich immer mehr ab, dass du Châtelets Werk kein zusammenhangloses Sammelsurium, sei es über Gott und die Willensfreiheit, über die Bewegungslehre und Geometrie, über die Rechte der Frauen und das Staatswesen, über das Glück und die Leidenschaft usw., ist, sondern die einzelnen Themen inhaltlich, methodisch und systematisch in unmittelbaren Zusammenhang stehen.

Die vorliegende Studie verfolgt ein sehr viel bescheideneres Projekt als du Châtelets Syntheseleistung im „Rundumschlag“ aufzuzeigen. Der Fokus richtet sich auf du Châtelets *Institutions physiques* aus dem Jahre 1742, wie das Buch *Institutions physiques de Madame la marquise du Chastellet adressés à Mr. son fils* der französischen Philosophin, Mathematikerin und Physikerin kurz genannt wird. Im Folgenden werden Problemstellung und Ziel der Arbeit näher erläutert.

1.2 Problemstellung und Ziel

1.2.1 Zwischen Newton und Leibniz

Ruth Hagengruber zufolge waren die *Institutions physiques* Émilie du Châtelets eine Provokation, die ihresgleichen sucht, ein „Coup“ (Hagengruber 2011a, 113):

Die angesehene Newtonianerin bezieht Position im Leibniz-Newton-Streit, dabei setzt sie der Newtonschen Physik die grundlegenden Überlegungen der Leibnizschen Metaphysik voraus.

¹⁴ Ein „blinder Fleck“ in der bisherigen du Châtelet-Forschung ist z. B. die Beziehung zu Julien Offray de La Mettrie. Man vergleiche dazu Ana Rodrigues' Übersetzung ausgewählter Textpassagen „Emilie du Châtelet, Julien Offray de La Mettrie und Pierre Louis Moreau de Maupertuis im Zwiegespräch über das Glück“ (Rodrigues 2011b) und Ruth Hagengrubers Ausführungen „What Does Julien Offray de La Mettrie Have to Do with Du Chatelet's Metaphysics?“ (Hagengruber 2012b, 47–49).

Man ist sich heute weitgehend darüber einig, dass du Châtelets *Institutions physiques* eine Synthese von Newtonianismus und Leibnizianismus darstellen. Bezeichnend, fast schon selbsterklärend dafür ist der Buchtitel *Emilie du Châtelet Between Leibniz and Newton* (Hagengruber 2012a). Doch fragt man nach, was „zwischen Newton und Leibniz“ heißt und worin die „uniqueness of her synthesis“ (Zinsser/Bour 2009, 19) besteht, wird man mit unterschiedlichen Antworten konfrontiert.

Mit Berufung auf Linda Gardiner Janiks Studie „Searching for the Metaphysics of Science: The Structure and Composition of Madame Du Châtelet’s *Institutions de physique*“ (Gardiner [Janik] 1982) spricht Erica Harth von einer „synthesis of Leibnizian metaphysics and Newtonian physics“ (Harth 1992, 194). Während Fernando Vidal die *Institutions physiques* zu einem „anti-Newtonian textbook“ (Vidal 2011, 285) erklärt, ist das Buch nach Meinung Sarah Huttons ungeachtet des nicht zu leugnenden Einflusses des Leibnizianismus als ein Dokument in der Geschichte des französischen Newtonianismus zu lesen. „Emilie du Châtelet’s *Institutions de Physique* as a Document in the History of French Newtonianism“ lautet der Titel des Aufsatzes Huttons, in dem sie schreibt (Hutton 2004a, 523):

Leibnizianism does not displace Newtonianism in the *Institutions*. Rather Leibniz’s views are treated as an extension of the overall discussion of physics, a supplement to Newton’s physics (in the domains of metaphysics and dynamics), rather than an alternative system of philosophy. So, while the work as a whole is not Newtonian, it is fair to characterise the natural philosophy that the *Institutions* promotes as Newtonian, or at least sympathetic to Newton.

Huttons Betonung des Einflusses des Newtonianismus auf du Châtelets Werk richtet sich gegen William H. Barber, der ihrer Ansicht nach die Präsenz des Leibnizianismus in den *Institutions physiques* überschätzt.¹⁵

Sowohl die Leibniz- als auch die Newton-Rezeption stand in Frankreich unter cartesischem Vorzeichen. Dass auch du Châtelet fundierte Kenntnisse über die

¹⁵ Sowohl in seiner Monographie *Leibniz in France from Arnauld to Voltaire. A Study in French Reactions to Leibnizianism, 1670–1760* (Barber 1955) als auch in seinem Aufsatz „Mme du Châtelet and Leibnizianism: the Genesis of the *Institutions de physique*“ (Barber 2006) betonte Barber du Châtelets Relevanz für die französische Leibniz-Rezeption und leistete damit eine wichtige Pionierarbeit in der du Châtelet-Forschung. Barbers Artikel ist mit einem kritischen Kommentar in dem bereits genannten Buch *Emilie Du Châtelet: Rewriting Enlightenment Philosophy and Science* wiederabgedruckt (Zinsser/Hayes 2006, 3–23).

Philosophie Descartes' besaß, belegen ihre *Institutions physiques* eindringlich. Susan Bordo stellt diesbezüglich fest (Bordo 1999, 239):

while her [du Châtelet's] philosophical focus is a synthesis of Leibnizianism and Newtonianism, Cartesianism is everywhere present in her work as an important influence.

Robert Locqueneux nennt Descartes bereits im Titel seines Aufsatzes « *Les Institutions de physique de Madame Du Châtelet ou d'un traité de paix entre Descartes, Leibniz et Newton* » (Locqueneux 1995). An dieser Stelle ließen sich neben Descartes, Leibniz und Newton viele weitere Namen nennen: Jakob, Johann und Daniel Bernoulli, Daniel Cramer, Leonhard Euler, James Jurin, Pierre-Louis Moreau de Maupertuis, Alexis Claude Clairaut, Pieter van Musschenbroek, Willem Jacob 's Gravesande usw. Sie alle werden in den *Institutions physiques* zitiert und kritisiert, sie alle nahmen auf die eine oder andere Art Einfluss auf das Denken du Châtelets und sie alle waren Eklektiker „irgendwo“ zwischen Descartes, Leibniz und Newton (die Trias könnte man ergänzen durch John Locke, David Hume etc.), so dass man zu dem Schluss kommen kann, den Margaret Alic zieht (Alic 1986, 144):

[The] *Institutions* went beyond the philosophies of Newton and Leibniz. Châtelet included historical background and the most recent developments in physics. In this way she managed to summarise almost all of seventeenth-century science.

Für ein besseres Verständnis der Positionierung der *Institutions physiques* zwischen Newton und Leibniz ist damit allerdings wenig gewonnen. Ordnet man Newtons Philosophie dem Empirismus und Leibniz' Philosophie dem Rationalismus zu und setzt zudem erstere mit dem Newtonianismus und zweite mit dem Leibnizianismus gleich, scheint Ulrike Klens' Behauptung einsichtig, dass du Châtelet „nach einem Mittelweg zwischen einem vorpositivistischen Empirismus auf der einen Seite und einem Systemrationalismus auf der anderen Seite“ (Klens 1994, 213) suchte.¹⁶

Unter den Wissenschaftshistorikern besteht heute allerdings ein breiter Konsens, dass der Siegeszug des Newtonianismus nicht mit dem Siegeszug der Naturphilosophie Newtons, die Mechanik Newtons nicht mit der Newtonschen Mechanik und die Newtonsche Mechanik nicht mit der klassischen Mechanik

¹⁶ Ursula I. Meyer übernimmt wortwörtlich die oben zitierte Interpretation Klens' ohne Zitangabe und ohne Quellenbeleg (Meyer 2007, 158).

gleichzusetzen ist. Dank der umfangreichen Erforschung, Edition und Auswertung des Newton-Nachlasses seit Mitte des 20. Jahrhunderts und ihrer gegenwärtigen enormen Forcierung durch die Methoden der modernen Digitalisierungstechnik¹⁷ wissen wir, dass Newtons Philosophie als Musterfall des Empirismus und Induktivismus nicht taugt.¹⁸ Dass Newton bis heute als Vertreter der baconischen Experimentaltradition vorgestellt wird, welcher in stikter Abgrenzung zur metaphysischen Naturphilosophie „der durch Beobachtung und Messung gekennzeichneten Erfahrung höchste Priorität“ (Schneider 1988, 10) beimaß, ändert nichts an der Tatsache, dass diese Behauptung schlichtweg falsch ist.¹⁹

¹⁷ Einen ausgezeichneten Überblick über die vielschichtige und verzweigte Geschichte des Newton-Nachlasses und über den Stand der bisherigen Editions-geschichte bietet das *Newton-Project*. Ziel dieses online-Digitalisierungsprojektes, welches 1998 ins Leben gerufen wurde, ist die vollständige Edition aller Manuskripte sowie des gesamten Nachlasses Newtons. Geleitet wird das Projekt derzeit von den beiden ausgewiesenen Newton-Kennern Robert Iliffe (University of Sussex) und Scott Mandelbrote (University of Cambridge). Die URL lautet: <http://www.newtonproject.sussex.ac.uk/prism.php?id=1> [05.12.2013]. Besonders vielversprechend ist die angekündigte Verlinkung und Synchronisation der Webseiten des Newton-Projektes der Universität Sussex mit anderen ähnlichen Web-Auftritten. Eine enge Kooperation besteht mit der Universität Cambridge, die ihre Newton-Sammlung (*Macclesfield Collection*) auf der Website der *Cambridge Digital Library* einem größeren Publikum zugänglich machen will. Darüber hinaus sollen langfristig alle lateinischen Texte ins Englische übertragen und die handgeschriebenen Notizen transkribiert werden. Die URL lautet: <http://cudl.lib.cam.ac.uk/collections/newton> [05.12.2013]. Dem britischen Newton-Projekt stehen zwei Tochterprojekte in Nordamerika zur Seite: Das Projekt *The Chymistry of Isaac Newton* an der Indiana University Bloomington widmet sich schwerpunktmäßig der Veröffentlichung der alchemistischen Schriften. Die Leitung liegt bei William R. Newman (Indiana University Bloomington). Die URL lautet: <http://webapp1.dlib.indiana.edu/newton/> [05.12.2013]. Im Mittelpunkt des *Newton Project Canada*, welches an der Universität des *King's College in Halifax* (Nova Scotia) angesiedelt ist und von Stephen D. Snobelen initiiert wurde, steht die Edition bislang unbekannter theologischer Schriften Newtons, beispielsweise zur Apokalypse. Die URL lautet: <http://www.isaacnewton.ca/> [05.12.2013].

¹⁸ Darauf hat u. a. wiederholt Helmut Pulte mit Rekurs auf ältere Forschungen, wie sie Clifford A. Truesdell geleistet hat, verwiesen. In seinem Aufsatz „Order of Nature and Orders of Science. Mathematical Philosophy of Nature from Newton and Euler to Kant and Lagrange: Some Observations and Reflections on Changing Concepts of Science“ zeigt Pulte, dass die axiomatisch-deduktive Methode der *Principia* Newtons einschließlich seiner metaphysischen Präsuppositionen wenig mit der späteren Stilisierung der Mechanik Newtons als empiristischer Musterfall gemein hat (Pulte 2001). Man vergleiche ergänzend dazu Pultes sehr viel ausführlichere Darstellung dieses Sachverhaltes in seiner Monographie *Axiomatik und Empirie. Eine wissenschaftstheoriegeschichtliche Untersuchung zur Mathematischen Naturphilosophie von Newton bis Neumann* (Pulte 2005).

¹⁹ Man konsultiere zum Vergleich die maßgeblichen Newton-Biographien, Richard S. Westfalls Buch *Never at Rest: a Biography of Isaac Newton* (Westfall 1980), welches 1996 auch im Deutschen unter dem Titel *Isaac Newton: eine Biographie* (Westfall 1996) erschienen

Ein Ammenmärchen ist auch, dass Newton mit seinen *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, kurz *Principia*, eine abgeschlossene Theorie der Mechanik vorgelegt hat, an deren bloßer „mathematischen Verschönerung“ man im 18. Jahrhundert hätte arbeiten müssen. Mit Newtons *Principia*, die 1687 erstmals im Verlag der Royal Society in London erschienen, wurde alles andere als ein abrupter Wechsel von der Impetustheorie zur Trägheitsmechanik vollzogen. Vielmehr hatte Newton mit seinen *Principia* einen Rohbau hinterlassen, dessen Fundament, die Bewegungsgesetze, höchst umstritten war.

1.2.2 Zur Newton-Rezeption im 18. Jahrhundert

Die heutige klassische Mechanik mit der uns vertrauten Formulierung der Bewegungsgleichungen als Differentialgleichungen, der Definition der Kraft als dem Produkt von Masse und Beschleunigung und dem Impuls- und Energieerhaltungssatz ist das Resultat der schrittweisen Modifikation und Interpretation der „Mathematischen Prinzipien“ Newtons, die ohne Rekurs auf andere große Denker und deren Theorien nicht möglich gewesen wäre. Damit verbunden waren tiefgreifende Bedeutungsverschiebungen innerhalb der physikalischen Terminologie- und Theoriebildung.²⁰

ist, sowie Alfred Rupert Halls *Isaac Newton. Adventurer in Thought* (Hall 1992). Lesenswert sind desweiteren Gale E. Christiansons beide Bücher *In the Presence of the Creator: Isaac Newton and His Times* (Christianson 1984) und *Isaac Newton and the Scientific Revolution* (Christianson 1996). Nicht zu vergessen ist Rob Iliffes Einführung *Newton: A Very Short Introduction* (Iliffe 2007).

²⁰ Ähnlich kritisch äußert sich Peter M. Harman: “It is conventional to denote the physics of the period 1700–1900, from the *Principia* to the advent of the relativity and quantum theories, as ‘classical’ or ‘Newtonian’ physics. These terms are not, however, very satisfactory as historical categories. The contrast between classical and ‘modern’ physics is perceived in terms that highlight the innovatory features of physics after 1900: the abandonment of the concepts of absolute space and time in Einstein’s theory of relativity, and of causality and determinism in quantum mechanics. ‘Classical’ physics is thus defined by ‘non-classical’ physics. The definitions and axioms of *Principia*, Newton’s exposition of the concepts of absolute space and time, and his statement of the Newtonian laws of motion, are rightly seen as fundamental to the 17th-century mechanization of the world picture. But Newton’s statement of the laws of motion was not perceived as straightforward and unproblematic by 18th- and 19th-century physicists; there was diversity of opinion over the status and meaning of these mechanical laws. The critiques of the Newtonian concepts of space and time by Leibniz and Berkeley should not be viewed as examples of a philosophical opposition to the emerging orthodoxy of classical mechanics, and as prefiguring non-classical developments, but as indicative of the diversity of 18th-century systems of natural philosophy” (? , 75). Insofern ist die Wissenschaftsgeschichte der klassischen Mechanik ein Beispiel par excellence, das zeigt, dass rivalisierende Paradigmen bzw. Forschungsprogramme langanhaltend koexistieren können, ohne zu „anarchischen“, die „normale“ Wissenschaftsentwicklung unterbrechende Phasen zu münden, wie Kuhns Paradimentheorie behauptet.

Franz Schupp geht im dritten Band seiner monumentalen *Geschichte der Philosophie im Überblick*, der die Neuzeit behandelt, sogar soweit zu behaupten, dass der Siegeszug des Newtonianismus darauf zurückzuführen ist, dass Newton durch die Brille Leibniz' gelesen wurde (Schupp 2003, 232):

Der Siegeszug des Newtonianismus ist, wie schon gesagt, nicht gleichzusetzen mit dem Siegeszug der Naturphilosophie Newtons. Im Newtonianismus der Aufklärung und der folgenden Periode wurden große Teile des Denkens Newtons in einer Weise „eingeklammert“, daß sich beinahe das Gegenteil von dem ergab, was er selbst angestrebt hatte. In Wirklichkeit wurde eine newtonsche Physik im Rahmen einer – mit ihr eigentlich unverträglichen – leibnizschen Metaphysik vertreten. Die Grundfrage der Auseinandersetzung zwischen Leibniz und Newton war ja die um die Geltung einer durchgängig mechanistisch-deterministischen Weltanschauung gewesen. Newton hatte eine solche Geltung bestritten, während sie durch die leibnizsche Annahme der besten aller möglichen Welten bestätigt schien: Diese Welt bedarf, wenn sie einmal geschaffen ist, keinerlei nicht-mechanistischer Erklärungen mehr.

Schupp trifft mit dieser Feststellung einen wichtigen Punkt: Die *Philosophia naturalis* Newtons wurde im Laufe des 18. Jahrhunderts kausal-mechanistisch und deterministisch uminterpretiert und zu einem allumfassenden Weltbild erhoben. Damit einher ging die Popularisierung Newtons zur Ikone der Aufklärung.²¹ Dies gilt insbesondere für die Newton-Rezeption außerhalb Großbritanniens, wie sie seitens der französischen und deutschen Aufklärungsbewegung im 18. Jahrhundert vertreten und propagiert wurde, und die bedingt durch den Einfluss Descartes' und Leibniz' rational geprägt war. Schupp hätte allerdings darauf hinweisen müssen, dass dabei auch große Teile der Philosophie Leibniz' (sowie Descartes') „eingeklammert“ wurden.

²¹ Zur Problematik der Newton-Rezeption im 18. Jahrhundert liegen eine Reihe von Arbeiten vor, u. a. von Patricia Fara: *Newton: The Making of Genius* (Fara 2002). Wesentlich fundierter, quellenkritischer und klarer aufgebaut ist Mordechai Feingolds Studie *The Newtonian Moment: Isaac Newton and the Making of Modern Culture* (Feingold 2004). Speziell mit der Newton-Rezeption im 19. Jahrhundert befasst sich Rebekah Higgitt in *Recreating Newton: Newtonian Biography and the Making of Nineteenth-Century History of Science* (Higgitt 2007a) und in „Discriminating Days? Partiality and Impartiality in Nineteenth-Century Biographies of Newton“ (Higgitt 2007b). Man vergleiche auch die Sammelbände *Newton and Newtonianism: New Studies* (Force/Hutton 2004) und *Newton and Newtonianism* (Mandelbrote 2004). Nicht zu vergessen ist in diesem Zusammenhang der von Betty Jo Teeter Dobbs und Margaret Jacob edierte Band *Newton and the Culture of Newtonianism* (Dobbs/Jacob 1995). Besonders hervorzuheben ist das dreibändige Kompendium *The Reception of Isaac Newton in Europe*, welches von Helmut Pulte und Scott Mandelbrote herausgegeben wird (Pulte/Mandelbrote 2013).

1.2.3 Zur Leibniz-Rezeption im 18. Jahrhundert

Was die Leibniz-Rezeption insbesondere im 18. Jahrhundert betrifft, bestehen interessante Parallelen zu derjenigen Newtons. Dass der Rationalismus Leibniz' viele Gesichter hat und auch empirische Züge trägt und somit die rationalistische Schublade für Leibniz viel zu eng ist, zeigen die Beiträge in dem von Marcelo Dascal herausgegebenen Buch *Leibniz: What Kind of Rationalist?* (Dascal 2008).

Bestätigt wird damit, was schon Hans Jürgen Engfer in *Empirismus versus Rationalismus? Kritik eines philosophiegeschichtlichen Schemas* (Engfer 1996) gezeigt hat: Die Gegenüberstellung von Empirismus und Rationalismus gehört zwar zu den am besten etablierten und am häufigsten angewandten Kategorien zur Klassifikation philosophischer Positionen, Strömungen und Schulen, ist aber zur systematischen Unterscheidung *gegensätzlicher* Positionen insbesondere der Philosophie des 17. und 18. Jahrhunderts nur bedingt tauglich. Problematisch ist darüber hinaus die Ineinsetzung der Philosophie Leibniz' mit dem Leibnizianismus. Bei aller Vielfalt der Leibnizbilder²² mit ihren regionalen, epochalen und thematischen Besonderheiten besteht eine Gemeinsamkeit darin, dass diese nur Rudimente der Philosophie Leibniz' enthalten. Gleiches gilt für Newton und den Newtonianismus. Dafür gibt es eine einfache Erklärung. Die Zahl der zu Lebzeiten Leibniz' veröffentlichten Arbeiten ist erstaunlich gering. (Gleiches gilt für Newton.) Eher kann man von einem Missverhältnis denn Verhältnis „zwischen seinen wenigen gedruckten Schriften und der ungeheuren Masse seiner handschriftlich gebliebenen Aufzeichnungen“ (Lorenz 2007, 65) sprechen.

Den Recherchen Stefan Lorenz' zufolge sind 78 Texte im Zeitraum zwischen Leibniz' erster gedruckten Arbeit *De Principio Individui* (1663) und seinem Tod 1716 selbstständig erschienen, darunter die *Dissertatio de arte combinato-*

²² Die Vielfalt der *Leibnizbilder im 18. und 19. Jahrhundert* illustriert der gleichnamige, von Alexandra Lewendoski herausgegebene Band (Lewendoski 2004a). Bezeichnend ist in diesem Zusammenhang auch das von Wolfgang Lefèvre edierte Buch *Between Leibniz, Newton, and Kant: Philosophy and Science in the Eighteenth Century* (Lefèvre 2001). Mit der Leibniz-Rezeption im 19. und 20. Jahrhundert befassen sich die Beiträge des von Ralf Krömer und Yannick Chin-Drian herausgegebenen Bandes *New Essays on Leibniz Reception: In Science and Philosophy of Science 1800–2000*, von Carl Friedrich Gauss, Georg Cantor und Kurd Lasswitz, über Bertrand Russell, Ernst Cassirer, Louis Couturat und Hans Reichenbach bis zu Hermann Weyl, Kurt Gödel und Gregory Chaitin (Krömer/Chin-Drian 2012). Wer sich fundiert über die Forschung zu Leibniz und der Leibniz-Rezeption (bis einschließlich des 18. Jahrhunderts) informieren will, sei die Zeitschrift *Studia Leibnitiana* empfohlen, die seit 1969 von der Gottfried-Wilhelm-Leibniz-Gesellschaft herausgegeben wird. In der Zeitschrift erscheinen in zwangloser Folge *Supplementa* und *Sonderhefte*, so der von Albert Heinekamp herausgegebene 26. Supplementband *Beiträge zur Wirkungs- und Rezeptionsgeschichte von Gottfried Wilhelm Leibniz* (Heinekamp 1986).

ria aus dem Jahre 1666, *Theoria motus abstracti seu rationes motuum universales* und die *Hypothesis physica nova*, beide aus dem Jahre 1671. Etwas über hundert Artikel und rund 250 Rezensionen wurden in Form unselbstständiger Publikationen in Zeitschriften und Journalen der damaligen Zeit abgedruckt (ebd., 66). Zu den wichtigsten Gelehrtenzeitschriften zählten die *Acta Eruditorum*, in denen beispielsweise Leibniz' Text „De primae philosophiae emendatione“ (1694) der Fachwelt Einblick in dessen philosophische Kerngedanken vermittelte, und das *Journal des Sçavans*. Dort wurde 1695 Leibniz' französischsprachige Schrift *Système nouveau* publiziert, die in Frankreich heftige Diskussionen hervorrief (Leibniz 1695b).

Auf den ersten Blick ist die Zahl der Veröffentlichungen durchaus beachtlich. Bereits im Jahre 1737 listete der Leipziger Wolffianer Carl Günther Ludovici im ersten Band seines *Ausführlichen Entwurfes einer vollständigen Historie der Leibnizischen Philosophie* 269 bis dato gedruckte Schriften und 47 Rezensionen auf (Ludovici 1737, § 260). Doch darf man sich davon nicht täuschen lassen. Abgesehen davon, dass die meisten dieser Texte nur wenige Seiten umfassen und sich aufgrund ihrer spezifischen Thematik nur an einen kleinen Leserkreis richten, ist deren Zahl gemessen an den nicht publizierten Manuskripten Leibniz' verschwindend gering.²³

Tatsächlich hat Leibniz zu Lebzeiten nur ein großes Werk herausgegeben: *Essais de théodicée sur la bonté de dieu, la liberté de l'homme et l'origine du mal*, kurz Théodicée bzw. Theodizee genannt (Leibniz 1710).²⁴ Bartholomäus des Bosses, der mit Leibniz eine umfassende Korrespondenz unterhielt, legte (anonym) 1719 die erste lateinische Übersetzung vor: *Godefridi Guilelmi Leibnitii Tentamina Theodicaeae de bonitate dei, libertate hominis et origine mali*. Die erste deutsche Fassung *Essais de Theodicée oder Betrachtung der Gütigkeit*

²³ Der Leibniz-Nachlass ist mit ca. 200 000 Blatt (weit überwiegend lateinisch, französisch, deutsch, zum kleineren Teil auch englisch, niederländisch, italienisch, russisch) einer der größten Gelehrtennachlässe überhaupt. Die Katalogisierung des Nachlasses begann 1901. Zwei Weltkriege, die nationalsozialistische Herrschaft, die deutsche Teilung und andere Faktoren haben den Fortgang der Edition erheblich behindert. 1985 wurde die Leibniz-Edition in das Akademienprogramm des Bundes und der Länder aufgenommen. Seitdem kümmern sich vier Editionsstellen in Zusammenarbeit mit der Gottfried-Wilhelm-Leibniz-Gesellschaft um die systematische und quellenkritische Edition: Die Leibniz-Forschungstelle an der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster, das Leibniz-Archiv in Hannover, die Leibniz-Edition Arbeitsstelle Potsdam und die Leibniz-Edition Arbeitsstelle Berlin. Die URL mit den entsprechenden weiterführenden Links lautet: <http://www.leibniz-edition.de/> [05.02.2013].

²⁴ Die Rezeption der *Theodizee* Leibniz' in der Deutschen (Früh-)Aufklärung hat Stefan Lorenz in *De Mundo Optimo. Studien zu Leibniz' Theodizee und ihrer Rezeption in Deutschland (1710–1791)* ausführlich untersucht (Lorenz 1997). Die folgenden Bemerkungen zur Editions- und Übersetzungsgeschichte der *Theodizee* sind im Wesentlichen der Lektüre dieses Buches zu verdanken.

Gottes, der Freiheit des Menschen und des Ursprungs des Bösen erschien 1720 von Georg Friedrich Richter als Beilage der sechszehnseitigen *Specification aller Des Seel. Hn. von Leibniz bisher gedruckten Schriften, wie sie nacheinander herausgegeben worden* von Johann Georg Eckhart, dem Nachfolger Leibniz' im Amt des Bibliothekars des Kurfürsten von Hannover (Lorenz 2007, 71).²⁵ Weitere Ausgaben und Übersetzungen folgten kurz darauf: französische Neuausgaben von Louis de Jaucourt (1734, 1747 u. 1760); eine lateinische Übersetzung von Johann Ulrich Steinhofer (1739) und eine deutsche Übersetzung von Johann Christoph Gottsched (1744).²⁶

Viele der heute als zentral geltenden Werke Leibniz' waren bis weit in die zweite Hälfte des 18. Jahrhunderts unbekannt, so die *Nouveaux Essais sur l'entendement humain*, die von Leibniz' Auseinandersetzung mit John Locke zeugen. Zwischen 1703 und 1705 entstanden, wurde die Abhandlung erst 1765 herausgebracht.²⁷ Die französischen Originalfassungen anderer umfangreicher philosophischer Schriften, wie etwa der 1686 verfasste *Discours de métaphysique*, erschienen sogar erst im Laufe des 19. Jahrhunderts.²⁸ Dazu gehört auch das französische Original der *Monadologie* von 1714, die heute als das Kernstück der Philosophie Leibniz' gilt.²⁹ Genau genommen stellt die *Monadologie* aber Leibniz' philosophisches System nicht umfassend dar. Leibniz selbst hatte den Text, den er im Juli 1714 unter dem Titel *Eclaircissement sur les Monades* dem französischen Platoniker Nicolas François Rémond zukommen ließ, nicht zur Veröffentlichung vorgesehen.³⁰ Der deutsche Titel *Monadologie* wurde von

²⁵ Als Anhang beigelegt ist die Übersetzung der *Éloge de Leibniz* von Bernard Le Bovier de Fontenelle (Fontenelle 1717).

²⁶ Im Felix Meiner-Verlag erschien 1996 eine Neuausgabe der deutschen Übersetzung *Versuche in der Theodicee über die Güte Gottes, die Freiheit des Menschen und den Ursprung des Übels* von Arthur Buchenau, die 1925 als vierter Band der Ausgabe der *Philosophischen Werke* von Gottfried Wilhelm Leibniz erschienen ist, welche Buchenau gemeinsam mit Ernst Cassirer herausgegeben hat. Am Ende der Meiner-Ausgabe findet sich ein überarbeitetes Verzeichnis der Ausgaben und Übersetzungen der *Théodicée*.

²⁷ Die *Nouveaux Essais* erschienen erstmals in der Edition der *Oeuvres philosophiques* von Rudolph Erich Raspe (Leibniz 1765).

²⁸ Der *Discours de métaphysique* wurde von Carl L. Grotefend dem von ihm edierten *Briefwechsel zwischen Leibniz, Arnauld und dem Landgrafen Ernst von Hessen-Rheinfels* angehängt (Leibniz 1846).

²⁹ Das französische Original *La Monadologie* erschien erstmals 1840 in der *Opera omnia*-Ausgabe von Johann Eduard Erdmann (Leibniz 1840).

³⁰ In seiner Darstellung der Überlieferungsgeschichte weist Ulrich Johannes Schneider nachdrücklich darauf hin, dass es neben dem eigenhändigen Entwurf von Leibniz drei weitere Abschriften gibt (zwei Abschriften in der Niedersächsischen Landesbibliothek Hannover und eine Abschrift mit dem Titel *Les principes de la philosophie, par Monsieur Leibniz* in der Nationalbibliothek Wien), was die kritische Edition der *Monadologie* vor nicht unerhebliche Schwierigkeiten stellt (Leibniz 2002). André Robinet hat deshalb in seiner viel beachteten kritischen Ausgabe *Principes de la nature et de la grâce fondés en raison. Principes de la*

Heinrich Köhler in seiner ersten Übersetzung ins Deutsche aus dem Jahre 1720 gewählt: *Des Herrn Gottfried Wilhelm von Leibnitz Lehrsätze über die Monadologie; ingleichen von Gott und seiner Existenz, seinen Eigenschaften und von der Seele des Menschen, wie auch dessen letzte Vertheidigung seines Systematis Harmoniae praestabilitae wider die Einwürffe des Herrn Bayle* (Leibniz 1720a). Die anonyme lateinische Übersetzung „Principia philosophiae“ in den *Acta Eruditorum* aus dem Jahre 1721, die als Autor „Gotofredus Guilielmus Leibnitius“ nennt, stammt von keinem geringeren als von Christian Wolff (Wolff 1721b).³¹ Wolff hat auch das Vorwort zur deutschen Übersetzung des Leibniz-Clarke-Briefwechsels verfasst (Wolff 1717a).³² Übersetzer war einmal mehr Heinrich Köhler (Leibniz 1720b).

Von einem Briefwechsel zwischen Leibniz und Clarke zu sprechen ist nicht ganz unproblematisch, weil es sich um eine vermittelte Korrespondenz handelt. Leibniz und Clarke korrespondierten nicht direkt miteinander. Sie schrieben ihre Briefe jeweils an Wilhelmina Charlotte Caroline, Prinzessin von Wales, geborene Prinzessin von Brandenburg-Anspach, zukünftige Königin von Großbritannien und Irland sowie Kurfürstin von Hannover.

1.2.4 Leibniz contra Newton?

Am 25. November 1715 bat die Prinzessin Caroline Leibniz, den diese aus der Zeit am Hofe in Hannover kannte und mit ihm freundschaftlich verbunden war, um Rat. Sie hatte den Bischof von Lincoln nach einem möglichen Übersetzer für Leibniz' *Theodizee* gefragt. Dieser hatte ihr Samuel Clarke empfohlen. Clarke hatte 1697 Jacques Rohaults *Traité de physique* (1671) aus dem Französischen ins Englische sowie 1706 Newtons *Opticks* aus dem Jahre 1704 aus dem Englischen ins Lateinische übersetzt.³³ Auch das Vorwort zur zweiten Ausgabe der

philosophie ou monadologie eine tabellarische Übersicht thematischer Parallelstellen erstellt (Leibniz 1954).

³¹ Dafür argumentieren u. a. Antonio Lamarra in « Les traductions au XVIIIe siècle de la *Monadologie* de Leibniz » (Lamarra 1999, 473) und besonders ausführlich in « Contexte génétique et première réception de la *Monadologie*. Leibniz, Wolff et la doctrine de l'harmonie préétablie » (Lamarra 2007) und Hans Poser in „Da ich wider Vermuthen gantz natürlich auf die vorher bestimmte Harmonie des Herrn von Leibnitz geführet ward, so habe ich dieselbe beybehalten“. Christian Wolffs Rezeption der prästabilierten Harmonie“ (Poser 2004, 58).

³² Darüber hinaus stammt von Wolff eine Rezension des Leibniz-Clarke-Briefwechsels in der Oktoberausgabe der *Acta Eruditorum* aus dem Jahre 1717 (Wolff 1717b).

³³ In der zweiten Ausgabe der Übersetzung Clarks geht bereits im Titel hervor, dass es Clarke im Grunde genommen um eine pro-Newtonsche Kritik an einem Grundlagenwerk des französischen Cartesianismus ging: *Rohault's System of Natural Philosophy: Illustrated with Dr. Samuel Clarke's Notes, Taken Mostly out of Sir Isaac Newton's Philosophy* (Rohault 1728/29). Die damit verbundenen wissenschaftspolitischen Implikationen hinsichtlich der Popularisierung und Verbreitung der Newtonschen Lehre hat Volkmar Schüller in "Samuel

Principia von Newtons aus dem Jahre 1713 stammt von ihm.

Nicht zuletzt vor dem Hintergrund der Vorfälle im Prioritätsstreit zwischen Newton und Leibniz um die Infinitesimalrechnung³⁴ war Caroline nicht wohl bei dem Gedanken, Clarke, den engen Vertrauten und Anhänger Newtons, um die Übersetzung der *Theodizee* zu bitten, zumal Clarke in seinem *Principia*-Vorwort Newton gegenüber die von Leibniz in seiner *Theodizee* erhobenen Vorwürfe verteidigt hatte, freilich ohne Leibniz beim Namen zu nennen.

Carolines Vorbehalte gegenüber Clarke wurden durch Leibniz' Antwortschreiben bestätigt. Leibniz warf Newton und seinen Protagonisten vor, deren Lehre über die Bewegung von Körpern in Raum und Zeit würde unannehmbar theologische Aussagen beinhalten. Caroline stellte daraufhin Clarke zur Rede und händigte ihm einen Auszug aus Leibniz' Brief aus. Clarke reagierte prompt mit einem Schreiben an Caroline, welches diese an Leibniz weiterleitete. Auch die weiteren Briefe Leibniz' und Clarkes' gingen durch ihre Hände. Ein Jahr nach dem Tode Leibniz' gab Clarke 1717 eine zweisprachige, englisch-französische Version des Briefwechsels unter dem Titel *A Collection of Papers which Passed Between the Late Learned Mr. Leibnitz, and Dr. Clarke, in the Years 1715 and 1716. Relating to the Principles of Natural Philosophy and Religion* heraus (Clarke 1717).

Clarke's Annotations in Jacques Rohault's *Traité de physique*, And How they Contributed to Popularizing Newton's Physics" untersucht (Schüller 2001). Auch Clarkes lateinische und von Newton autorisierte Fassung der *Opticks* trug nicht unerheblich dazu bei, Newtons Werk bekannt zu machen: *Optice: sive de reflexionibus, refractionibus, inflexionibus et coloribus lucis* (Newton 1706).

³⁴ John Keill, Mitglied der Royal Society, hatte 1708 Leibniz im Journal der Royal Society öffentlich des Plagiats bezichtigt. Leibniz hatte dagegen einen förmlichen Einspruch erhoben und die Royal Society um Schutz vor Keill gebeten. Eine von der Royal Society eingesetzte Untersuchungskommission hatte sich 1712 jedoch gegen Leibniz entschieden, ohne diesen anzuhören oder auch nur nach seiner Darstellung der Dinge zu befragen. Der Abschlussbericht des Komitees war von Newton selbst (anonym) 1713 verfasst und als "An Account of the book Entituled *Commercium epistolicum Collini & Aliorum*" in den *Philosophical Transactions*, dem Organ der Royal Society, deren Präsident Newton war, veröffentlicht worden (Newton 1715). Leibniz hatte bis zum Herbst 1714 keine Gelegenheit, ihn zu lesen, und erfuhr nur durch einen Brief von Johann I. Bernoulli, der sich auf eine Kopie des Berichts bezog, die sein Neffe Nicolaus aus Paris mitgebracht hatte, von seinem Inhalt. Über den Prioritätsstreit zwischen Newton und Leibniz um die Infinitesimalrechnung gibt es eine Fülle an Literatur, in der neben den historischen und biographischen Hintergründen der Kontroverse die technischen Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen dem Leibnizschen Kalkül und der Newtonschen Methode detailliert herausgearbeitet worden sind. Beispielhaft seien die Arbeiten von Guido Castelnuovo *Le Origini del Calcolo Infinitesimale nell'Era Moderna* (Castelnuovo 1938), Joachim Otto Fleckenstein *Der Prioritätsstreit zwischen Leibniz und Newton* (Fleckenstein 1956), Niccolò Guicciardini "Newton's Method and Leibniz' Calculus" (Guicciardini 2003) und Alfred R. Hall *Philosophers at War: The Quarrel between Newton and Leibniz* (Hall 1980) genannt.

Der Leibniz-Clarke-Briefwechsel gilt als Klassiker der Philosophie- und Wissenschaftsgeschichte, anhand dessen sich konträre Positionen hinsichtlich naturphilosophischer Fragestellungen erörtern lassen. Er dient insbesondere der Gegenüberstellung des absoluten versus relationalen Raum- und Zeitbegriffes. Hier werden offenbar, um Ed Dellian zu zitieren, die „Standpunkte von Newton und Leibniz in ihrer vollen Gegensätzlichkeit und Unvereinbarkeit sichtbar“ (Dellian 1990, IX). Vom historischen Standpunkt aus ist der Briefwechsel mehr und anderes als das: Er ist ein Beispiel par excellence für die Problematik der Leibniz- und Newton-Rezeption.³⁵

War dieser tatsächlich ein Disput zwischen beiden „Giganten“ über physikalische Grundbegriffe? Gewiss ging es um Raum und Zeit, Materie und Kraft, um Newtons Gravitationstheorie und um das „Rätsel“ der Fernkraft. Es ging aber auch um die katholische Glaubenslehre an eine eucharistische Realexistenz, um die Trinitätsvorstellung und um die Haltung des Hauses Hannover und des englischen Königshauses zu dieser. Die Konnotation zwischen Theologie, Naturphilosophie und staatlicher Gewalt tritt deutlich zu Tage, wenn man berücksichtigt, dass die Briefe an Caroline adressiert waren.³⁶

Der Leibniz-Clarke Briefwechsel war also nicht nur ein Streitgespräch über physikalische Grundbegriffe. Bleibt zu fragen: War er eine Kontroverse zwischen Leibniz und Newton? Dies behauptet u. a. Sarah Hutton: “Although called the Leibniz-Clarke controversy, this was really a Leibniz-Newton controversy” (Hutton 2012, 82). Tatsächlich aber konnte bis heute nicht eindeutig geklärt werden, welche Rolle Newton in der Korrespondenz spielte.

Zu den historischen Fakten: Caroline hatte Clarke einen Auszug aus dem von Leibniz an sie adressierten Brief ausgehändigt, ohne dass Leibniz davon wusste. In diesem vertraulichen Schreiben hatte sich Leibniz vor dem Hinter-

³⁵ Wie unterschiedlich man sich diesem Thema widmen kann, zeigt der Vergleich zweier neuerer Studien über den Leibniz-Clarke-Briefwechsel: Enzo Vailatis Studie *Leibniz and Clarke. A Study of their Correspondence* (Vailati 1997) und Edward J. Khamaras Buch *Space, Time, and Theology in the Leibniz-Newton Controversy* (Khamara 2006).

³⁶ Carolines Rolle in dem Disput zwischen Leibniz und Clarke haben u. a. Domenico Bertoloni Meli in “Caroline, Leibniz, and Clarke” (Bertoloni Meli 1999) und Steven Shapin in “Of Gods and Kings: Natural Philosophy and Politics in the Leibniz-Clarke Disputes” (Shapin 1981) untersucht. Beide kritisieren, dass in den gängigen kritischen Ausgabe des Leibniz-Clarke-Briefwechsels von Henry Gavin Alexander (Alexander 1956) und André Robinet (Robinet 1957) Carolines Rolle als Vermittlerin und Beteiligte des Briefwechsels zwischen Leibniz und Clarke zu wenig herausgestellt worden ist. Carolines Briefe sind in Volkmar Schüllers Ausgabe des Leibniz-Clarke-Briefwechsels abgedruckt (Schüller 1991). Der Schriftwechsel zwischen Leibniz und Caroline in französischer Sprache wurde erstmals im elften Band der ersten Reihe *Historisch-politische und staatswissenschaftliche Schriften* aus dem Jahre 1884 in der von Onno Klopp herausgegebenen Sammlung *Die Werke von Leibniz gemäß seinem handschriftlichen Nachlasse in der Königlichen Bibliothek zu Hannover* ediert (Leibniz 1884).

grund seiner schon längst zum Politikum gewordenen Auseinandersetzung mit Newton und seinen Fürsprechern sehr herablassend über deren Lehrmeinung geäußert und ihnen die Zersetzung der Religion und des Glaubens vorgeworfen. Caroline setzte Leibniz erst im Nachhinein über ihre persönliche Kontaktierung Clarkes in Kenntnis, und zwar in ihrem Schreiben, in welchem sie Clarkes unautorisierte Erwiderung beigefügt hatte. Auf Anfrage Leibniz', ob diese von Clarke stamme, antwortete sie, dass seine Vermutung richtig sei, fügte aber hinzu, dass Clarke sich mit Newton beraten habe. In welchem Maße und in welcher Weise aber tatsächlich eine Unterredung zwischen Newton und Clarke stattgefunden hat, ist offen.³⁷

Die unterschiedliche Gewichtung der Rollen sowohl Carolines als auch Newtons wird augenscheinlich, wenn man den Wortlaut der Titel der verschiedenen Ausgaben des Leibniz-Clarke-Briefwechsels miteinander vergleicht. In dem von Clarke selbst herausgegebenen Briefwechsel wird im Titel weder Caroline noch Newton erwähnt. Das ist wenig verwunderlich. Denn es sind nur die Briefe Leibniz' und Clarkes wiedergegeben.³⁸ Die Briefe Leibniz' hatte Clarke nicht von Caroline erhalten, sondern von Pierre Des Maizeaux, einem im Londoner Exil lebenden hugenottischen Glaubensflüchtling, bekannt für seine Editionen und Übersetzungen wichtiger Werke u. a. von Pierre Bayle und John Locke und für seinen Kommentar zu Leibniz' *Système nouveau*³⁹. Leibniz hatte diesem seine Schriften an Caroline nach nochmaliger Überarbeitung zugeschickt.

Von Des Maizeaux stammt denn auch eine (ausschließlich französischsprachige) Edition des Briefwechsels. Sie erschien 1720 mit dem Titel *Receuil de divers Pièces sur la Philosophie, la Religion Naturelle, l'Histoire, les Mathématiques, etc., par Mrs. Leibniz, Clarke, Newton & autres célèbres* (Des Maizeaux 1720). Die Amsterdamer Ausgabe von 1720 wird von dem Porträt der Prinzessin Caroline geschmückt. Dass Newton beim Namen genannt wird, hatte den Effekt, dass die Publikation in der französischsprachigen Gelehrtenwelt stärker rezipiert wurde, als das der Fall gewesen wäre, wenn nur von Clarke die Rede gewesen wäre.

In der im selben Jahr erschienenen deutschen Übersetzung von Heinrich Köhler wird nicht nur Caroline in den Titel miteinbezogen, sondern auch Christian Wolff und Ludwig Philipp Thümmig: *Merckwürdige Schrifften, welche auf gnädigsten Befehl Ihro Königl. Hoheit der Cron-Princessin von Wallis, zwi-*

³⁷ Zum gleichen Schluss kommt Enzo Vailati: "whether Newton played a direct role, and if so what its extent and depth, is unclear at best" (Vailati 1997, 4).

³⁸ Der Vollständigkeit halber muss man aber hinzufügen, dass Clarke den Briefwechsel mit einer Widmung an Prinzessin Caroline einleitet.

³⁹ Des Maizeaux' Kommentar ist in einer erstmals englischen Übersetzung abgedruckt in *Leibniz's "New System" and Associated Texts*, herausgegeben von Roger S. Woolhouse und Richard Francks (Woolhouse/Francks 1997).

schen dem Herrn Baron von Leibnitz und dem Herrn D. Clarcke über besondere Materien der natürlichen Religion in Frantzösischer und Englischer Sprache gewechselt, und mit einer Vorrede Herrn Christian Wolffens, nebst einer Antwort Herrn Ludwig Philipp Thümmigs auf die fünffte Englische Schrift, wegen ihrer Wichtigkeit in teutscher Sprache heraus gegeben worden von Heinrich Köhlern (Leibniz 1720b). Dass diese Ausgabe mit einer Vorrede von Wolff beginnt und mit einem fiktiven Brief Thümmings an Clarke „abgeschlossen“ wird, war kein Zufall, sondern Bestandteil der von den Wolffianer betriebenen strategischen Übersetzungskampagnen.⁴⁰

Die Titelwahl lässt die wissenschaftsphilosophische und -politische Sprengkraft des Leibniz-Clarke-Disputis erahnen, der mehr noch als in Großbritannien auf dem Kontinent weite Kreise zog. Die besondere Bedeutung dieses Schriftwechsels lag darin, dass es sich um eine pointierte Darstellung der Newtonischen und Leibnizischen Naturphilosophie einschließlich ihrer metaphysischen, erkenntnistheoretischen, mathematischen, physikalischen und theologischen Grundlagen und Implikationen handelte, wie man sie seinerzeit in Leibniz' und Newtons edierten Werken nirgends vorfand. Denn was den Veröffentlichungseifer Newtons betraf, stand dieser Leibniz in Nichts nach, was heißt: Newton publizierte zu Lebzeiten nur zwei größere Arbeiten, die *Principia* (1687) und die *Opticks* (1704). Daneben erschien 1707 eigenständig seine *Arithmetica Universalis* (Newton 1707).⁴¹

⁴⁰ Ähnlich sieht dies Dietmar Till: „Wegen Leibniz' Tod im November 1716 war das letzte Schreiben Clarkes an Leibniz unbeantwortet geblieben: Der Text von Leibniz wurde damit von dem Meisterschüler Wolffs gleichsam ‚vollendet‘“ (Till 2002, 671).

⁴¹ Tessa Morrison hat wie viele vor ihr darauf hingewiesen, dass die Zahl der mathematisch-physikalischen Arbeiten Newtons im Vergleich zu seinen alchemistischen und theologischen Studien minimal ist. Newtons Bibliotheksbestand spiegelt dessen Interessenschwerpunkte wider: “These two books [*Principia*, *Opticks*] had established Newton as the most significant scientist of his time. However, science was not his only interest and in fact Newton's library consisted of only 52 volumes, or 3% of the whole library, on mathematics, physics and optics” (Morrison 2011, 13). Beispielhaft für die Editions-geschichte der Werke Newtons ist diejenige von Newtons Manuskript *De Gravitatione*. Es handelt sich dabei um einen Text aus der *Portsmouth Collection* der Universität Cambridge, welcher mit den Worten „De gravitatione et aequipondio fluidorum“ beginnt. Da der Titel fehlt, haben sich die beiden ersten Worte als stellvertretender Titel des vierzigseitigen Fragments angeboten. Dieses wurde von Alfred Rupert Hall und Marie Boas Hall im Jahre 1962 erstmals im Original und in englischer Übersetzung in *Unpublished Scientific Papers of Isaac Newton: A Selection from the Portsmouth Collection in the University Library* der Öffentlichkeit zugänglich gemacht (Newton 1962). 1985 erschien eine französische Übersetzung von Marie-Françoise Biarnais *De la Gravitation ou Les Fondements de la Mécanique Classique* (Newton 1985b). Gernot Böhme ist die lateinisch-deutsche Ausgabe *Über die Gravitation [...] Texte zu den philosophischen Grundlagen der klassischen Mechanik* zu verdanken. Zum besseren Vergleich mit den *Principia* ist eine Neuübersetzung der einleitenden Definitionen und der Bewegungsgesetze angefügt (Newton 1988). Nicht zu vergessen ist Friedrich Steinles im angloamerika-

1.2.5 Du Châtelets Rezeption

Viele der populärwissenschaftlichen Darstellungen Émilie du Châtelets haben ihren Beitrag für die Bekanntmachung, Durchsetzung und Weiterentwicklung des Newtonianismus und Leibnizianismus bagatellisiert. In Büchern wie *Superfrauen der Wissenschaft* wird das alte, besser gesagt, veraltete Bild von du Châtelet als Geliebte Voltaires am Leben erhalten, die dank ihrer Beziehungen zu hochrangigen Wissenschaftlern und Gelehrten „den Durchbruch als Physikerin“ (Probst 2001, 27) schaffte. Eine fundierte wissenschaftshistorische Studie über du Châtelet hat den gegenwärtigen Forschungsstand nicht nur zu Châtelet, sondern auch zu Newton und Leibniz und zur komplizierten Überlieferungs- und Editions-geschichte ihrer Werke im Auge zu behalten,

Wir wissen nicht zuletzt dank der umfangreichen Korrespondenz du Châtelets recht gut, welche Literatur ihr zum Zeitpunkt ihrer Arbeiten an den *Institutions physiques* bekannt war und welche sie nutzte.⁴² Du Châtelet hatte Newtons *Opticks* und seine *Principia* studiert, ihr war der *Leibniz-Clarke-Briefwechsel* und Clarkes Kommentar zu Rohault's *Traité de physique* vertraut und sie kannte Leibniz' *Système nouveau* und dessen *Theodicée*.

In ihrer Liste von Buchbestellung an den Verleger Laurent-François Prault vom 16. Februar 1739 bat sie zudem um die aktuellen Ausgaben der *Philosophical Transactions* und der *Nouvelles de la république de lettres* und um eine Reihe weitere „Klassiker“ der damaligen Zeit, darunter physikalische Lehrbücher von Pieter van Musschenbroek und Willem Jacob 's Gravesande und Grundlagenwerke zur Algebra, Geometrie und Analysis u. a. von Guillaume François Antoine, Marquis de L'Hospital und Nicolas de Malézieu (Bestermann 1958, I: Nr. 186):

Je veux encore les transactions philosophiques, la république des lettres jusqu'à la mort de Bayle, et tous les livres de physiques que vous trouverez dans votre chemin. A mesure que je m'en souviendrai je les mettrai sur une carte et vous en enverrai la liste. J'ai l'optique de Neuton, Rohaut commenté par Clarke, Whiston, la figure de la terre, figure des astres, Musembrok physique, 's Gravesende

nischen Sprachraum leider so gut wie nicht zur Kenntnis genommenen Monographie *De Gravitatione, Newtons Entwurf „Über die Gravitation [...]“: Ein Stück Entwicklungsgeschichte seiner Mechanik*, die den Stellenwert des Manuskripts für Newtons metaphysische Präsuppositionen seiner Mechanik unterstreicht und von dessen kritischer Auseinandersetzung mit Descartes zeugt (Steinle 1991).

⁴² Umfassend recherchiert und kommentiert haben dies u. a. Françoise Bléchet (Bléchet 2008), Andrew Brown und Ulla Kölving (Brown/Kölving 2008), Linda Gardiner [Janik] (Gardiner [Janik] 1982), Sarah Hutton (Hutton 2004a) bzw. (Hutton 2012), Carolyn Iltis [Merchant] (Iltis 1977), Ursula Winter (Winter 2012) und Judith P. Zinsser (Zinsser 2007b).

phisique, recueil des lettres de Leibnits et de Clark, les entretiens phisiques du père Renaut pour ce qu'ils valent, Euclide, Padries, Malesieux, l'application d'algèbre à la géométrie de Guinée, les sections coniques de m^r de Lhopital, les mathématiques universelles et les œvres de des Cartes. Voilà à peu près tout. Je vous prie de me chercher les *Principia Mathematica* de m^r Neuton d'une belle édition.

Allein der Brief an Prault macht deutlich, dass du Châtelet eine überaus fundierte Literaturkenntnis besaß.⁴³ Aus weiteren Briefen geht hervor, dass sie auch Zugang zu bis dato unveröffentlichtem Material hatte. So hatte sie laut Ermittlungen Ursula Winters Einblick in den Briefwechsel zwischen Leibniz und Johann I. Bernoulli noch bevor dieser unter dem Titel *Virorum Celeberr. Got. Gul. Leibnitii et Johan. Bernoullii Commercium Philosophicum et Mathematicum* 1745 in zwei Bänden vom Verleger Marci-Michaelis Bousquet ediert wurde (Leibniz/Bernoulli 1745).⁴⁴

Nicht zu vergessen ist die Zusammenarbeit mit dem Schweizer Mathematiker und Wolfianer Samuel König, der für die Marquise Auszüge aus Werken Wolffs in französischer Übersetzung erstellte: « un de ses Disciples, qui a été quelque tems chez moi, & qui m'en faisoit quelquefois des extraits » (ebd.).

Über Königs Plagiatsvorwurf, die Marquise hätte reihenweise seine Manuskripte in ihr Werk inkorporiert und dem Protest du Châtelets ist bereits zu deren Lebzeiten viel geschrieben und spekuliert worden. Aus den Briefen du Châtelets geht zumindest klar hervor, dass diese nicht durch König Werke Christian Wolffs kennengelernt hat.

Über den Einfluss Wolffs und der Wolffschen Schule auf du Châtelets *Institutions physiques* besteht ein auffallend großer Dissens. Zwei Extrempositionen stehen sich gegenüber: Sarah Hutton erachtet es für erwiesen, dass “the main discussion of physics is framed first by six preliminary chapters on metaphysical topics, based largely on Christian Wolff’s *Ontologia*” (Hutton 2004a, 520).⁴⁵ Anderer Meinung ist Ursula Winter. Sie behauptet: “There is in fact no indication that Wolff influenced theses chapters at all” (Winter 2012, 190f.).

⁴³ Judith P. Zinsser und Isabelle Bourd haben den immer wieder zitierten Brief wegen seiner Aussagekraft und Wichtigkeit unter “Related Letters” im Anhang zum dritten Kapitel “Foundations of Physics” [Teilübersetzung der *Institutions physiques*] ins Englische übersetzt (Zinsser/Bour 2009, 111–113).

⁴⁴ Dies geht aus du Châtelets Brief an Johann II. Bernoulli vom 30. März 1739 hervor (Bestermann 1958, I: Nr. 203). [Die Angabe bei Winter, es handle sich dabei um den Brief Nr. 352 der Bestermann-Ausgabe, ist falsch (Winter 2012, 176).]

⁴⁵ Ira Owen Wade behauptete sogar rund fünfzig Jahre davor: “Chatelet’s *Institutions de physique* was based upon Wolff’s *Ontologia*” (Wade 1959, 36).

Gesetzt den Fall, Winter hat Recht, dann ist es schwer verständlich, wie u. a. Fernando Vidal oder Phillip R. Sloan du Châtelets Bedeutung für die Vermittlung der Wolffschen Philosophie in Frankreich derart stark machen können. Während Sloan du Châtelets Synthese zwischen der Newtonschen Physik und der Leibniz-Wolffschen Metaphysik betont: “This work [*Institutions*] attempted to synthesize Newtonian mechanics with Leibniz-Wolffian metaphysics” (Sloan 2006, 916), geht Vidal sogar so weit zu sagen, dass das Bild, welches die Franzosen von der Philosophie Wolffs hatten, im Wesentlichen von den *Institutions physiques* geprägt worden ist: “Christian Wolff was known in France through the *Institutions of Physics* of Madame du Châtelet” (Vidal 2011, 285).

Wer die Distanz zu Wolff betonen will, zitiert den Brief an Maupertuis vom 29. September 1738, in dem du Châtelet den deutschen Philosophen als « un grand bavard an métaphysique » (Bestermann 1958, I: Nr. 146) beschimpft. In anderen Briefen der darauffolgenden Zeit fällt das Urteil du Châtelets hingegen sehr viel positiver aus. In einem Brief an Friedrich II. vom 4. März 1740 unterstreicht sie beispielsweise ihre Absicht, mit ihren *Institutions physiques* die Philosophie Leibniz’ und Wolffs auch in Frankreich publik zu machen (ebd., II: Nr. 235).

Natürlich ist der Bezug zu Wolff nicht aus der Luft gegriffen. In dem Vorwort zu ihren *Institutions physiques* nennt du Châtelet Wolff explizit als Vorbild (Du Châtelet 1742, XII). Und im Register wird Wolff als derjenige aufgeführt, der dem System Leibniz’ eine ganz neue Form gegeben habe: « La Système de Mr. Leibnits a pris entre ses mains une forme toute nouvelle » (ebd.).

Fakt ist, dass damals zentrale Ideen der Leibnizschen Philosophie nur indirekt über die Schriften Wolffs zugänglich waren und dies auch der Grund war, warum du Châtelet den Kontakt zu Wolff suchte. Was bislang fehlt, ist ein inhaltsbezogener und textkritischer Vergleich der *Ontologia* Wolffs mit den entsprechenden Stellen in den *Institutions physiques*. Stattdessen wird Wolff als Schüler Leibniz ausgegeben und ohne kritische Reflexion von einer Leibniz-Wolffschen Metaphysik gesprochen, womit denn auch die Verbindung zu du Châtelets intendierter Synthese zwischen Newton und Leibniz hergestellt ist. Bezeichnend dafür ist Judith Zinssers Titulierung Wolffs als “a former student and follower of Leibniz intent on systematizing his mentor’s thoughts on metaphysics and physics” (Zinsser 2007a, 120).⁴⁶ Ähnliche Aussagen treffen z. B. Erica Harth oder Sarah Hutton.⁴⁷

⁴⁶ Auch in den von derselben Autorin herausgegebenen *Selected Philosophical and Scientific Writings* du Châtelets wird Wolff als “a student and follower of Gottfried Wilhelm Leibniz” bezeichnet (Zinsser/Bour 2009, 7).

⁴⁷ So spricht Harth von Wolff als “Leibniz’ great disciple” (Harth 1992, 194) und Hutton von “Leibniz’s disciple Wolff” (Hutton 2012, 79).

Es gibt eine Reihe guter Argumente, die die Auffassung, dass Wolff ein Schüler Leibniz' gewesen sein soll, widerlegen, gleichwohl eine nicht zu leugnende Beziehung zwischen Wolff und Leibniz bestand. Leibniz war ein Briefpartner Wolffs, nicht sein Lehrer. Der Kontakt zwischen Wolff und Leibniz wurde durch Otto Mencke hergestellt, dem Herausgeber der *Acta Eruditorum*, der mit Leibniz befreundet war (Poser 2004, 52f.).⁴⁸ Es folgte von 1704 an bis zum Tode Leibniz' 1716 ein reger Briefwechsel.⁴⁹ Wolff selbst unterstrich stets seine Distanz zu Leibniz und dementierte wiederholt, ein Schüler und Epigone Leibniz' zu sein, so in seiner *Eigenen Lebensbeschreibung* (Wuttke 1841, 102). Die Differenzen zu Leibniz wurden durch neuere Forschungen untermauert.

Zu verdanken ist dies der Initiative und dem unermüdlichem Engagement Jean Écoles und seinen Mitarbeitern Marcel Thomann, Hans-Werner Arndt, Charles A. Corr, Josef Ehrenfried Hofmann, Winfried Lenders u. v. m. Seit nunmehr rund 50 Jahren erscheinen die *Gesammelten Werke* Wolffs. Die ersten beiden Abteilungen (I. Abteilung: *Deutsche Schriften*; II. Abteilung: *Lateinische Schriften*) sind abgeschlossen. Die dritte Abteilung umfasst die Ergänzungsreihe: Materialien und Dokumente.⁵⁰

Von grundsätzlicher Bedeutung sind die hier unter dem Stichwort „Wolffiana“ aufgeführten Sammelbände, darunter der Gedenkband für Hans Werner Arndt *Macht und Bescheidenheit der Vernunft. Beiträge zur Philosophie Christian Wolffs* (Cataldi Madonna 2005). Besonders hervorzuheben sind die in fünf Teile untergliederten *Wolffiana II: Christian Wolff und die europäische Aufklärung*, die die Akten des 1. Internationalen Christian-Wolff-Kongresses in Halle (Saale) vom 4. bis 8. April 2004 versammeln (Stolzenberg/Rudolph 2007–2010). Bleiben schließlich noch die *Wolffiana III* und *IV* zu nennen. Erstgenannte gehen auf die Tagung anlässlich des 250. Todestages Wolffs (2004) an der Universität Verona vom 13. bis 14. Mai 2005 zurück, die sich die Aufgabe gestellt hatte, Wolffs Gegenüberstellung von *Psychologia empirica* und

⁴⁸ Auf Empfehlung Leibniz' wurde Wolff zum Professor für Mathematik und Philosophie an die Universität Halle berufen. Leibniz unterstützte auch Wolffs Aufnahme als Mitglied in die Berliner Akademie der Wissenschaften 1711.

⁴⁹ Ein Teil des Briefwechsels wurde 1860 von Carl Immanuel Gerhardt ediert (Gerhardt 1860). Eine chronologische Übersicht über den Briefwechsel zwischen Leibniz und Wolff hat Walther Arnsberger in seiner Habilitationsschrift *Christian Wolff's Verhältnis zu Leibniz* (1897) erstellt (Arnsperger 1897, 66ff.). Weiterführende Studien dazu hat Sonia Carboncini in dem Beitrag „Der Briefwechsel zwischen Leibniz und Christian Wolff“ (Carboncini[Gavanelli] 1988) festgehalten.

⁵⁰ Einen Überblick über den gegenwärtigen Stand der Wolff-Forschung bietet die von Gerhard Biller herausgegebene Bibliographie *Wolff nach Kant* (Biller 2004). Diese wurde unter gleichnamigen Titel als Internetauflage 2009 erneut aufgelegt und um die entsprechende Literatur zwischen 2005 und 2009 ergänzt: URL: <http://www.izea.uni-halle.de/downloads/publik/wolffgesamt.pdf> [10.11.2013].

Psychologia rationalis einer Neubewertung zu unterziehen (Marcolungo 2007). Zweitgenannte beinhalten Beiträge der Internationalen Tagung *Età dei Lumi e filosofia. L'ontologia di Christian Wolff*, die in Parma vom 19. bis 21. Februar 2009 stattgefunden hat. Der Band ist Ausdruck des neuen, lebendigen Interesses an der Ontologie Wolffs (Fabbianelli u. a. 2011). Deutlich wird dies auch in dem von Hans-Martin Gerlach herausgegebenen Band *Christian Wolff. Seine Schule und seine Gegner* (Gerlach 2001). In seiner Interpretation „Christian Wolffs Ontologie. Ihre Voraussetzungen und Hauptdimensionen (mit besonderer Berücksichtigung der Philosophie von Gottfried Wilhelm Leibniz)“ kommt auch Boguslaw Paz zu dem Schluss, dass Wolff kein konsequenter Leibnizianer war (Paz 2001). Wolff war ein Systematiker, Pragmatiker und Aufklärer, der weit mehr und anderes als die Systematisierung der Philosophie Leibniz' geleistet hat. Dies haben in diversen Aufsätzen schon Charles A. Corr und Jean École herausgestellt.⁵¹

Abgesehen von einigen wenigen Ausnahmen wurde seitens der du Châtelet-Forschung der aktuelle Stand der Wolff-Forschung und dessen umfangreiche Neubewertung ignoriert. Zu diesen Ausnahmen zählt Anne-Lise Rey. In ihrem Aufsatz « La figure du leibnizianisme dans les *Institutions de physique* » (Rey 2008) geht sie der Frage nach den Einflüssen Wolffs und Willem Jacob 's Gravesandes auf du Châtelet Leibniz-Bild nach. In « Diffusion et Réception de la Dynamique. La correspondance entre Leibniz et Wolff » demonstriert sie am Beispiel des Substanz- und Wirkungsbegriffs die Eingenständigkeit Wolffs gegenüber Leibniz (Rey 2007). In dem von Ulla Kölving und Olivier Courcelle herausgegebenen Sammelband *Émilie Du Châtelet. Éclairages & documents nouveaux* (2008) erschien John Iversons Artikel « Émilie Du Châtelet, Louise Gottsched et la Société des Aléthophiles: une traduction allemande de l'échange au sujet des forces vives » (Iverson 2008). Zu den Ausnahmen gehören auch Frauke Böttchers Beiträge: „Émilie du Châtelet (1706–1749) – ‚die Nachwelt wird Sie mit Erstaunen betrachten‘ “ (Böttcher 2006), « La réception des *Institutions de physique* en Allemagne » (Böttcher 2008) und „Vulgarisierung und Didaktisierung von Newton: die Lehrbücher von Francesco Algarotti und Émilie du Châtelet – Möglichkeiten naturphilosophischer Bildung von Frau-

⁵¹ Als Beispiele seien genannt: “Did Wolff Follow Leibniz?” (Corr 1974); “Christian Wolff and Leibniz” (Corr 1975); „War Christian Wolff ein Leibnizianer?“ (École 1998a); « Wolff était-il un Aufklärer? » (École 1998b). Verwiesen sei schließlich auch auf den von Jean-Paul Paccioni herausgegebenen Band 128 der *Revue de Synthèse*: « Leibniz, Wolff et les monades. Sciences et métaphysiques » (Paccioni 2007). Dietmar Till präsentiert in einer Fußnote zu seiner Studie „Leibniz-Übersetzung und Leibniz-Rezeption im 18. Jahrhundert. Zur medialen Konstruktion der ‚Leibniz-Wolffschen Schulphilosophie‘“ eine chronologisch geordnete Liste von Literaturverweisen, die das Verhältnis zwischen Wolff und Leibniz problematisieren (Till 2002, 647).

en im 18. Jahrhundert“ (Böttcher 2010). Schließlich gebührt Linda Gardiner Janiks Studie “Searching for the Metaphysics of Science: The Structure and Composition of Madame Du Châtelet’s *Institutions de physique*” der Aufmerksamkeit. Sie hat bereits vor rund vierzig Jahren mit Berufung auf die Ergebnisse Jean Écoles die Notwendigkeit einer Unterscheidung zwischen Wolff und Leibniz betont (Gardiner [Janik] 1982, 106).

In der folgenden Arbeit soll du Châtelets Wolff-Rezeption im Kontext ihrer Auseinandersetzung mit Newton und Leibniz untersucht werden. Dieses Beispiel eröffnet nicht nur einen Einblick in die Funktionen sozial- und wissenschaftspolitischer Aufklärungsnetzwerke der ersten Hälfte des 18. Jahrhunderts und in ihre Diskussions- und Übersetzungskultur, sondern unterstreicht auch die These, dass die Mechanik des 18. Jahrhunderts durch Integration Newtonschen und Leibnizschen Gedankenguts grundlegend weiterentwickelt worden ist.

2 Du Châtelet: Vita und Œuvre

In diesem Kapitel wird ein Abriss über Vita und Œuvre Émilie du Châtelets gegeben. Auf eine kurze biographische Übersicht, in der die wichtigsten Eckdaten aus dem Leben Émilie du Châtelets genannt werden, folgt eine Besprechung der komplexen und zum Teil nebulösen Editions- und Übersetzungsgeschichte der Werke du Châtelets. Im Vordergrund steht, bedingt durch das Thema der vorliegenden Arbeit, du Châtelets Auseinandersetzung mit Newton. Natürlich darf in diesem Zusammenhang ihre bis heute beispiellos gebliebene Übersetzung und Kommentierung von Newtons *Philosophiæ naturalis principia mathematica* nicht unerwähnt bleiben.

2.1 Biographischer Abriss

Émilie du Châtelet wurde am 17. Dezember 1706 in Paris als Gabrielle Emilie Le Tonnelier de Breteuil geboren.¹ Sie war die Tochter von Louis-Nicolas Le Tonnelier, Baron von Breteuil, und seiner zweiten Frau Gabrielle-Anne de Froulay. Die Familie entstammte dem wohlhabenden französischen Hochadel. 1725 fand die arrangierte Hochzeit mit dem dreißigjährigen Florent-Claude Marquis Du Chastelet-Lomont, Gouverneur de Semur statt (auch Châtelet-Lomont genannt).² Aus der Ehe gingen drei Kinder hervor.

Bei einem Souper lernte du Châtelet 1733 François-Marie Arouet, besser bekannt als Voltaire, kennen und lieben. Voltaire führte sie in den Kreis hochrangiger Akademiemitglieder ein, in dem u. a. Pierre Louis Moreau de Maupertuis, Charles Marie de la Condamine, Alexis Claude Clairaut (auch Clairault), Francesco Algarotti, Claude-Adrien Helvétius und Louis-François-Armand Duplestis de Richelieu verkehrten.

¹ An dieser Stelle eine umfassende Biographie über du Châtelet zu geben, würde den Rahmen der Arbeit sprengen. Es seien lediglich einige wichtige Eckdaten genannt. Wie bereits erwähnt, gibt es eine beachtliche Zahl biographischer Monographien, einige davon auch in deutscher Übersetzung. Die neueste und fundierteste Biographie legte Judith P. Zinsser vor: *La Dame d'Esprit: A Biography of the Marquise Du Châtelet* (Zinsser 2006). Diese erschien unter dem modifizierten Titel *Emilie Du Châtelet: Daring Genius of the Enlightenment* 2007 als Paperback (Zinsser 2007a). Zinsser würdigt in ihrer Biographie die Pionierarbeiten zu du Châtelet, die u. a. Ira O. Wade (Wade 1941), William H. Barber (Barber 2006) und Raymond Walters (Walters 1967) geleistet haben.

² Aus der Eheschließung erklärt sich der vollständige Name du Châtelets, nämlich: Gabrielle-Émilie le Tonnelier de Breteuil, Marquise du Châtelet-Laumont.

Als 1734 gegen Voltaire wegen der Veröffentlichung seiner *Lettres philosophiques*³, die in Frankreich als Affront empfunden wurden, ein Haftbefehl erlassen wurde, bot ihm du Châtelet auf dem Landsitz ihres Mannes in Cirey-sur-Blaise nahe der holländischen Grenze eine Zufluchtsstätte. Mit finanzieller Unterstützung Voltaires wurde das Schloss renoviert und ein Flügel angebaut, in dem ein naturwissenschaftliches Laboratorium für physikalische Experimente und eine Bibliothek untergebracht wurden. Für die Ausstattung mit den entsprechenden experimentellen Geräten wurde der renommierte Instrumentenbauer Abbé Jean-Antoine Nollet beauftragt.⁴

Du Châtelets Leben endete unerwartet im Alter von 42 Jahren. Sie verstarb am 10. September 1749 an Kindbettfieber. Wenige Tage zuvor hatte sie ihr viertes Kind, eine Tochter, geboren. Auch das Kind überlebte nicht. Eine Affäre war ihr zum Verhängnis geworden. Der Vater des Kindes war Jean François de Saint-Lambert, ein Offizier und Dichter, der den Rang eines Hauptmanns beim Militär des Herzogtums Lothringen bekleidete. Auf Anordnung von König Stanislas II. wurde für du Châtelet ein Staatsbegräbnis ausgerichtet. Sie ist in der Kathedrale von Lunéville begraben.

Die Marquise war bekannt für ihr exzessives Leben, unermüdliches Forschen und leidenschaftliches Arbeiten. Sie hatte in Cirey eine Forschungsstätte aufgebaut, die Weltruhm erlangte. Viele Wissenschaftler und Gelehrte, die damals Rang und Namen hatten (beispielsweise Francesco Algarotti, Johann II. Bernoulli, Alexis-Claude Clairaut und Pierre Louis Moreau de Maupertuis), gingen hier ein und aus, und schätzten die freiheitliche und internationale Diskussionskultur, die Cirey unabhängig von den Leitlinien und Reglements der Akademien und Universitäten bot.

Bereits ein Jahr nach du Châtelets Tod wurde ihr Name in das *Allgemeine Gelehrten-Lexicon* (1750) aufgenommen, welches von Christian Gottlieb Jö-

³ Voltaire hatte seine *Lettres philosophiques* (Voltaire 1734) während seines Exils in England 1727/1728 verfasst, beeindruckt von den dort herrschenden politischen, wirtschaftlichen und intellektuellen Zuständen, die er als fortschrittlich und vorbildlich empfand. In seinen *Lettres philosophiques*, von denen eine eigenständige englische Fassung mit dem Titel *Letters Concerning the English Nation* zeitgleich mit der französischen Ausgabe erschien, hielt er diese der französischen Obrigkeit als Spiegel vor, kritisierte den in seinem Heimatland herrschenden Absolutismus, Totalitarismus und Katholizismus und plädierte für einen Parlamentarismus. Ein Teil seiner Briefe befasst sich auch mit John Locke und Isaac Newton, die seinerzeit in Frankreich relativ unbekannt waren. Von den *Letters Concerning the English Nation* gibt es eine Reihe von Ausgaben, u. a. die kommentierte Ausgabe von Nicholas Cronk (Voltaire 1994). Die von Rudolf von Bittner erstmals 1985 besorgte deutsche Übersetzung *Philosophische Briefe* wurde von Jochen Köhler neu herausgegeben und umfassend kommentiert (Voltaire 1992b).

⁴ Ausführlich schildert dies Jean-François Gauvin in seinem Aufsatz « Le cabinet de physique du château de Cirey et la philosophie naturelle de Mme Du Châtelet et de Voltaire » (Gauvin 2006).

cher, Leipziger Bibliothekar, Schüler von Johann Burckhard Mencke und Vertreter der Deutschen Aufklärung, herausgegeben wurde. Kurz und prägnant, sachlich und fundiert, ohne anekdotenhafte Abschweifungen werden die wichtigsten Eckdaten der Vita der Marquise zusammengefasst und ein Überblick über ihr wissenschaftsphilosophisches Œuvre gegeben. Der Lexikoneintrag endet mit den Worten (Jöcher 1750, 1854):

Sie verfertigte überdies eine französische Übersetzung von Newtons *principiis philosophiae naturalis*, und gedachte deren dritten Theil mit einem Commentario zu erleutern, starb aber darüber 1749 den 10 Sept.

Prosaischer drückte sich Voltaire in seiner « Éloge Historique de Madame du Châstellet, pour mettre à la tête de la Traduction de Newton » aus (Voltaire 1752, 137):⁵

On a vu deux prodiges: l'un, que Newton ait fait cet ouvrage; l'autre, qu'une dame l'ait traduit et l'ait éclairci.

2.2 Werke und Editionsgeschichte

2.2.1 Principes mathématiques

Der Name Émilie du Châtelet ist in Fachkreisen vor allem wegen ihrer Übersetzung von Newtons *Philosophiae naturalis principia mathematica* bekannt. Erst zehn Jahre nach ihrem frühen Tod erschienen, nach einer unvollständigen Ausgabe von 1756 (Du Châtelet 1756), die beiden Bände 1759 unter dem Titel *Principes mathématiques de la philosophie naturelle, par feue Madame la Marquise Du Chastellet* (Du Châtelet 1759). Du Châtelets *Principes mathématiques* sind die erste und bis heute einzige vollständige französische Übersetzung.⁶ Sie umfasst alle drei Bücher der *Principia*.

⁵ Voltaires « Éloge » erschien erstmals 1752 in der *Bibliothèque impartiale* (Voltaire 1752), ein weiteres Mal im *Mercure de France* (Voltaire 1754) und auszugsweise in seinem « Préface historique » der *Principes mathématiques de la philosophie naturelle, par feue Madame la Marquise Du Chastellet* (Du Châtelet 1759).

⁶ Derek Gjertsen, der in seinem *Newton Handbook* einen Überblick über die verschiedenen Ausgaben von Newtons *Principia* gibt, schreibt über du Châtelets Übersetzung, sie sei “The first and still the only French translation ever made” (Gjertsen 1986, 480). Und Sarah Hutton fügt hinzu “that Du Châtelet’s was the only translation of Newton into any language other than Latin or English before the nineteenth century” (Hutton 2004b, 201).

Bemerkenswert ist der fast 300 Seiten umfassende kritische Kommentar im Anschluss an die drei Bücher, in dem Fehler Newtons korrigiert und einschlägige Passagen mittels der « méthode analytique » (gemeint ist die Differentialrechnung) modernisiert werden. Der Kommentar unterteilt sich in die beiden Teile « Exposition abrégée de système du monde et explication des principaux phénomènes astronomiques tirée des Principes de M. Newton » und « Solution analytique des principaux problèmes qui concernent le Système du Monde ». Als Appendix angefügt sind Alexis Claude Clairauts *Théorie de la figure de la terre. Tirée des principes de l'hydrostatique* (Clairaut 1743) und Daniel Bernoullis Preis-Essay « Traité sur le flux et le reflux de la mer » (Bernoulli [Daniel] 1741).

Ursprünglich wollte du Châtelet John Keills Newton-Kommentar übersetzen.⁷ Vermutlich wurde sie von François Jacquier, der 1744 du Châtelet in Cirey besuchte, dazu angeregt, sich an Newtons *Principia* selbst zu wagen. Gemeinsam mit Thomas Le Seur hatte der Franziskaner eine dreibändige kommentierte lateinische Ausgabe der *Principia* erstellt, die sog. „Jesuiten-Edition“ (Newton 1739–1742).⁸ Diese war für die Marquise eine wichtige Grundlage und ein Vorbild.⁹ Daneben konsultierte sie die lateinischen Ausgaben der *Principia* von 1713 und 1726.¹⁰ Kurz vor ihrer Niederkunft sandte sie das Manuskript am 9.

⁷ John Keills *Introductio ad veram physicam* (Keill 1701) basiert auf den Vorlesungen, die der schottische Mathematiker und Newton-Anhänger seit 1694 an der Universität Oxford gab. 1720 erschien eine englische Ausgabe unter dem Titel *An Introduction to Natural Philosophy* (Keill 1720).

⁸ Mit aufgenommen sind in dieser Ausgabe die Preisschriften von Colin MacLaurin: „De causa physica fluxus et refluxus maris“ (MacLaurin 1741), Leonhard Euler: „Inquisitio physica in causam fluxus et refluxus maris“ (Euler 1741) und Daniel Bernoulli: « Traite sur le flux et le reflux de la mer » (Bernoulli [Daniel] 1741), die 1741 in den *Pièces qui ont remporté le prix de l'Académie Royale des Sciences* erschienen sind.

⁹ Man vergleiche dazu du Châtelets Brief an Jacquier vom 13. April 1747 (Bestermann 1958, II: Nr. 360).

¹⁰ Natürlich zog du Châtelet weitere Sekundärliteratur heran. Judith P. Zinsser listet folgende Arbeiten auf: “For the work of translation, she used Newton’s first and second editions of the *Principia*, as well as the Latin version of his *De Sistemate munde* (*System of the World*, 1731 edn). She also consulted Père Jacquier’s edition (1739–42) with its ‘commentaire perpetuel [a continuous commentary included as footnotes]’. As for the commentary that accompanied her translation of the *Principia*, by 1746 when she was well into this part of her project, Du Châtelet had many models to draw from. She refers in her *Commentaire* to Keill’s treatise on astronomy, to Henry Pemberton’s popular explication, and to those of other English commentators like J.T. Desaguliers and David Gregory (whose explanations had been published in French as *Elements d’astronomie physique* in 1702). She also cites the Dutchman Pieter van Musschenbroek’s *Essai de physique* (trans. 1739) and the works of Christian Wolff, the German follower of Leibniz. Finally, she drew on the specialized treatises of a number of French and Swiss mathematicians, including Clairaut, Jean le Rond d’Alembert and Daniel Bernoulli. They had created algebraic equivalents to key parts of

September 1749 an Abbé Claude Sallier, den Bibliothekar der *Bibliothèque du Roi* in Paris (Bestermann 1958, II: Nr. 486).¹¹

Von Alexis Claude Clairaut, dem Mitarbeiter und Herausgeber des „Opus magnum“ du Châtelets, wurden die *Principia* als Revolution bezeichnet. Seine Abhandlung « Du système du monde. Dans les principes de la gravitation universelle » in den *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences* beginnt mit dem bezeichnenden Satz: « Le fameux livre des *Principes mathématiques de la Philosophie naturelle*, a été l'époque d'une grande révolution dans la Physique » (Clairaut 1745, 329).¹²

Newton wird in diesem Zitat bemerkenswerterweise nicht beim Namen genannt. Er wird auch nicht im Titel der edierten Version *Principes mathématiques de la philosophie naturelle, par feue Madame la Marquise Du Chastellet* von 1756 bzw. 1759 erwähnt. Dies spricht für ein ausgeprägtes Selbstbewusstsein der französischen Newtonianer, ihr großes Vorbild, Newton, besser zu verstehen als dieser sich selbst. In der Tat war du Châtelets Übersetzung eine interpretative Weiterentwicklung der *Principia*, entsprechend dem Programm einer Mechanisierung und Mathematisierung der Bewegungslehre im 18. Jahrhundert.

Was die Entstehungshintergründe und Motive für du Châtelets *Principia*-Übersetzung sowie die abenteuerliche Editions-geschichte betrifft, ist vieles nach wie vor unklar. Zu den zentralen Forschungsfragen zählt, welche Rolle Clairaut als Verantwortlicher für die späte und modifizierte Edition von 1756 bzw. 1759 spielte.

Es gibt zwar eine Reihe von Artikeln, die sich mit du Châtelets *Principia*-Übersetzung auseinandersetzen: Anfangen von I. Bernard Cohen: “The French Translation of Isaac Newton’s *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* (1756, 1759, 1966)” (Cohen 1968) und René Taton: « Madame du Châtelet, traductrice de Newton » (Taton 1969) über Christoph J. Scriba: “The French Edition of Newton’s *Principia* (Translation of the Marquise Du Châtelet): 1759 or 1756?” (Scriba 1971) und Robert Debever: « La marquise du Châtelet traduit et commente les *Principia* de Newton » (Debever 1987) bis hin zu Agnès Whitfield: « Emilie du Châtelet, traductrice de Newton, ou la < traduction-confirmation > » (Whitfield 2002) und Gerard Emch und Antoinette Emch-Dériaz: “On Newton’s French Translator: How Faithful was Mme Du Châtelet?” (Emch/Emch-Dériaz 2006). Nicht fehlen darf Judith P. Zins-

the *Principia* in an effort to describe and to prove Newton’s hypotheses about the effects of attraction when three, not just two, bodies were involved” (Zinsser 2001, 229f.).

¹¹ Das Manuskript findet sich heute in der *Bibliothèque nationale de France*, ffr. 12266, sowie weitere Ausgaben unter ffr. 12267–12268.

¹² Den Hinweis verdanke ich der Lektüre des Artikels “The Eighteenth-Century Origins of the Concept of Scientific Revolution” von I. Bernard Cohen (Cohen 1976, 329).

ser: “Translating Newton’s *Principia*: the Marquise du Châtelet’s Revisions and Additions for a French Audience” (Zinsser 2001) und Judith P. Zinssers Co-Produktion mit Olivier Courcelle: “A Remarkable Collaboration: the Marquise Du Châtelet and Alexis Clairaut” (Zinsser/Courcelle 2003). Einen relativ breiten Raum nehmen die Beiträge über du Châtelets *Principia*-Übersetzung in dem Band *Émilie Du Châtelet. Éclairages & documents nouveaux* (Kølving 2008) ein: Michel Blay und Michel Toulmonde: « Vers une nouvelle édition des *Principes mathématiques* » (Blay/Toulmonde 2008); Frédéric Chambat und Dominique Varry: « Faut-il faire une description bibliographique des *Principes mathématiques*? » (Chambat/Varry 2008); Olivier Courcelle: « La publication tardive des *Principes mathématiques* » (Courcelle 2008); Linda Gardiner Janik « Mme Du Châtelet traductrice » (Gardiner [Janik] 2008); Michel Toulmonde: « Le Commentaire des *Principes de la philosophie naturelle* » (Toulmonde 2008).¹³

Ein umfassender kritischer Vergleich des Newtonschen Werkes mit du Châtelets Übersetzung und Kommentierung bleibt aber eine wichtige noch zu leistende Forschungsaufgabe. Insbesondere fehlt eine neue kritische Ausgabe der *Principes mathématiques*¹⁴, die vergleichbar mit der Pionierarbeit wäre, die Alexandre Koyré, I. Bernard Cohen und Anne Whitman in Bezug auf Newtons lateinisches Original leisteten.¹⁵

¹³ Lesenswert ist auch Paulien Hesselinks Masterarbeit an der Universität Utrecht *La marquise Mathématicienne. Émilie du Châtelet et les Principia mathematica de Newton* (Hesselink 2010), die auf dem Server der Universitätsbibliothek der Universität Utrecht online abrufbar ist. Die ULR lautet: <http://igitur-archive.library.uu.nl/student-theses/2011-0112-200336/UUindex.html> [03.12.2013]. Zu den wenigen deutschen Autoren, die sich mit du Châtelets Übersetzung auseinandergesetzt haben, zählt Ursula Winter. Ihre Beiträge „Übersetzungsdiskurse der französischen Aufklärung. Die Newton-Übersetzung von Émilie du Châtelet (1706–1749)“ (Winter 2008) und “From Translation to Philosophical Discourse – Emilie du Châtelet’s Commentaries on Newton and Leibniz” (Winter 2012) liefern aufschlussreiche Kontextualisierungen, bleiben inhaltlich und textkritisch aber an der Oberfläche.

¹⁴ 1966 erschien ein Reprint der Ausgabe von 1756 im Verlag Blanchard (Du Châtelet 1966), 1990 ein Reprint der Ausgabe von 1759 bei Jacques Gabay (Du Châtelet 1990) sowie 2005 bei Dunod (Du Châtelet 2005). Doch diese Ausgaben erfüllen nicht die Kriterien einer kritischen Edition.

¹⁵ Wer sich eingehender über Aufbau und Inhalt, Entstehungs- und Wirkungsgeschichte der *Principia* informieren will, kommt nicht umhin, I. Bernard Cohens *Introduction to Newton’s ‘Principia’* (Cohen 1971) zur Hand zu nehmen. Begleitend dazu empfehlen sich Cohens Einleitungen und Kommentare zur Neuausgabe der *Principia* (Koyré/Cohen 1972), die in Zusammenarbeit mit Alexandre Koyré entstand, und zur neuen kritischen Übersetzung, die Cohen gemeinsam mit Anne Whitman erarbeitet hat (Newton 1999a). Auf die Vorarbeiten von Koyré und Cohen stützt sich Volkmar Schüllers deutsche Übersetzung *Die mathematischen Prinzipien der Physik* (Newton 1999b), die der veralteten Übersetzung *Sir Isaac Newton’s Mathematische Prinzipien der Naturlehre* von Jacob Philipp Wolfers aus

Erstaunlicherweise war die du Châtelet-Edition auf der Tagung, die zum Gedenken an den 300. Jahrestag von Newtons *Principia* (1687) am 7. März 1987 am *Centre international de Synthèse et du ministère de la Culture et de la Communication* stattfand und deren Tagungsbeiträge in einer Sonderausgabe der *Revue d'histoire des sciences* deselben Jahres veröffentlicht wurden (darunter Beiträge von Michel Blay, Pierre Costabel, Georges Barthélémy, François De Gandt und John Greenberg), nicht einmal der Rede wert.¹⁶ Lediglich in dem Vortrag « Newton et le modèle mécaniste de la réfraction » von Christiane Vilain wird die du Châtelet-Ausgabe zitiert, allerdings mit der falschen Annahme, der Kommentar stamme von Clairaut (Vilain 1987). Selbst in Michel Blays *Les Principia de Newton* (Blay 1995) ist du Châtelets Übersetzung und Kommentierung kein Thema. Dies ist umso bemerkenswerter, als Marie-Françoise Biarnais mit ihrer Dissertation *Les Principia de Newton et « leurs traductions » françaises au milieu du XVIIIe siècle: étude critique et épistémologique* (Biarnais 1981) und den beiden Editionen *Les principia de Newton. Genèse et structure des chapitres fondamentaux avec traduction nouvelle* (Newton 1982) und *De Philosophiae Naturalis Principia Mathematica – Les principes mathématiques de la philosophie naturelle* (Newton 1985a) Meilensteine für eine neue kritische Ausgabe der *Principes mathématiques* du Châtelets gelegt hat bzw. hätte.

2.2.2 Éléments de la philosophie de Newton

Die Auseinandersetzung mit Newton spielte für du Châtelet zeitlebens eine wichtige Rolle. Gemeinsam mit Voltaire las und diskutierte sie nicht nur Werke Newtons, sondern auch Descartes', Leibniz', Lockes u. v. m. Es steht außer Zweifel, dass sie einen maßgeblichen Anteil an Voltaires *Éléments de la philosophie de Newton* hatte.¹⁷ Dieses berühmt-berüchtigte Werk verhalf dem

dem Jahre 1872 (Newton 1872) vorzuziehen ist.

¹⁶ Zum Gedenken an den 300. Jahrestag von Newtons *Principia* (1687) erschienen desweiteren die englischsprachigen Editionen: *Newton's Principia and Its Legacy: Proceedings of a Royal Society Discussion Meeting Held on 30 June 1987*, herausgegeben von Desmond G. King-Hele und Alfred Rupert Hall (King-Hele/Hall 1988) und *Action and Reaction: Proceedings of a Symposium to Commemorate the Tercentenary of Newton's Principia*, herausgegeben von Paul Harold Theerman und Adele F. Seeff (Theerman/Seeff 1993) sowie der deutschsprachige Band *Die Anfänge der Mechanik: Newtons Principia gedeutet aus ihrer Zeit und ihrer Wirkung auf die Physik*, ediert von Kolumban Hutter und Gernot Böhme (Hutter/Böhme 1989). Sogar in Brasilien gedachte man Newtons *Principia* mit der von Moisés Nussenzveig zusammen mit Fernando Luiz Lobo Carneiro und Luiz Pinguelli Rosa herausgegebenen Publikation *300 anos dos Principia de Newton* (Nussenzveig/Carneiro/Rosa 1989).

¹⁷ Dies bestätigen u. a. Robert L. Walters und William H. Barber, die 1992 die *Éléments de la philosophie de Newton* Voltaires neu herausgegeben haben (Voltaire 1992a). Deren Stu-

Newtonianismus in Frankreich zum Durchbruch.¹⁸ Es ist kein Zufall, dass der Frontispiz der Amsterdamer Ausgabe aus dem Jahre 1738 du Châtelet zeigt. Von Putten umgeben schwebt sie im Raum zwischen den auf Wolken thronenden Newton und dem am Schreibtisch sitzenden Voltaire. Mit einem Spiegel fängt sie das Licht ein, welches von Newton ausgeht, um es an Voltaire weiterzuleiten.

2.2.3 Dissertation sur la nature et la propagation du feu

Während der Arbeiten an den *Éléments* bewarben sich du Châtelet und Voltaire 1737 unabhängig voneinander an einem im Frühjahr 1736 von der *Académie Royale des Sciences* ausgeschriebenen Wettbewerb zur Frage um die Natur und Ausbreitung des Feuers. Der Preis ging an Leonhard Euler, zwei weitere Arbeiten wurden prämiert, das Preisgeld entsprechend aufgeteilt. Nicht ausgezeichnet, aber publiziert wurde neben der Arbeit Voltaires diejenige du Châtelets: *Dissertation sur la nature et la propagation du feu* (Du Châtelet 1739). Du Châtelets *Dissertation* wurde 1744 auf Kosten der Akademie nochmals eigenständig aufgelegt (Du Châtelet 1744). Die offizielle Publikation erfolgte erst 1752 in den *Recueil des pièces qui ont remporté les prix de l'Académie Royale des Sciences* (Du Châtelet 1752).¹⁹

Du Châtelet verschwieg gegenüber Voltaire ihre Teilnahme am Wettbewerb.²⁰

die zitierend kommt auch Agnès Whitfield zu dem Schluss, du Châtelet sei « co-auteure » gewesen (Whitfield 2002, 94). Du Châtelets “Collaboration on Voltaire’s *Éléments*” dokumentiert auch Mary Ellen Waithe in ihrem Porträt “Gabrielle Émilie le Tonnelier de Breteuil Du Châtelet-Lomont” (Waithe 1991). Einen in diesem Zusammenhang interessanten Beitrag zur Veröffentlichungsgeschichte der Werke Voltaires bietet William Hanley in seinem Aufsatz “Voltaire, Newton, and the Law” (Hanley 1991). Nicht zu vergessen ist Véronique Le Rus Studie *Voltaire newtonien. Le combat d’un philosophe pour la science* (Le Ru 2005). Die Editionsgeschichte und Rezeption der *Éléments* in Deutschland haben Renate Wahsner und Horst-Heino von Borzeskowski in ihrer 1997 erschienenen Übersetzung *Elemente der Philosophie Newtons* untersucht (Voltaire 1997).

¹⁸ Zur Unterstützung und Publikmachung schrieb du Châtelet eine Rezension, die unter dem Titel « Lettre sur les Eléments de la Philosophie de Newton » anonym im *Journal des sçavans* erschien (Du Châtelet 1738).

¹⁹ Mit du Châtelets *Dissertation sur la nature et la propagation du feu* befassen sich die Arbeiten von Klaus Hentschel „Die Pariser Preisschriften Voltaires und der Marquise du Châtelet von 1738 über die Natur und Ausbreitung des Feuers“ (Hentschel 2005) und von Bernard Joly « Les théories du feu de Voltaire et de Mme du Châtelet » (Joly 2001).

²⁰ Klaus Hentschel schreibt dazu: „Im Sommer 1737 müssen Voltaire und seine Freundin kurz vor dem Stichdatum für die Einreichung (1. September 1737) ihre unterschiedlichen Auffassungen intensiv miteinander diskutiert haben, wobei Voltaire dabei stets annahm, daß es nur um seine Einreichung ging. Daß die Marquise heimlich in den Nächten des August 1737 ihren eigenen Essay verfaßte, sich dabei mit kalten Handbädern und gymnastischen Übungen wachhaltend, hatte er dank eigener Beschäftigung offenbar nicht bemerkt“ (Hentschel 2005,

Auch ihre Pläne, ein eigenes Physikbuch, bekannt geworden als *Institutions physiques*, zu verfassen, behielt sie zunächst aufgrund ihrer Meinungsverschiedenheiten mit Voltaire für sich. Je intensiver sich du Châtelet mit Newton befasste, desto klarer wurde sie sich über die Schwachstellen und Erklärungslücken des Newtonschen Weltsystems. Zugleich kam die Marquise durch ihrer Beschäftigung mit Leibniz und Wolff zu der Überzeugung, dass eine metaphysische Fundierung der Bewegungslehre dazu beitragen kann, die problematischen Punkte der Mechanik Newtons wenn nicht zu lösen, so doch deutlich zu machen.²¹

2.2.4 Institutions physiques

1740 veröffentlichte der Pariser Verlag Prault das Werk *Institutions de physique* (Du Châtelet 1740) anonym. Zwei Reprints in Amsterdam (Du Châtelet 1741a) und London (Du Châtelet 1741b) folgten kurz darauf. 1742 wurde die zweite modifizierte Ausgabe beim Amsterdamer Verleger *Aux Depens de la Compagnie* publiziert, nun mit Nennung der Autorin: *Institutions physiques de Madame la marquise du Châtelet adressés à son fils* (Du Châtelet 1742).²² Bereits ein Jahr nach der Publikation der zweiten Ausgabe der *Institutions physiques* lag die italienische und die deutsche Übersetzung vor: *Instituzioni di fisica di Madama la Marchesa du Chastellet indiritte a suo figliuolo* (Du Châtelet 1743b) bzw. *Der Frau Marquisinn von Chastellet Naturlehre an Ihren Sohn* (Du Châtelet 1743a).²³

178f.).

²¹ Voltaire war hier anderer Meinung, wie Mary Ellen Waithe feststellt: “Du Châtelet’s immersion in Leibniz’s metaphysics convinced her to delete some of the metaphysical material from Voltaire’s *Éléments* and to develop her own account of a metaphysical basis for Newtonian physics. Leibniz’s principle of sufficient reason had been incorporated by du Châtelet into some parts of Voltaire’s *Éléments* but Voltaire clearly had the final word here” (Waithe 1991, 132).

²² Ein Faksimile der Amsterdamer Ausgabe von 1742 wurde als 28. Band der Abteilung III: Ergänzungsreihe: *Materialien und Dokumente der Gesammelten Werke Christian Wolffs* 1988 neu aufgelegt (Du Châtelet 1988). Nach dieser Ausgabe wird in vorliegender Arbeit zitiert.

²³ Ein Reprint der deutschen Übersetzung *Naturlehre an ihren Sohn* von Wolf Balthasar Adolf von Steinwehr aus dem Jahr 1743 mit einer Einleitung von Ruth Hagengruber und Hartmut Hecht ist im Olms-Verlag angekündigt (Du Châtelet 2014b). Einschlägige Passagen aus den *Institutions physiques* wurden inzwischen ins Englische und sogar ins Spanische übersetzt. Unter der Überschrift “Foundations of Physics” haben Isabelle Bour und Judith P. Zinsser Auszüge aus den *Institutions physiques* in ihrer Edition *Selected Philosophical and Scientific Writings* ausgewählt und ins Englische übertragen (Zinsser/Bour 2009, 115–200). Erwähnenswert ist aber vor allem die spanische Übersetzung *Las Instituciones de Physique. Capítulos escogidos. Un manual de física en el siglo XVIII* von María de los Ángeles Macarrón Machado (Du Châtelet 2010). Von ihm stammt auch der Aufsatz «Madame du

Das Werk wurde rezensiert und kritisiert.²⁴ Du Châtelet selbst korrespondierte mit vielen Zeitgenossen, darunter Voltaire und Friedrich der Große, Pierre Louis Moreau de Maupertuis und Leonhard Euler, Christian Wolff und Gabriel Cramer.

Es war nicht zuletzt die Kontroverse mit Jean-Jacques Dortous de Mairan, damaliger Sekretär der französischen Akademie der Wissenschaften, stellvertretender Direktor und späterer Direktor und Herausgeber des *Journal des sçavans*, die du Châtelet internationale Aufmerksamkeit und breite wissenschaftliche Anerkennung verschaffte. Mairan war über du Châtelets Kritik an seiner Argumentation für das Maß der Kraft als dem Produkt von Masse und Geschwindigkeit, die sie in ihren *Institutions physiques* übte, verärgert und reagierte mit einem öffentlichen Schreiben, welches 1741 als Appendix der erstmals 1728 in den *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences* erschienenen Schrift Mairans *Dissertation sur l'estimation et la mesure des forces motrices des corps* (Mairan 1728) veröffentlicht wurde: « Lettre de MR. de Mairan, Secrétaire perpétuel de l'Académie Royale des Sciences, & c. à Madame la Marquise du Chastellet. Sur la question des forces vives, en réponse aux objections qu'elle lui fait sur ce sujet dans ses *Institutions de physique* » (Mairan 1741).

Du Châtelet antwortete in einem Brief vom 26. März 1741: « Réponse de Mme. *** à la lettre que M. de Mairan, secrétaire perpétuel de l'Académie royale des sciences, lui a écrite le 18 février sur la question des forces vives » (Du Châtelet 1741c). Beide Briefe wurden als Anhang in der zweiten Ausgabe der *Institutions physiques* abgedruckt und erschienen ein weiteres Mal als Appendix in der Prault-Ausgabe von 1744 der *Dissertation sur la nature et la propagation du feu* (Du Châtelet 1744).²⁵

2.2.5 Essai sur l'optique

Von du Châtelets kritischer Auseinandersetzung mit Newton zeugt auch ihr *Essai sur l'optique*. Von dieser Schrift war bisher nur ein von Ira O. Wade

Châtelet. Leibniziana Malgrè Voltaire » (Macarrón Machado 2009).

²⁴ Um ein Beispiel zu nennen: In der Juniausgabe 1741 des *Mercure de France* erschien eine kritische Besprechung Voltaires mit dem Titel « Exposition de livre des *Institutions physiques*, dans laquelle en examine les idées de Leibnitz » (Voltaire1741a).

²⁵ 1741 wurde der Briefwechsel von Louise Adelgunde Viktorie Gottsched unter dem Titel *Zwo Schriften, welche von der Frau Marquise von Chatelet und dem Herrn von Mairan, das Maaß der lebendigen Kräfte in den Körpern betreffend, sind gewechselt worden* (Gottschedin 1741) ins Deutsche übertragen und mehrmals zitiert in der von Johann Christoph Gottsched herausgegebenen und übersetzten *Theodicee: das ist, Versuch von der Güte Gottes, Freyheit des Menschen, und vom Ursprunge des Bösen* von Gottfried Wilhelm Leibniz (Leibniz 1744, 9, 22, 305 u. 483).

in *Studies on Voltaire. With Some Unpublished Papers of Mme du Châtelet* veröffentlichtes Fragment, nämlich das vierte Kapitel « De la formation des couleurs », aus dem Nachlass Voltaires in St. Petersburg bekannt (Du Châtelet 1947d). Von Fritz Nagel, dem Leiter der Bernoulli-Edition der Öffentlichen Bibliothek der Universität Basel, wurde du Châtelets *Essai sur l'optique* 2006 wiederentdeckt. Die Edition des Baseler *Essai sur l'optique* wird im Publikationsorgan der Schweizerischen Gesellschaft für die Erforschung des 18. Jahrhunderts (SGEAJ) von Fritz Nagel unter Mitarbeit von Sulamith Gehr vorbereitet (Du Châtelet 2014a).²⁶

2.2.6 Grammaire raisonnée

Darüber hinaus schrieb du Châtelet einen *Grammaire raisonnée*. Der Text, der sich heute im Voltaire-Nachlass befindet, wurde falscherweise den Werken Voltaires zugeordnet. Drei Kapitel (6–8) daraus sind ebenfalls in Ira O. Wades *Studies on Voltaire: With Some Unpublished Papers of Mme Du Châtelet* (Du Châtelet 1947e) veröffentlicht: « Des mots en général considérés selon leurs signification grammaticale », « Des mots qui représentent les objects de nos perceptions » und « Des mots qui désignent les opérations de notre entendement sur les objects ».²⁷

2.2.7 De la liberté

In der Publikation Ira O. Wades ist desweiteren das Fragment *De la liberté* (Du Châtelet 1947b) abgedruckt, welches ebenfalls im St. Petersburger Voltaire-Nachlass aufbewahrt wird. Auch dieses Manuskript wurde zu Unrecht Voltaire

²⁶ Der *Essai sur l'optique* wird im Handschriftenband der Universitätsbibliothek Basel aufbewahrt (UB Basel L I a 755, fo. 230–265). Informationen über diesen Fund gibt Nagel in “‘Sancti Bernoulli orate pro nobis’. Emilie du Châtelet’s Rediscovered *Essai sur l'optique* and Her Relation to the Mathematicians from Basel” (Nagel 2012).

²⁷ Du Châtelets *Grammaire raisonnée* ist der Sprachphilosophie und Grammatik der französischen Frühaufklärung zuzuordnen, für die die Auseinandersetzung mit der *Grammaire générale et raisonnée* von Antoine Arnauld und Claude Lancelot (Arnauld/Lancelot 1660) eine grundlegende Rolle spielt. Mit Ausnahme von Françoise Douay-Soublins Aufsatzes « Nouvel examen de la *Grammaire raisonnée* de Mme Du Châtelet » (Douay-Soublin 2008) gibt es meines Wissens so gut wie keine Studie, die sich der schwierigen Aufgabe der historischen Analyse und Einordnung von du Châtelets *Grammaire raisonnée* stellte. So wäre der Bezug zu César Chesneau, sieur Dumarsais, genannt Du Marsais, der eine Reihe von Einträgen zur Grammatik und Sprachphilosophie in der *Encyclopédie ou Dictionnaire raisonné des sciences* von Denis Diderot und Jean-Baptiste le Rond d’Alembert verfasste, weiterer Recherchen wert. Immerhin pries Du Marsais du Châtelets *Institutions physiques* mit den Worten: « Quelles sont les *institutions physiques* où il y a le plus d’ordre, de clarté, de précision et de profondeur? » (Du Marsais 1747, 328).

zugeschrieben. Du Châtelet setzt sich hier vor dem Hintergrund der Leibnizschen Theodizeeproblematik mit der Frage auseinander, ob und wie menschliche und göttliche Willens- und Handlungsfreiheit mit einem Determinismus kompatibel sind und welche Konsequenzen sich daraus für die Bewegungslehre ergeben.

Diese Problematik wurde damals im Umfeld der sog. *littérature philosophique clandestine* heftig diskutiert. Ein Beispiel unter vielen ist Bernard Le Bouyer de Fontenelles *Traité de la liberté* (Fontenelle 1743), der erstmals in den *Nouvelles libertés de penser* neben Beiträgen von César Chesneau Du Marsais und Jean-Baptiste De Mirabaud publiziert wurde, aber schon zuvor in diversen Zirkeln weitergereicht wurde.²⁸

2.2.8 Discours sur les miracles & Examens de la Bible

Einen relativ großen Raum nehmen unter der Zahl der *Traitées Clandestins* religionskritische Texte ein, die die christliche Offenbarungslehre mit ihrem Wunderglauben und anthropomorphen Gottesbild ablehnen und für eine an Vernunft und Moral zu messende Religion plädieren. Besonders starken Anklang fand nicht nur im Frankreich dieser Zeit die mehrfach aufgelegte Arbeit *Six Discourses on the Miracles of Our Savior* des Londoner Theologen Thomas Woolston (Woolston 1727). Am Beispiel von 15 Wundererzählungen aus dem Neuen Testament, die der Autor einer systematischen und polemischen Kritik unterzieht, kommt dieser zu dem Schluss, die heilige Schrift dürfe nicht buchstäblich, sondern bestenfalls allegorisch verstanden werden. Du Châtelet verfertigte eine kommentierte Übersetzung dieses Traktats. Das nicht autorisierte Manuskript *Extrait du Discours sur les miracles* im Voltaire-Nachlass St. Petersburg wurde von William Trapnell 2001 unter dem Titel *Six discours sur les miracles de Notre Saveur* neu ediert (Woolston 2001).²⁹

²⁸ Voltaires Bezug zu den Autoren der *littérature clandestine* ist Gegenstand der von Olivier René Bloch in der Reihe *La Lettre clandestine* herausgegebenen Publikation *Voltaire et les manuscrits philosophiques clandestins* (Bloch 2008). In seinem dort erschienenen Beitrag « Voltaire et les lettres à Eugénie » geht Bertram Eugene Schwarzbach auch auf du Châtelet ein (Schwarzbach 2008b). Pionierarbeit hat diesbezüglich einmal mehr Ira O. Wade mit *The Clandestine Organization and Diffusion of Philosophic Ideas in France from 1700 to 1750* geleistet (Wade 1938).

²⁹ Von William H. Trapnell stammt auch die Biographie *Thomas Woolston: Madman and Deist?* (Trapnell 1994) sowie die frühere Studie *Christ and his "Associates" in Voltairian Polemic: an Assault on the Trinity and the Two Natures* (Trapnell 1982). Es sei hier nur am Rande erwähnt, dass Voltaire ein Bewunderer Woolstons war und viele seiner Argumente übernommen bzw. zum Vorbild genommen hat. Über Voltaire gelangte das englische Original der *Six Discourses on the Miracles of Our Savior* in die Hände von Paul Henri Thiry d'Holbach. Holbach verfasste eine Reihe religionskritischer Schriften, die anonym erschienen sind, darunter die Übersetzung der *Discours sur les miracles de Jesus-Christ*

Zehn Jahre später, 2011, erschien die lang angekündigte Edition des bis dato unveröffentlichten Bibelkommentars du Châtelets *Examens de la Bible*, herausgegeben von Bertram Eugene Schwarzbach (Du Châtelet 2011).³⁰ In einer Reihe von Studien, u. a. « Les études bibliques à Cirey: De l'attribution à Mme du Châtelet des Examens de la Bible et de leur typologie » (Schwarzbach 2001), « Mme Du Châtelet's Examens de la Bible and Voltaire's La Bible enfin expliquée » (Schwarzbach 2006), « Mme Du Châtelet et la Bible » (Schwarzbach 2008a) und "Reason and the Bible in the So-Called Age of Reason" (Schwarzbach 2011) hat Schwarzbach den Bibelkommentar auf Basis der Originalmanuskripte, die in der Stadtbibliothek von Troyes und in der Nationalbibliothek in Brüssel verwahrt werden, ausführlich untersucht und auf die Bezüge zum Benediktinerabt Augustin Calmet aufmerksam gemacht, der mit du Châtelet und Voltaire befreundet und von dessen 23 Bände umfassenden Bibelkommentar *La Sainte Bible en latin et en françois, avec un commentaire littéral et critique* (1707–1716) du Châtelet tief beeindruckt war.

2.2.9 Discours sur le bonheur

Relativ gut bekannt und gern gelesen, aber quellenkritisch wenig erschlossen ist du Châtelets Schrift über das Glück. Der « Discours sur le bonheur » wurde erstmals postum 1779 in *Huitième recueil philosophique et littéraire* (Du Châtelet 1779) veröffentlicht und ein weiteres Mal unter dem etwas veränderten Titel « Réflexions sur le Bonheur » 1796 in den *Opuscules philosophiques et littéraires, la plupart posthumes ou inédites* (Du Châtelet 1796) sowie in den *Lettres inédites de madame la marquise Du Châtelet à M. le Comte D'Argental* (Du Châtelet 1806, 335–378). Doch blieb es relativ still um du Châtelets *Discours*. Dies änderte sich erst mit der Neuedition von Robert Mauzi (Du Châtelet 1961), dessen einseitige psychologische Charakterisierung Élisabeth Badinter zu einer weiteren kritische Edition veranlasste (Badinter 1997), nachdem Maria Cristina Leuzzi eine italienische Übersetzung mit dem Titel *Discorso sulla felicità* vorgelegt hatte (Du Châtelet 1992). Eine deutsche Übersetzung von Iris Röbling erschien 1999 unter dem Titel *Rede vom Glück*, 2006 unter gleichnamigen Titel auch als Audio-CD. Ein Auszug aus dem *Discours sur le bonheur* in deutscher Übersetzung findet man auch in Ruth Hagengrubers Edition *Klassische philosophische Texte von Frauen* (Hagengruber 1998) und in englischer Übersetzung in Isabelle Bours und Judith P. Zinssers *Selected Philosophical*

Woolstons (Woolston 1769). Der Bezug zu du Châtelets Übersetzung wäre weiterer Nachforschungen wert.

³⁰ Lediglich das Fragment *Examen de la Genèse* aus dem Voltaire-Nachlass war dank Aufnahme in Ira O. Wades *Studies on Voltaire: With Some Unpublished Papers of Mme Du Châtelet* bekannt (Du Châtelet 1947a).

and *Scientific Writings* (Zinsser/Bour 2009). Es ist kein Zufall, dass Julien Offray de La Mettrie, damaliges Mitglied der Preußischen Akademie der Wissenschaften und Leibarzt Friedrichs II., auch einen *Discours sur le bonheur* schrieb. La Mettrie ließ diese Schrift 1748, als Einleitung einer Übersetzung von Senecas *De beata vita* getarnt, unter dem Titel *Traité de la vie heureuse, par Sénèque, avec un Discours du traducteur sur le même sujet* (La Mettrie 1748a) drucken. Dieses Buch, das nicht nur am Preußischen Hof für Furore sorgte und unter dem Stichwort „Anti-Seneca“ berühmt geworden ist, erachtete La Mettrie als sein Hauptwerk. 1751 wurde dieses als *Das höchste Gut oder des Herrn de la Mettrie Philosophische Gedanken über die Glückseligkeit* (La Mettrie 1751b) ins Deutsche übersetzt. Im selben Jahr erschien unter dem Titel *L'art de jouir* (La Mettrie 1751a) die stark revidierte und erweiterte Fassung seiner Schrift *La Volupté* von 1745 bzw. 1747, die La Mettrie du Châtelet gewidmet hat (La Mettrie 1747a), sowie die deutschsprachige Version *Die Kunst die Wollust zu empfinden* (La Mettrie 1751c).³¹

2.2.10 La Fable des abeilles de Mandeville

Sehr viel kritischer stand du Châtelet Bernard Mandeville gegenüber, dessen Offensive gegen den von der Kirche propagierten ethischen Altruismus europaweit für Zündstoff sorgte.³² Viele seiner Schriften, darunter *Free Thoughts on Religion, the Church, and National Happiness* (Mandeville 1720) und *The*

³¹ Von Bernd A. Laska wurden *Die Kunst, Wollust zu empfinden* (La Mettrie 1987a) neu übersetzt und kommentiert. Obwohl Laska das Verdienst einer Neubewertung La Mettries jenseits der stereotypen Vereinnahmung als materialistischer Atheist und einseitigen Fokussierung auf seine Schrift *L'homme machine* (La Mettrie 1748b) zu verdanken ist, fehlt auch bei ihm eine fundierte historische Kontextualisierung La Mettries im Umfeld des Cirey-Kreises – kein Wort zum Brief La Mettries an du Châtelet, den der französische Arzt und Philosoph der zweiten Ausgabe seiner *Histoire naturelle de l'âme* (La Mettrie 1747b) anhängte, kein Wort zur Debatte um La Mettrie in den Gelehrtenzeitschriften der damaligen Zeit, von der *République des lettres* über das *Journal des Sçavans* bis hin zu den *Göttingischen Zeitungen von gelehrten Sachen*. Dies ist umso erstaunlicher, als John Falvey in seiner kritischen Ausgabe des *Discours sur le bonheur* (La Mettrie 1975) auf die Beziehung La Mettries zum Cirey-Kreis um du Châtelet aufmerksam gemacht hat. Man vergleiche auch die diesbezüglichen Ausführungen von Ruth Hagenruber in „Das Glück der Vernunft. Emilie du Châtelets Reflexionen über die Moral“ (Hagenruber 2012b, 112) und in „Emilie du Châtelet Between Leibniz and Newton: The Transformation of Metaphysics“ (Hagenruber 2012b, 47–49) mit Bezug auf Ursula Pia Jauch: *Jenseits der Maschine. Philosophie, Ironie und Ästhetik bei Julien Offray de La Mettrie (1709–1751)* (Jauch 1998). Der Brief La Mettries an du Châtelet wurde in einem Sonderheft der Zeitschrift *Corpus. Revue de Philosophie* wiederabgedruckt (La Mettrie 1987b).

³² Ein Beispiel ist Jacques-François Deluc's *Lettre critique sur la Fable des abeilles* (Deluc 1746), eine Arbeit, die falscherweise seinem Freund Jean-Jacques Rousseau zugeschrieben worden ist.

Fable of The Bees: or, Private Vices, Publick Benefits (Mandeville 1714) wurden ins Französische, Deutsche, Niederländische und Italienische übersetzt und waren Gegenstand einer umfangreichen Debatte, bekannt geworden als „Bienenfabel-Kontroverse“.³³ In einem Brief an Francesco Algarotti vom 20. Mai 1736 erwähnt du Châtelet, dass sie an der Übersetzung der „Bienenfabel“ arbeite: « Je traduis *The fable of the bees* de Mandeville; c’est un livre qui mérite que vous le lisiez si vous ne le connaissez pas. Il est amusant et instructif » (Du Châtelet 1878, 90).³⁴ Diese gegenüber Mandeville bewundernden Worte täuschen. In Wirklichkeit schrieb du Châtelet Mandevilles Text um.³⁵

Ruth Hagengruber zufolge ist du Châtelets Mandeville-Übersetzung im Hinblick auf ihr Œuvre von grundlegender Bedeutung (Hagengruber 2012b, 123):

Emilie du Châtelets Kommentar zu Mandevilles Ethik ist von erheblicher Bedeutung für jeden, der die Entwicklung in ihrem Werk verstehen will. Hier findet sich bereits ihre Kritik am englischen Empirismus und Sensualismus und die Kritik, die sie in dieser frühen Schrift daran entwickelt, wird sie auf ihre naturphilosophischen Überlegungen übertragen. Hier finden wir schon den Grund, weshalb sie die Theorien Newtons in der nämlichen Hinsicht kritisiert. Auch Newton steht in der Tradition der englischen Empiristen und sein Credo besteht darin, nur Beobachtung zuzulassen und keine Hypothesen. Gerade für die Notwendigkeit von Hypothesen spricht sie sich aus, schließlich kann es nicht sein, dass Einzelfälle zu einer Gesetzmäßigkeit erhoben werden. Denn selbst die Übereinstimmung wissenschaftlicher Theorien mit Erfahrungsdaten sagt nichts über die tatsächliche Geltung einer Theorie aus, ob es sich so verhält oder nicht. Erfahrungen könnten durch verschiedene Theorien erklärt werden.

³³ Schon Paul Sakmann hat diese Kontroverse in *Bernard de Mandeville und die Bienenfabel-Kontroverse: Eine Episode in der Geschichte der englischen Aufklärung* (Sakmann 1897) untersucht. Mandevilles Schrift *Free Thoughts on Religion, the Church, and National Happiness* wurde 2001 von Irwin Primer neu herausgegeben und umfassend kommentiert (Primer 2001). Als grundlegende kritische Edition von *The Fable of the Bees* gilt nach wie vor die von Frederick Benjamin Kaye 1924 vorgelegte Ausgabe (Mandeville 1924).

³⁴ Das Vorwort zu ihrer Übersetzung *La Fable des abeilles de Mandeville* sowie weitere Auszüge sind in Ira O. Wades *Studies on Voltaire: With Some Unpublished Papers of Mme Du Châtelet* abgedruckt (Du Châtelet 1947c).

³⁵ Zu diesem Ergebnis kommen u. a. auch Ruth Hagengruber: „Emilie du Châtelet schreibt Mandeville in Teilen sogar um“ (Hagengruber 2011a, 116), und Judith P. Zinsser: “In the end, she created a book of ethics that is very much her work, a transposition of Mandeville’s thought, rather than a translation” (Zinsser/Bour 2009, 37). Bestätigt wird diese These durch Felicia Gottmannas Artikel “Du Châtelet, Voltaire, and the Transformation of Mandeville’s Fable” (Gottmanna 2012).

Ob du Châtelet tatsächlich ihre ethischen Überlegungen auf ihre naturphilosophischen übertragen hat, sei dahingestellt. Parallelen zwischen beiden Bereichen bestehen auf jeden Fall.³⁶ Hier wie dort verfolgte du Châtelet das Ziel, zwischen einer rationalistischen Prinzipienlehre und einem in der experimentellen Forschungspraxis zu verankernden Hypothesenfallibilismus zu vermitteln.

2.2.11 Lettres

Am Ende dieses keinesfalls vollständigen Querschnitts über du Châtelets Œuvre noch einige Bemerkungen zum Briefwechsel: Als einschlägig gilt bislang die von Theodore Bestermann 1958 herausgegebene zweibändige Ausgabe *Les lettres de la marquise du Châtelet* mit 486 Briefen (Bestermann 1958). In der Bestermann-Ausgabe wurden u. a. Jean Eckards Edition *Lettres inédites de Mme la M^{me} Du Châtelet, et supplément à la correspondance de Voltaire avec le roi de Prusse et avec différentes personnes célèbres* (Du Châtelet 1818) und Eugène Asses Edition *Lettres de Madame du Châtelet* (Du Châtelet 1878) aufgenommen.

Tatsächlich ist aber der Briefwechsel du Châtelets wesentlich umfangreicher.³⁷ Weitere Recherchen bleiben ein drängendes Desiderat. Viele Handschriftenkataloge kommen als mögliche Fundortquellen in Betracht. Neben der *Bibliothèque nationale de France* und dem Voltaire-Nachlass in St. Petersburg wären auch Archive in England, Deutschland, der Schweiz, Italien und den Niederlanden aufzusuchen, da sich dort Handschriftenbestände und Manuskriptsammlungen derjenigen Personen befinden, mit denen du Châtelet korrespondierte, beispielsweise mit Abbé Jacquier, James Jurin, Daniel Cramer, Leonhard Euler und Christian Wolff. Mit Spannung darf die angekündigte Neuausgabe der Korrespondenz du Châtelets erwartet werden, die unter Direktion von Ulla Kölving und André Magnan am *Centre international d'étude du XVIIIe siècle de Ferney-Voltaire* vorbereitet wird.³⁸

³⁶ Tatsächlich wurde Mandeville als der „Newton der politischen Ökonomie“ gefeiert, beispielsweise von Adam Smith. In einer Rezension zu der von William Playfair herausgegebenen Neuausgabe des drei Bände umfassenden Werkes *An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations* (Smith 1805) in der Dezemberausgabe der Zeitschrift *The Anti-Jacobin Review and Magazine, or, Monthly Political and Literary Censor* ist zu lesen: „Bacon and Newton were the fathers of legitimate inquiry in natural, and Mandeville in political philosophy“ (Anonymous 1805, 358).

³⁷ Zur wissenschaftlichen Korrespondenz du Châtelets vergleiche man auch Roland Bonnells Artikel « La correspondance scientifique de la marquise Du Châtelet: la *lettre-laboratoire* » (Bonnell 2000) und Béatrice Didiers « La correspondance de Mme Du Châtelet, un journal intime? » (Didier 2008).

³⁸ Hilfreich ist im Vorfeld die von Oliver Courcelle erstellte Webseite *Chronologie de la vie de Clairaut (1713–1765)* mit einer Auflistung und online-Publikation des Briefwechsels Clairauts. Die URL lautet: <http://www.clairaut.com/> [03.12.2013].

3 Du Châtelets *Institutions physiques* im historischen Kontext

In diesem Kapitel wird auf die Entstehungs- und Editions-geschichte der *Institutions physiques* detaillierter eingegangen und diese in den wissenschaftsphilosophischen Diskurs ihrer Zeit vor dem Hintergrund der Newton-Rezeption eingeordnet. Dabei gilt im Auge zu behalten, was Ruth Hagen-gruber¹ wiederholt betont hat: Die *Institutions physiques* sind im Kontext der anderen Werke du Châtelets zu lesen, gleichviel, ob sie nur fragmentarisch geblieben bzw. überliefert sind, gleichviel, ob sie publiziert worden sind oder nicht, gleichviel, ob sie aus heutiger Sicht der Physik, Ethik oder Theologie zuzuordnen sind.

Zur Editions- und Rezeptionsgeschichte gehören du Châtelets Disput mit Jean-Jacques Dortous de Mairan, damaliger Sekretär der französischen Akademie der Wissenschaften, sowie der Plagiatsvorwurf des Schweizer Mathematikers und Wolffianers Johann Samuel König. Beide Querelen verschafften du Châtelet zu einer internationalen Beachtung, die in einem ambivalenten Spannungsverhältnis zwischen Akzeptanz und Ablehnung stand. Die Einbettung der Editions- und Rezeptionsgeschichte der *Institutions physiques* in die damalige deutsch-französische Wissenschaftspolitik dokumentiert und erklärt diese bis heute diskutierte Ambivalenz. Komponenten dieser Wissenschaftspolitik waren die Causa Wolff, die Neugründung der Königlich-Preußischen Akademie der Wissenschaften unter Friedrich II., die Sozietät der Alethophilen und der Gottsched-Kreis.

3.1 Die Editions-geschichte

1740 erschien im Pariser Verlag Prault anonym ein Werk mit dem Titel *Institutions de physique*. Die Autorin war Émilie du Châtelet. Zwei Reprints in Amsterdam und London 1741 folgten.

Eigentlich sollten die *Institutions physiques* im selben Jahr wie Voltaires *Éléments de la philosophie de Newton* erscheinen. Laut dem « Avertissement du Libraire » war das Buch beim Verleger Prault am 18. September 1738 zum Druck eingereicht worden: « Ce premier Tome des *Institutions de Physique*

¹ Unter anderem in “Emilie du Châtelet Between Leibniz and Newton: The Transformation of Metaphysics” (Hagen-gruber 2012b, 10–13).

était prêt à être imprimé dès le 18. Septembre 1738 » (Du Châtelet 1740).² Dass weitere zwei Jahre bis zur tatsächlichen Publikation 1740 verstrichen, lag daran, dass die Autorin die Metaphysik Leibniz' in das Werk einbeziehen und entsprechende Änderungen vornehmen wollte.

1742 wurde die zweite modifizierte und mit einem Anhang versehene Ausgabe publiziert, nun mit Nennung der Autorin: *Institutions physiques de Madame la marquise du Châtelet adressés à son fils*. Bereits ein Jahr nach der Publikation der zweiten Ausgabe der *Institutions physiques* lag die deutsche und die italienische Übersetzung vor: *Der Frau Marquisinn von Chastellet Naturlehre an Ihren Sohn* (Du Châtelet 1743a) bzw. *Instituzioni di fisica di Madama la Marchesa du Chastellet indiritte a suo figliuolo* (Du Châtelet 1743b).

In der Einleitung wird die Arbeit als Lehrbuch für den Sohn ausgegeben. Eine Vertrautheit mit der Analysis oder Differential- und Integralrechnung sei nicht notwendig, so heißt es. Das Buch sei lediglich als Einführung in die Naturlehre oder Physik auf Basis elementarer geometrischer Grundkenntnisse gedacht. In Wirklichkeit waren die *Institutions physiques* mehr und anderes als ein Buch für den Unterricht und Hausgebrauch, sondern von einer provokativen Sprengkraft, die es zum Gesprächsthema in den Salons, Höfen und intellektuellen Kreisen in ganz Europa machte.

3.2 Der Disput mit Jean-Jaques Dortous de Mairan

Es war der Disput mit Jean-Jacques Dortous de Mairan, damaliger Sekretär der französischen Akademie der Wissenschaften, stellvertretender Direktor und späterer Direktor und Herausgeber des *Journal des sçavans*, durch den sich du Châtelet Akzeptanz und Geltung verschaffte. Mairan hatte in seiner *Dissertation sur l'estimation et la mesure des forces motrices des corps* für die Erhaltung der Bewegungsgröße (Produkt von Masse und Geschwindigkeit) argumentiert (Mairan 1728).

Dass seine Rechtfertigung der Cartesischen Bewegungsgröße von du Châtelet in den *Institutions physiques* als falsch hingestellt wurde, darauf wollte er es nicht beruhen lassen. Mairan, dem du Châtelet im Dezember 1740 eine Kopie ihres Werkes zukommen ließ, reagierte mit einem öffentlichen Schreiben. Es ist auf den 18. Februar 1741 datiert und wurde als Appendix der erneut aufgelegten *Dissertation* veröffentlicht: *Lettre de MR. de Mairan, Secrétaire perpétuel de l'Académie Royale des Sciences, & c. à Madame la Marquise du Chastellet. Sur la question des forces vivres, en réponse aux objections qu'elle lui fait sur ce sujet dans ses Institutions de physique* (Mairan 1741).

² Das unveröffentlichte Manuskript von 1738 wird heute in der *Bibliothèque nationale de France* (ffr. 12265) aufbewahrt.

Du Châtelet antwortete in einem 37 Seiten umfassenden Brief vom 26. März 1741, in dem sie sich gegen die Vorwürfe Mairans verteidigte: *Réponse de Mme. *** à la lettre que M. de Mairan, Secrétaire perpétuel de l'Académie Royale des Sciences, lui a écrite le 18 février sur la question des forces vives*. Beide Briefe wurden als Anhang in der zweiten Ausgabe der *Institutions physiques* (Du Châtelet 1742) abgedruckt und erschienen ein zweites Mal als Appendix in der Prault-Ausgabe von 1744 der *Dissertation sur la nature et la propagation du feu* (Du Châtelet 1744).³

Mairan warf du Châtelet vor, seine Arbeit nicht richtig gelesen, sondern falsch interpretiert und zitiert zu haben. Er unterstellte ihr, nichts von Mathematik zu verstehen und aus diversen Experimenten falsche Schlüsse gezogen zu haben. Dass du Châtelet für die Leibnizsche Theorie der Krafterhaltung argumentierte, deutet Mairan zynisch als plötzlichen Gesinnungswandel und als Laune.

Du Châtelet antwortete akribisch. Satz für Satz und Zeile für Zeile ging sie auf Mairans Vorwürfe ein. Dabei zog sie alle Register ihres rhetorischen und argumentativen Könnens, um den Gegner gleichsam mit den eigenen Waffen zu schlagen. Manche Passagen könnte man fast schon als geistreiche Persiflage auffassen. Zumindest stand du Châtelet hinsichtlich des pointierten Einsatzes der ironischen Rhetorik Mairan ins Nichts nach. Darüber hinaus behauptete sie sich auch inhaltlich. Hatte Mairan ihr vorgeworfen, nichts von Mathematik zu verstehen, so belehrte sie den Leser eines Besseren, indem sie dem Akademiesekretär Fehler in seiner mathematischen Beweisführung nachwies.

Eine Fortsetzung der Diskussion zwischen Mairan und du Châtelet kam nicht zustande. Mairan schwieg. In einem Brief an Charles Augustin Feriol, comte d'Argental vom 2. Mai 1741 äußerte sich die Marquise dazu selbstbewusst (Bestermann 1958, Nr. 269):

Il est dans une situation cruelle, je l'avoue, car son silence est un aveu de son tort, et sa réponse ne feroit que montrer sa faiblesse.

Du Châtelet interpretierte Mairans Schweigen als Kapitulationserklärung, als implizites Eingeständnis, ihren Argumenten nicht gewachsen zu sein. In der Tat wollte Mairan kein weiteres Aufsehen über den Disput mit du Châtelet erregen und vermeiden, dass sich andere berühmte Gelehrte in die Auseinandersetzung einschalteten, um für du Châtelet Partei zu ergreifen. Insbesondere fürchtete Mairan das Einschalten Gabriel Cramers aus Genf, der als Berförworter der

³ Mehrere hundert Kopien kursierten zudem zwischen den Mitgliedern der Pariser Akademie und der République des Lettres. Laut Judith Zinsser ließ du Châtelet fünfhundert Kopien von ihrem Antwortschreiben drucken und verteilen (Zinsser 2007a, 191).

Leibnizschen *vis viva*-Theorie du Châtelets Kritik an Mairan für gerechtfertigt hielt. Hätte sich Cramer öffentlich zu Wort gemeldet und du Châtelet gegen Mairan verteidigt, hätte dies aufgrund der vielen Kontakte, die Cramer zu der Bernoulliefamilie, zu Leonhard Euler und Samuel König, zu Bernard le Bovier de Fontenelle, Pierre-Louis Moreau de Maupertuis, Alexis Claude Clairaut und Voltaire, zu Pieter van Musschenbroek und Willem Jacob 's Gravesande, und schließlich auch zu Christian Wolff pflegte, um nur einige Namen zu nennen, weitreichende Konsequenzen gehabt.⁴ Hinzu kam, dass Cramer als Herausgeber der fünf Bände der *Elementa matheseos universae* von Christian Wolff, der *Opera Omnia* von Johann I. Bernoulli sowie von Jakob Bernoulli und schließlich des Briefwechsels zwischen Johann I. Bernoulli und Gottfried Wilhelm Leibniz eine maßgebende Rolle spielte.⁵ Die Schweizer spielten nicht nur für die französische Leibniz-Rezeption des frühen 18. Jahrhunderts eine maßgebende Rolle. Sie hinterließen auch im Newton-Bild der Franzosen ihre Handschrift.

3.3 Newton in Frankreich

Newton hatte in seinen *Principia* behauptet, dass die Erde keine Kugel ist, und er hatte ein Maß für die Abplattung an den Polen unter der Voraussetzung einer homogenen Massenverteilung sowie des Gleichgewichts von Zentrifugal- und Gravitationskraft angegeben. Dass die Erde die Gestalt eines an den Polen abgeplatteten Rotationsellipsoids oder Sphäroids habe, legte auch die von

⁴ Obwohl Jean-Jaques Dortous de Mairan und Gabriel Cramer in der Mathematik- und Physikgeschichte zu keinen unbekanntenen Größen zählen, gibt es nur wenige Arbeiten über sie, darunter die Dissertation von Abby Rose Kleinbaum *Jean Jacques Dortous de Mairan (1678–1771). A Study of an Enlightenment Scientist* (Kleinbaum 1970) und die Studie von Ellen McNiven Hine *Jean-Jacques Dortous de Mairan and the Geneva Connection: Scientific Networking in the Eighteenth Century* (McNiven Hine 1996). Eine Monographie über Cramer ist mir nur von Isaac Benguigui bekannt: *Gabriel Cramer: illustre mathématicien, 1704–1752* (Benguigui 1998). Bedeutend ist auch heute noch Rudolf Wolfs Biographie über Cramer im dritten Band der *Biographien zur Kulturgeschichte der Schweiz* (Wolf 1860, 203–226). Die Edition der Briefwechsels von Mairan als auch von Cramer gilt als Desiderat. Deren Briefe wurden bisher nur bruchstückhaft ediert. Die Korrespondenz zwischen Cramer und du Châtelet wurde in die Bestermann-Ausgabe (Bestermann 1958) nicht aufgenommen.

⁵ Wolffs *Elementa matheseos universae* wurden erstmals in zwei Bänden 1713 bzw. 1715 publiziert. Die von Cramer herausgegebene zweite erweiterte Auflage in fünf Bänden erschien zwischen 1732 und 1741. Auf die *Opera Omnia* von Johann I. Bernoulli 1742 folgten diejenige von Jakob Bernoulli 1744 und schließlich der Briefwechsel zwischen Johann I. Bernoulli und Gottfried Wilhelm Leibniz 1745. Entsprechende Hinweise finden sich bei Fritz Nagel in seinem Aufsatz „Schweizer Beiträge zu Leibniz-Editionen des 18. Jahrhunderts: die Leibniz-Handschriften von Johann Bernoulli und Jacob Hermann in den Briefwechseln von Bourguet, König, Kortholt und Cramer“ (Nagel 1994).

Jean Richer 1672 in Cayenne beobachtete Verkürzung des Sekundenpendels in geringeren Breiten nahe. Diesen Befunden widersprachen die Ergebnisse der Cassinis. Jean Dominique Cassini und sein Sohn Jacques Cassini hatten durch Vermessung des Pariser Meridians einen Wert ermittelt, aus dem sich nicht eine an den Polen abgeplattete Erdgestalt ergab, sondern die eines längs der Achse gedehnten Ellipsoids.

Zur Überprüfung der Korrektheit der Messeresultate wurden von König Ludwig XV. zwei Expeditionen entsandt. Um einen Grad des Meridians in der Nähe des Äquators zu vermessen, brach 1735 eine Gruppe von Akademikern um Louis Godin, Charles-Marie La Condamine und Pierre Bouguer nach Peru auf. Ein Jahr später reiste unter der Leitung von Pierre Louis Moreau de Maupertuis ein weiteres Forscherkollegium (darunter Claude Clairaut, Charles-Etienne Camus, Pierre-Charles Le Monnier, Abbt Réginald Outhier sowie Anders Celsius) nach Lappland in die Nähe des Polarkreises, um Messungen zur Bestimmung der Figur der Erde vorzunehmen. Ergab sich, so die Überlegung, eine Ablattung der Erde an den Polen, sprach dies für Newtons Theorie der Schwere, die Abplattung am Äquator hingegen für die Cartesische Wirbeltheorie.⁶

In Frankreich entbrannte nach der Rückkehr der „Lappländer“ 1737 ein Streit um die Validität der durchgeführten Messwerte. Jean-Dominique und Jacques Cassini waren nämlich weiterhin der Ansicht, durch geodätische Messungen nachgewiesen zu haben, dass die Erde an den Polen zugespitzt sei. Von Maupertuis' anders lautenden Ergebnissen, dass die Erde an den Polen abgeplattet ist, zeigten sie sich unbeeindruckt. Die Tatsache, dass letztlich Maupertuis trotz korrigierter Nachmessungen Recht behielt, kommentierte Voltaire mit den ironischen Worten, Maupertuis habe die Pole und die Cassinis platt gemacht: « Aplati les pôles et les Cassini », soll Voltaire Maupertuis beglückwünscht haben (Saigey 1873, 47).⁷

⁶ Dem Anschein nach handelt es sich um den klassischen Fall eines *experimentum crucis*. In Wirklichkeit sind die Exkursionen nach Lappland und Peru illustrative Beispiele für die Abhängigkeit wissenschaftlicher Theoriebildung von institutionellen Rahmenbedingungen und Machtstreitigkeiten sowie von der kommunikativen Verflechtung unterschiedlicher *scientific communities*.

⁷ Auf die Expeditionen kann hier nicht ausführlich eingegangen werden. Weiterführend siehe die Beiträge von Mario Howald-Haller „Maupertuis' Messungen in Lappland“ (Howald-Haller 1999) und von Jean-Pierre Martin « Pierre-Louis Moreau de Maupertuis: maitre d'oeuvre de l'expédition de Laponie (1736–1737) » (Martin 1999), die in dem von Hartmut Hecht herausgegebenen Band *Pierre Louis Moreau de Maupertuis. Eine Bilanz nach 300 Jahren* (Hecht 1999a) erschienen sind. Im selben Jahr hat Hecht in der Zeitschrift *Berichte zur Wissenschaftsgeschichte* den Aufsatz „Neue Dimensionen wissenschaftlicher Reisen im 18. Jahrhundert. Maupertuis' Lapplandexpedition“ (Hecht 1999b) verfasst. Auch Florian Wagner setzt sich in seiner Dissertation *Die Entdeckung Lapplands: die Forschungsreisen*

In der Zeit, als die Lappland-Exkursion Hauptgesprächsthema am französischen Hofe, in den Pariser Salons und nicht zuletzt an der französischen Akademie war, hielt sich Maupertuis immer wieder in Cirey auf. Im Januar 1739 reiste er kurzfristig zu der Mathematikerfamilie Bernoulli nach Basel. Maupertuis war nicht zum ersten Mal dort. Schon 1728, unmittelbar nach seinem Aufenthalt in London, hatte er auf Anraten Gabriel Cramers Basel besucht, um die Vorlesungen von Johann I. Bernoulli zu hören.

Der Schweizer Mathematiker galt seinerzeit als Koryphäe auf dem Gebiet der Infinitesimalrechnung. Als ein enger Vertrauter Leibniz', mit dem er einen regen Briefwechsel führte, hatte Bernoulli im Prioritätsstreit zwischen Leibniz und Newton für ersteren Partei ergriffen. Bernoulli anerkannte Newtons Gravitationstheorie, versuchte aber, diese auf die Grundlage der Cartesischen Wirbeltheorie zu stellen und mittels Leibniz' Mathematik und Dynamik weiterzuentwickeln. 1734, zwei Jahre vor Maupertuis' Lapplandreise, hatte die Pariser Akademie der Wissenschaften zur Frage über die Ursache der verschiedenen Neigung der Planetenbahnen gegen den Äquator der Sonne zwei Arbeiten preisgekrönt: « Essai d'une nouvelle Physique céleste, servant à expliquer les principaux Phenomenes du Ciel, & en particulier la cause physique de l'inclinaison des Orbites des Planetes par rapport au plan de l'Equateur du Soleil » von Johann I. Bernoulli (Bernoulli [Johann I] 1734) und „Disquisitiones Physico-Astronomicae problematis ab inclyta scientiarum Academia Regia iterum propositi“ von Daniel Bernoulli (Bernoulli [Daniel] 1734). Um mit den Bernoullis diese Arbeiten persönlich zu diskutieren, war Maupertuis gemeinsam mit seinem jüngeren Freund Alexis Claude Clairaut erneut nach Basel gereist. Maupertuis hatte inzwischen über die Theorie der Erdgestalt eine Reihe von Arbeiten verfasst, u. a. den *Discours sur les différentes figures des astres* (Maupertuis 1732).⁸

Nach seiner Lapplandreise führte Maupertuis der Weg ein drittes Mal nach Basel. Auf der Rückreise nach Frankreich begleiteten ihn diesmal seine Freunde und Kollegen Johann II. Bernoulli und Johann Samuel König. Im März 1739 trafen diese in Cirey ein. Du Châtelet suchte zu dieser Zeit nach ei-

Carl von Linnés und Pierre Louis Moreau de Maupertuis' in den 1730er Jahren (Wagner 2004) mit besagter Thematik auseinander. Erwähnt sei nicht zuletzt John Leonard Greenbergs Monographie *The Problem of the Earth's Shape from Newton to Clairaut: the Rise of Mathematical Science in Eighteenth-Century Paris and the Fall of "Normal" Science* (Greenberg 1995).

⁸ Weitere Details, auf die hier nicht eingegangen werden kann, werden in den Biographien von David Beeson *Maupertuis: An Intellectual Biography* (Beeson 1992), Laurent Angliviel de La Beaumelle *Vie de Maupertuis, suivie des Lettres inédites de Frédéric le Grand et de Maupertuis* (La Beaumelle 1856) und Michel Valentin *Maupertuis: Un savant oublié* (Valentin 1998) sowie in Peter Merians Festschrift *Die Mathematiker Bernoulli. Jubelschrift zur vierten Säkularfeier der Universität Basel* (Merian 1860) geschildert.

nem Tutor und Mitarbeiter, um ihre mathematischen Kenntnisse bezüglich der Differentialrechnung zu vertiefen. Darüber hinaus war sie an der Erschließung und Übersetzung neuer Forschungsliteratur im Umkreis der Leibnizianer interessiert. Gerne hätte sie Johann II. Bernoulli für Cirey gewonnen, doch dieser lehnte ihre Anfrage ab und kehrte nach Basel zurück.⁹ Wer blieb, war König, ein aus Bern stammender Mathematiker.

Mit dem Namen Johann Samuel König ist einer der spektakulärsten Streitfälle der Wissenschaftsgeschichte verbunden, der Streit über das Prinzip der kleinsten Wirkung, worauf noch ausführlicher eingegangen wird. König warf Maupertuis vor, das von ihm konstatierte Prinzip der kleinsten Wirkung habe schon Leibniz formuliert. Zur Untermauerung dieser Behauptung legte König die Abschrift eines Briefes von Leibniz aus dem Jahre 1707 vor. Am 13. April 1752 wurde in der Berliner Akademie der Wissenschaften König als vorsätzlicher Fälscher verurteilt. Die Auseinandersetzung zog weite Kreise und hatte zur Folge, dass Maupertuis sein Amt als Akademiepräsident niederlegen musste.

3.4 Der Vorwurf Johann Samuel Königs

Zwischen Johann Samuel König und Émilie du Châtelet entwickelte sich eine zunächst kollegiale Zusammenarbeit. Johann Samuel König war Sohn von Samuel Heinrich König. Dieser war aufgrund seines Engagements für den Pietismus 1698 seines Amtes als Pastor in Bern enthoben und des Landes verwiesen worden. 1730 wurde er rehabilitiert, kam nach Bern zurück und wirkte dort bis zu seinem Tod im Jahre 1750 als Professor für Orientalistik und Mathematik. Johann Samuel König nahm im selben Jahr der Rehabilitation seines Vaters das Studium bei Johann I. Bernoulli in Basel auf, wo er Alexis Claude Clairaut und Pierre Louis Moreau de Maupertuis kennenlernte. Auch hörte er dort die Vorlesungen von Jakob Hermann. Einige Jahre später, Hermann war inzwischen verstorben und Maupertuis und Clairaut nach Paris zurückgekehrt, ging König nach Marburg, um dort bei Christian Wolff zu studieren. 1738 führte ihn eine Reise nach Paris, wo er Maupertuis und Clairaut wieder traf. Durch Vermittlung Maupertuis' machte er kurz darauf in Cirey die Bekanntschaft mit du Châtelet und Voltaire.¹⁰

⁹ Nachzulesen bei Fritz Nagel in: „Die Mathematiker Bernoulli und Berlin“ (Nagel 1996, 364) und in „Sancti Bernoulli orate pro nobis: Émilie du Châtelet's Rediscovered *Essai sur l'optique* and Her Relation to the Mathematicians from Basel“ (Nagel 2012) und in besonderer Ausführlichkeit bei Ruth Hagengruber in „Eine Metaphysik in Briefen. Émilie du Châtelet an Maupertuis“ (Hagengruber 1999).

¹⁰ Trotz der umfangreichen Literatur über den Prioritätsstreit über das Prinzip der kleinsten Wirkung, in dem Johann Samuel König eine Hauptrolle spielte, fehlt eine aktuelle Biogra-

Mit Hilfe Königs arbeitete sich du Châtelet tiefgehend in die zentralen Fragen- und Problemstellungen ein, die mit der Bewegungslehre Newtons verbunden waren. Insbesondere las und diskutierte sie gemeinsam mit König Arbeiten von Christian Wolff. König hatte zu dieser Zeit durch einige Veröffentlichungen auf sich aufmerksam gemacht. So waren von ihm zwei Arbeiten 1735 in der August- bzw. Septemбераusgabe der *Nova acta eruditorum* erschienen: „Epistola ad geometras“ (König 1735a) und „De nova quadam facili delineatu trajectory, et de methodis, huc spectantibus, dissertatiuncula“ (König 1735b).¹¹ Mit „De centro inertiae atque gravitatis meditatiuncula prima“ im Januarheft derselben Zeitschrift aus dem Jahre 1738 beteiligte er sich dann auch an der Diskussion über Newtons Gravitationstheorie (König 1738). Nicht zu vergessen ist sein Euklid-Kommentar *Éléments de géométrie contenant les six premiers livres d’Euclide*, der posthum 1762 vom holländischen Mathematiker Jean-Jaques Blassière ediert wurde (König 1762).

Doch die Kooperation zwischen König und du Châtelet endete mit einem Eklat. Der Vowurf, den König gegen du Châtelet erhob, wog schwer: Die ersten Kapitel der *Institutions physiques* stammten aus seiner Hand. Du Châtelet fühlte sich zu Unrecht angegriffen, diffamiert in aller Öffentlichkeit. In ihren Briefen kam sie immer wieder auf den Fall König zu sprechen und rechtfertigte sich gegenüber den Anschuldigungen. So ist in ihrem Brief an Johann II. Bernoulli vom 28. November 1739 zu lesen (Bestermann 1958, II: Nr. 229):

Cela est incroyable, et il est affligeant qu’un homme qui a tant d’esprit et de connaissances soit si méprisable. Il est impossible que vous vous représentiez monsieur l’indignité et la bassesse de ces procédés avec moi.

phische Monographie über den Schweizer. Als grundlegend, aber nicht hinreichend gilt nach wie vor die Studie *Der Mathematiker Johann Samuel König und das Princip der kleinsten Aktion* von Johann Heinrich Graf (Graf 1889). Der Berner Mathematiker und Mathematikhistoriker Graf übernahm 1883 die Herausgabe der *Mittheilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Bern*, die von Johann Rudolf Wolf gegründet worden war. In den Nummern 46, 47, 48, 49, 59, 60, 62 und 65 dieser Zeitschrift ließ Wolf *Auszüge aus Samuel König’s Briefen an Albrecht von Haller* wiederabdrucken, die er unter gleichnamigen Titel als eigenständige Publikation 1845 ediert hatte (Wolf 1845). Hervorzuheben ist auch Wolfs Biographie „Samuel König von Bern“ im zweiten Band der *Biographien zur Kulturgeschichte der Schweiz* (Wolf 1859, 147–182). Wolf verdanken wir den Hinweis, dass Anton Brugman die Arbeiten seines Lehrers König nebst einer Vita herausgeben wollte, wozu es allerdings nicht gekommen ist. Der Nachlass Königs, der sich heute zerstreut in Bibliotheken in der Schweiz, in Deutschland, in den Niederlanden und in Frankreich befindet, wurde nie systematisch erschlossen.

¹¹ Laut der Recherche von Johann Heinrich Graf (Graf 1889, 9) sandte Christian Wolff Königs Arbeit „Epistola ad geometras“ zu Leonhard Euler nach St. Petersburg. Die Arbeit „De nova quadam facili delineatu trajectory, et de methodis, huc spectantibus, dissertatiuncula“ wurde von Daniel Bernoulli wohlwollend rezipiert.

Jahre nach dem Vorfall schrieb Christian Wolff an Ernst Christoph Graf von Manteuffel am 28. September 1748, dass er keinen kenne, der auf König so schlecht zu sprechen sei wie du Châtelet (Ostertag 1910, 43):

Mit der Madame du Châtelet ist er [König] längst zerfallen, und gar kurtze Zeit Freund mit ihr gewesen. Und es ist wohl niemand, der mehr nachtheiliges von ihm andere zu bereden suchet, als eben diese Mme., wie ich mit ihren Briefen erweisen könnte.

Wenn es stimmt, dass sich Gerüchte wie ein Lauffeuer verbreiten, dann trifft dies auf Königs Plagiatsvorwurf zu. Nicht ganz unbeteiligt daran war Maupertuis. Zu den Hintergründen: Für du Châtelet war König von Anfang an nur die „zweite Wahl“. Lieber hätte sie Johann II. Bernoulli nach Cirey geholt. Wie schon erwähnt, ließ sich dieser aber nicht dazu bewegen zu bleiben, sondern kehrte im März 1739 nach einem ca. zweiwöchigen Aufenthalt zum Bedauern der Marquise nach Basel zurück. Kaum, dass Johann II. Bernoulli abgereist war, schrieb sie ihm in einem Brief vom 30. März 1739 (Bestermann 1958, I: Nr. 203):

Je saisis avec empressement, cette occasion de vous dire combien on vous regrette à Cirey. Je me trouverais bien heureuse si le petit séjour que vous y avez fait vous avait inspiré un peu d'amitié pour moi. Je le désire infiniment. Vous êtes bien sûr de l'estime de tous les gens qui vous connaissent, mais soyez persuadé qu'il n'y a aucun endroit au monde où l'on fasse plus de cas de votre commerce et de votre amitié qu'à Cirey.

Du Châtelet gab die Hoffnung nicht auf, Bernoulli für Cirey gewinnen zu können. Sie setzte dabei auf die Unterstützung Maupertuis', ein verhängnisvoller Fehler, wie Ruth Hagengruber feststellt: „Aus dem Kontakt zwischen Bernoulli und Maupertuis wird deutlich, daß Maupertuis Bernoulli davon abhält, zur Châtelet zu reisen“ (Hagengruber 1999, 193). In der Tat geht aus dem Briefwechsel zwischen Bernoulli und Maupertuis hervor, dass dem Franzosen sehr viel daran lag, den Schweizer davon abzubringen, auf das Angebot du Châtelets einzugehen. Ausdrücklich und mehrmals warnte jener diesen vor dem offenbar schwierigen Charakter der Marquise und den Spannungen zwischen ihr und König. Du Châtelet schien zu ahnen, von Maupertuis verleumdet zu werden.¹²

¹² So klagte du Châtelet in einem Brief vom 24. Februar 1740 an Johann II. Bernoulli: « Ce n'est point votre lettre, monsieur, qui m'a fait croire que m^r de Maupertuis vous avait empêché de venir chez moi, je le savais avant d'avoir reçu votre réponse, et je vous l'ai mandé. C'est donc à lui seul que je me prends, et ce n'est que de lui dont j'ai à me plaindre dans

Gegenüber Bernoulli betonte sie wiederholt ihre Unschuld. Dieser sah sich zwischen den Stühlen. Er zögerte, ging schließlich auf du Châtelets Drängen ein, zog aber dann seine Zusage wieder zurück. Was war geschehen? Eine Antwort finden wir bei Hans Droysen in seinem Artikel „Die Marquise du Châtelet, Voltaire und der Philosoph Christian Wolff“ (Droysen 1910, 232):

Anfang 1740 erzählte König in Paris jedem, der es hören wollte, die *Institutions de physique* seien nichts anderes als die Lektionen, die er ihr gegeben hätte, und wenn sie das Werk im Druck erscheinen ließe, würde er das Gute darin als sein Eigentum in Anspruch nehmen.

Im Herbst 1739 verließ König Cirey. Nach einem Aufenthalt in Paris kehrte er 1741 nach Bern zurück. Erfolglos bemühte er sich dort um eine Professorenstelle. Er ließ sich schließlich als Jurist nieder. 1744 musste König das Land verlassen. Zehn Jahre Exil lautete das Urteil, das man über ihn verhängte. König hatte sich an einer Unterschriftenaktion gemeinsam mit seinem Bruder Daniel und seinem Freund Samuel Henzi beteiligt, die gegen den Großen Rath der Eidgenossenschaft und gegen die Oligarchie der Patrizier gerichtet war und mehr Bürgerrechte verlangte (u. a. die Zulassung aller Bürger zu den Ämtern). Dank Empfehlung Rudolf Hallers wurde König im September 1744 eine Professur an der friesischen Universität Franecker in den Niederlanden angeboten.¹³

1748 wurde König Rath und Bibliothekar des Prinzen Wilhelm Karl Heinrich Friso von Oranien, im Jahr darauf, dem Todesjahr du Châtelets, Professor an der Kriegsakademie in Den Haag. Im selben Jahr wurde König dank Fürsprache Maupertuis' zum auswärtigen Mitglied der Königlich-Preußische Akademie der Wissenschaften zu Berlin ernannt, zwei Jahre später zum korrespondierenden Mitglied der Societät der Wissenschaften in Göttingen sowie zum Mitglied der Royal Society in London. König war damit am Höhepunkt seiner Karriere angelangt. Das Jahr 1751 bedeutet aber auch den Wendepunkt in seiner Laufbahn durch den Bruch mit Maupertuis im Rechtsstreit um das Prinzip der kleinsten Wirkung, welcher seine wissenschaftlichen Verdienste über den Tod hinaus überschattete. König verstarb 1757.

cette affaire, car on n'a véritablement à se plaindre que des gens sur qui l'on a des droits, et j'en avais sur son amitié. Je regarde Koenig comme un homme à qui la tête a tourné, et dont j'aurais dû me défaire plus tot, mais je vous avoue que je ne m'attendais pas à la façon dont m^r de Maupertuis s'est conduit dans cette affaire, et comme je suis infiniment sensible au bien, et au mal, il m'est difficile de l'oublier » (Bestermann 1958, II: Nr. 234).

¹³ Neben Haller setzte sich auch Daniel Bernoulli für König ein. Er kontaktierte Euler. Dieser bot König daraufhin eine Akadmiestelle in St. Petersburg. Doch König entschied sich für die Stelle in Franecker.

Der Fall König konnte bis heute nicht endgültig aufgeklärt werden. Zum einen ist Königs (Unschuld-)Rolle im Prioritätsstreit über das Prinzip der kleinsten Wirkung offen. Zum anderen sind bis heute die Meinungen über die Rechtmäßigkeit des Plagiatsvorwurfes Königs gegenüber du Châtelet geteilt. Auf die diesbezüglichen Aussagen der Zeitgenossen und der Nachwelt ist kein Verlass. Zu schwer wiegt der Verdacht auf Parteilichkeit. Auf diese, zudem nur fragmentarisch überlieferten Aussagen beziehen sich aber so gut wie alle (frühen) Nachforschungen zum Fall König, von Hans Droysens Aufsatz „Die Marquise du Châtelet, Voltaire und der Philosoph Christian Wolff“ (Droysen 1910) über Laurent Angliviel de La Beaumelles Biographie *Vie de Maupeout* (La Beaumelle 1856) bis hin zu Gustave LeBrisoys Desnoiresterres, der im zweiten Band *Voltaire au chateau de Cirey* seines achtbändigen Kompendiums *Voltaire et la société française au XVIIIe siècle* (Desnoiresterres 1868) auf die Differenzen zwischen König und du Châtelet zu sprechen kommt. Droysen zitiert Desnoiresterres und LaBeaumelle, Desnoiresterres verweist auf La Beaumelle. Alle drei Autoren enthalten sich des Urteils. Rudolf Wolf geht zwar in seiner Biographie über König auf dessen Vorwurf gegenüber du Châtelet ein, ist aber betont vorsichtig, dessen Worte für bare Münze zu nehmen (Wolf 1859). Johann Heinrich Graf erwähnt nicht einmal das Zerwürfnis zwischen König und du Châtelet (Graf 1889). Arbeiten aus dem 20. und 21. Jahrhundert liefern keine wirklich aufschlussreichen neuen Ergebnisse.

Die lückenhafte und nicht immer verlässliche Überlieferungsgeschichte und Quellenlage erlaubt schlichtweg kein endgültiges Urteil über die Rechtmäßigkeit der Beschuldigung Königs. Der Vergleich der Manuskripte und Ausgaben der *Institutions physiques* ergibt zudem, dass das Werk mit der Edition von 1740 bzw. Nauauflage von 1742 nicht abgeschlossen war. Die Editionen spiegeln vielmehr Momentaufnahmen eines „work in progress“ dar. Die einzelnen Kapitel wurden immer wieder umgestellt und verändert, Passagen gestrichen oder hinzugefügt. Einige Teile nahm du Châtelet heraus, um sie eigenständig zu publizieren oder in andere Arbeiten zu integrieren. Fest steht auch, dass nicht alle handschriftlich überlieferten Kapitelentwürfe aus der Feder du Châtelets stammen.

Hinzu kommt schließlich der Umstand, dass ein weiteres Werk als verschollen gilt, das du Châtelet als Grundlage gedient haben soll: die französische Übersetzung der *Deutschen Metaphysik* Christian Wolffs, die 1720 unter dem Titel *Vernünfftige Gedanken von Gott, der Welt und der Seele des Menschen, auch allen Dingen überhaupt* (Wolff 1720) erstmals erschien. Dieses Werk übersetzte der sächsische Gesandte und Diplomat Ulrich Friedrich von Suhm auszugsweise für den Kronprinzen und späteren Preußischen König Friedrich II. ins Französische. Einige Kopien davon sandte der Kronprinz per Post 1737 an Voltaire

nach Cirey. Den „Rest“ überreichte Dietrich Freiherr von Keyserlingk im Auftrag des Kronprinzen persönlich du Châtelet und Voltaire bei seinem Besuch in Cirey.¹⁴ Wenn die ersten Kapitel der *Institutions physiques* auf der Übersetzung von Suhm basierten, dann wären die Anschuldigungen Königs hinfällig, ein Umstand, der so meines Erachtens bislang noch nicht gesehen wurde.

Eine andere Frage ist, worum es beim Fall „König“ eigentlich ging. Offenbar haben wir es mit dem klassischen Fall einer Entscheidungsfrage zu tun: „Handelt es sich bei den *Institution physiques* um ein Plagiat?“ Zwei Antwortmöglichkeiten stehen dann zur Diskussion: „Ja“ oder „Nein“. Im ersten Fall läge ein Rechtsbruch bzw. ein Betrug vor. Du Châtelet wäre eines wissenschaftlichen Fehlverhaltens überführt. Im zweiten Fall wäre die vorsätzliche Anschuldigung Königs unrechtmäßig. König hätte einen Ehrverletzungsdelikt begangen und sich der Verleumdung schuldig gemacht.

Die vorangegangene ausführliche Einordnung der *Institutions physiques* in den historischen Kontext sollte jedoch klar gemacht haben, dass sich der Fall „König“ nicht so einfach abhandeln lässt. Der Schweizer behauptete nicht, ein Buch geschrieben zu haben, das du Châtelet unter ihrem Namen veröffentlichte. Das wäre eine Lüge gewesen, mit der sich König wohlwissend lächerlich gemacht hätte. Denn die *Institutions physiques* erschienen bekanntlich anonym. Bemerkenswerterweise meldete sich König bereits im Vorfeld der Veröffentlichung zu Wort. Er warnte die Marquise, gleichsam ein „Stückwerk“ zu

¹⁴ Einer Anekdote nach, die Friedrich seinem Freund Suhm in einem Brief vom 22. Januar 1737 erzählte, verbrannte die Übersetzung, als Friedrichs Lieblings-Affe Mimi diese auf dem Schreibtisch fand und über eine Kerze hielt. Es gab aber eine Kopie, eben diejenige, die Friedrich nach Cirey schicken ließ, als auch eine Abschrift, erstellt im Auftrage des Kronprinzen von Egmond Graf von Chasôt. Friedrich schrieb: « Ma chère Mimi, fidèle compagne de ma retraite, me voyant l'autre jour étudier avec grand attachement la Métaphysique de Wolff, dont vous êtes l'aimable interprète, s'impatientait de voir que je préférais un livre tout vrai et tout raisonnable à son badinage frivole et à l'illusion de ses agréments. L'heure du souper me fit abandonner cette lecture instructive pour avoir quelque soin de mon corps, qu'aucun être pensant et raisonnable ne doit négliger. Sur ces entrefaites, mon singe, de tous les singes le plus singe, se déchaîne, prend la Métaphysique, l'allume à la chandelle, et s'applaudit de la voir brûler. Que devins-je, en rentrant dans la chambre, lorsque je vis le pauvre Wolff en proie aux flammes, et traité d'une façon convenable au seul Lange! Courir prendre de l'eau, éteindre les flammes, ne fut qu'une action pour moi. Par bonheur, cependant, ce n'est que la copie qui a brûlé, et l'original existe encore en son entier. Nos beaux esprits disent que le singe avait voulu étudier la Métaphysique, et que, ne l'ayant pu comprendre, il l'avait brûlée. D'autres soutiennent que Lange l'avait corrompu, et que, par zèle pour ce béat, il m'avait joué ce tour-là. D'autres enfin disent que Mimi, piquée de ce que Wolff donne trop de prérogatives à l'homme sur la bête, avait consacré à Vulcain un livre qui déréduisait son espèce. Voilà l'abrégé des saillies de nos rieurs. Chasota enrage sérieusement de cette aventure, puisqu'il est obligé de recopier l'original. Voilà certainement de belles sornettes, et des contes dignes de faire trois cents lieues pour aller vous ennuyer en Russie » (Friedrich (Preußen, König II.) 1850, 342f.).

publizieren, von dem einzelne Kapitel nichts weiter als die Manuskripte seien, die er für sie erstellt habe. In einem Brief an Albrecht von Haller vom 10. März 1751 wiederholte König rückblickend (Wolf 1845, 16):

Mad. du Chatelet, qui avait composé un livre contre Leibnitz et Wolf, fut si frappée des raisons que j'alléguai pour les hypothèses, qu'elle entreprit d'étudier les choses de nouveau, et peu apres eile condamna le premier livre au feu et se determina à en faire un autre, dans lequel elle inséra tout ce que je lui avais dit sur cette matière dans un chapitre de ses *Institutions de physique*.

Zehn Jahre zuvor, in einem Brief vom 11. Februar 1741, hatte sich König gegenüber Maupertuis über du Châtelets *Institutions physiques* wie folgt geäußert (Le Sueur 1896, 118):

Le livre de Madame du Châtelet a enfin paru. Je vous avoue, Monsieur, qu'il faut avoir la rage d'écrire pour oser faire une folie de cette nature. On dit qu'on l'a déjà réfutée; je me réjouis de voir comment elle fera pour répondre sur des matières qu'elle n'entend point.

Du Châtelet selbst machte nie einen Hehl daraus, sowohl von der Übersetzung Suhms als auch von den Exzerpten Königs profitiert und wertvolle Anregungen erhalten zu haben¹⁵, was jedoch nicht heißt, dass du Châtelet erst durch König in die Philosophie Wolffs eingeführt worden wäre. Das in der Literatur oft zu lesende Vorurteil, König sei der „Lehrer“ der Marquise gewesen, ist allein schon deshalb verfehlt, weil du Châtelet ihre philosophischen und wissenschaftlichen Kompetenzen bereits vor der Ankunft des Schweizers in Cirey hinlänglich unter Beweis gestellt hatte. Ihr « Essai sur la nature et la propagation du feu », den sie als Wettbewerbsbeitrag an der *Académie royale des sciences* einreichte, ihre Mitarbeit an Voltaires *Elémens de la philosophie de Newton* und ihr *Essai sur l'optique*, den sie Johann II. Bernoulli bei seinem Besuch in Cirey im Frühjahr 1739 zur Durchsicht nach Basel mitgab, sind eindringliche Beispiele dafür, dass von einem Lehrer-Schüler-Verhältnis nicht gerechtfertigt gesprochen werden kann.

Umso empörter war du Châtelet über den Vorwurf Königs, hatte dieser doch nichts weiter als Auszüge aus Werken Christian Wolffs für sie erstellt und übersetzt. Wenn jemand Grund zum Plagiatsvorwurf gehabt hätte, dann Wolff

¹⁵ In einem Brief an Johann II. Bernoulli vom 30. Juni 1740, in dem sich du Châtelet gegenüber König rechtfertigte, schrieb sie beispielsweise: « J'avais apporté avec moi la métaphisique de Volf traduite en français que le p. royal de Prusse, à présent roi, m'avait fait traduire et m'avait envoyée manuscrite » (Bestermann 1958, II: Nr. 241).

selbst. Doch dieser fühlte sich ob der „unzähligen Veröffentlichungen einer Armee von Schülern und Epigonen“ (Carboncini[-Gavanelli] 2007, 81) mehr als geehrt. Man exzerpierte, rezitierte, zitierte und übersetzte Wolff.¹⁶ Meinungsverschiedenheiten, persönliche Rivalitäten und Eitelkeiten blieben dabei weder unter den Anhängern Wolffs noch unter ihren Gegnern aus.

Die sich schnell einbürgernde Redeweise einer „Leibniz-Wolffschen Philosophie“ hat in diesem Zusammenhang mehr zur Konfusion als zur genaueren Klassifikation beigetragen.¹⁷ Wer als treuer Apostel und wer als Abtrünniger galt, war mitunter Ermessenssache, wie das Beispiel du Châtelets zeigt.

Blickt man zurück auf die Entstehungsgeschichte der *Institutions physiques* und ihren historischen Kontext, wäre es deplaziert, du Châtelet als Epigone Wolffs zu etikettieren. Ihr Interesse bestand darin, einen Lösungsweg für die damals heftig umstrittene Frage nach dem Kraftmaß zu finden. Das war der Punkt, an dem sich die Mechanik Newtons „widerspenstig“ zeigte, d. h. nicht vereinbar war mit der mechanistischen und deterministischen Auslegung seitens des französischen Newtonianismus. Das war der Punkt, an dem Wolffs Kritik an Newton mit Rekurs auf Leibniz ansetzte. Und das war der Punkt, an dem du Châtelet zwischen dem (französischen) Newtonianismus auf der einen Seite und der (deutschen) Philosophie des Leibnizianismus und Wolffianismus auf der anderen Seite zu vermitteln versuchte.

Hinsichtlich dieser inhaltlichen Intention und Programmatik stimmte du Châtelet im Übrigen mit Johann Samuel König überein. In seiner Inauguralrede, die König am 26. April 1746 in Franeker hielt und die einige Jahre später in der Zeitschrift *Museum helveticum* veröffentlicht wurde (König 1753)¹⁸, lässt

¹⁶ Sonia Carboncini-Gavanelli weist in ihrem Beitrag „Das Paradox der Aufklärung. Christian Wolff und die Encyclopédie“ darauf hin, dass Wolffs „Deutsche Logik“ bereits unmittelbar nach ihrem Erscheinen in sieben Sprachen übersetzt wurde (Carboncini[-Gavanelli] 2007, 83).

¹⁷ Von Wolff selbst wurde die Redeweise abgelehnt, gleichwohl sie „gleichermaßen von Anhängern und von Gegnern der Wolffschen Philosophie benutzt“ (Carboncini[-Gavanelli] 1993, 114) wurde. In einem Brief an Manteuffel vom 11. Mai 1746 beklagte Wolff die „Confusion“, die durch die Rede von einer „Philosophia Leibnitio-Wolfiana“ hervorgerufen werde (Ostertag 1910, 60), da Leibniz’ Philosophie der Monadenlehre dort beginne, wo seine Philosophie ende. Anderenorts unterstrich Wolff seine Distanz zu Leibniz und dementierte wiederholt, ein Schüler und Epigone Leibniz’ zu sein, so in seiner *Eigenen Lebensbeschreibung* (Wuttke 1841, 102). Wesentlich zur Verbreitung der Ausdrucksweise „Leibniz-Wolffsche Philosophie“ beigetragen haben die Schriften von Georg Volckmar Hartmann *Anleitung zur Historie der Leibnitzsch-Wolffischen Philosophie* (Hartmann 1737) und von Carl Günther Ludovici *Neueste Merckwürdigkeiten der Leibnitzisch-Wolffischen Weltweisheit* (Ludovici 1738).

¹⁸ Genau genommen wurde nur der erste Teil in der Zeitschrift *Museum helveticum* veröffentlicht. Der zweite Teil gilt als verschollen. Zumindest findet er sich nicht unter den Manuskriptbeständen, die von König heute in den Universitätsbibliotheken Leiden, Amsterdam und Zürich aufbewahrt werden. Systematisch erschlossen ist allerdings der Nachlass

sich bereits am lateinischen Titel unmissverständlich erkennen, worum es ihm ging: „Oratio inauguralis de optimis Wolfianae et Newtonianae philosophiae methodis earumque consensu, earumque amico consensu“; deutsch: „Über die besten Methoden des Philosophierens, die Wolffsche und Newtonsche, und deren friedliche Übereinstimmung“.¹⁹

Eine Wissenschaftsgeschichte als Wissenschaftssoziologie, die die sozialen Netzwerke einzelner *scientific communities* und ihre Kommunikationsstrukturen eruiert, vermag diesen Entwicklungsschritt nicht hinreichend verständlich zu machen, sondern bedarf der Ergänzung durch eine Wissenschaftsgeschichte als Ideen- und Begriffsgeschichte. Beiden Punkten soll in dieser Studie Rechnung getragen werden.

3.5 Das Urteil Christian Wolffs

Im Januar 1740 erhielt Christian Wolff, seinerzeit in Marburg, Post: ein Brief du Châtelets aus Brüssel.²⁰ In ihrem Schreiben teilte du Châtelet Wolff mit, dass sie mit großem Interesse seine Metaphysik in französischer Übersetzung gelesen habe.²¹ Gemeint sind die *Vernünfftigen Gedancken von Gott, der Welt und der Seele des Menschen, und allen Dingen überhaupt, den Liebhabern der Wahrheit mitgetheilet*. Diese unter dem Kurztitel *Deutsche Metaphysik* bekannt gewordene Abhandlung war 1720 in zwei Bänden erstmals erschienen und erlebte allein zwischen der Erstveröffentlichung und dem Tod des Autors zehn Auflagen.

Königs bis heute nicht.

¹⁹ In ihrem Beitrag „Antonius Brugmans (1732–1789). Bruggenbouwer in de Filosofie“ fassen Michael J. Petry und Michiel R. Wielema Inhalt und Intention der Antrittsvorlesung Königs, dem Lehrer Antonius Brugmans an der damaligen niederländischen Universität Franeker, wie folgt zusammen: „Het revolutionaire uitgangspunt was dat de methoden van Newton en Wolff in wezen dezelfde waren. Bovendien zou de kloof tussen de ideële en de reële wetenschappen overwonnen kunnen worden door te laten zien dat beide uiteindelijk in ervaring gegrond zijn“ (Petry/Wielema 1997, 138).

²⁰ Du Châtelet hielt sich zu dieser Zeit in Brüssel aufgrund eines Gerichtsprozesses auf, der das Anrecht der Familie du Châtelet auf verschiedene Ländereien in Belgien sichern sollte. Man vergleiche dazu weiterführend Jürgen Voss' Ausführungen in *Universität, Geschichtswissenschaft und Diplomatie im Zeitalter der Aufklärung: Johann Daniel Schöpflin (1694–1771)* (Voss 1979, 327). Voss weist nach, dass sich du Châtelet an den Straßburger Rechtswissenschaftler Johann Daniel Schöpflin wandte, den im Übrigen Christian Wolff vergeblich zur Annahme eines Rufes nach St. Petersburg zu bewegen versuchte. Schöpflin bat seinerseits den Marburger Rechtshistoriker Johann George Estor um ein Gutachten für du Châtelet.

²¹ „Die Marquise schreibet mir, daß sie sich nun mit großer Applikation auf meine Metaphysik lege, indem sie die französische Übersetzung davon erhalten“ (Droysen 1910, 228), schrieb Wolff an Ernst Christoph Graf von Manteuffel am 20. Januar 1740.

Wolff galt zu dieser Zeit zu den gefragtesten Gelehrten in Europa. Namhafte Universitäten warben um ihn. Zar Peter der Große bot ihm die Stelle des Vizepräsidenten der Akademie der Wissenschaften und Künste in St. Petersburg an. Obwohl Wolff ablehnte, blieb er in gutem Einvernehmen mit dem Zaren und war als Vermittler und Berater entscheidend bei der Auswahl der Kandidaten beteiligt, darunter Georg Bernhard Bilfinger, Jacob Hermann und Leonhard Euler. Zarin Katharina I. ernannte Wolff 1725 zum Ehrenmitglied der Akademie und hoch besoldeten Honorarprofessor. Ferner war Wolff Mitglied der Akademien in London, Berlin, Paris, Stockholm und Bologna. Rufe nach Göttingen (1733) und Utrecht (1740) betonten Wolffs Renommee.

Trotz dieser beeindruckenden Laufbahn wurde dessen Vita durch seine Verbannung aus Preußen überschattet. Wolff, seit 1706 Professor für Mathematik und Naturlehre an der Universität Halle, hatte anlässlich der Übergabe des Prorektorats an Joachim Lange 1721 einen Streit mit den Theologen der Universität ausgelöst.

Stein des Anstoßes war Wolffs „Chinesenrede“ *Oratio de Sinarum philosophia practica* (1721).²² In dieser „Rede über die praktische Philosophie der Chinesen“ berief sich Wolff auf Konfuzius und die konfuzianische Tradition, um darzulegen, dass ethische Prinzipien unabhängig von Religions- und Konfessionszugehörigkeit aus reinen Vernunftgründen zu erweisen sind. Eine Gruppe pietistischer Theologen, darunter federführend Joachim Lange und August Hermann Francke, damals Dekan der Theologischen Fakultät, beschuldigten Wolff der Ketzerei und bewirkten, dass dieser im November 1723 seines Amtes enthoben wurde. Auf Kabinettsorder von Friedrich Wilhelm I., dem politischen und kirchlichen Oberhaupt Preußens, musste Wolff binnen 48 Stunden das Land verlassen. Wolff floh nach Hessen, wo er eine Professur an der (calvinistisch orientierten) Universität Marburg durch Fürsprache des Landgrafen Karl I. von Hessen-Kassel erhielt.

Im Laufe der weiteren Jahre stieg nicht nur die Zahl der Anhänger und Sympathisanten Wolffs rasch an. Auch die Situation in Preußen hatte sich verändert. Zehn Jahre nach Wolffs Vertreibung setzten intensive Verhandlungen von Seiten des Hofes ein, Wolff zurückzugewinnen. Aber erst der Regierungswechsel brachte 1740 den Durchbruch. Am 10. September 1740, unmittelbar nach seinem Regierungsantritt, berief Friedrich II. Wolff nach Halle zurück. Dort traf der Philosoph am 6. Dezember ein.²³

²² 1985 erschien eine lateinisch-deutsche Ausgabe dieser Rede mit einer langen und fundierten Einleitung des Herausgebers und Übersetzers Michael Albrecht (Wolff 1721a).

²³ Eine gute und umfassende Biographie über Christian Wolff fehlt meines Wissens bis heute, gleichwohl es nicht an Detailstudien und Überblicksdarstellungen in Sammelbänden und Lexika fehlt. Unverzichtbar ist Wolffs Autobiographie aus dem Jahre 1743, die erst 1841 von Heinrich Wuttke unter dem Titel *Christian Wolffs eigene Lebensbeschreibung* ediert wor-

Wolff stand den französischen Newtonianern, allen voran Voltaire und Mairanquet, zeitlebens mit Vorbehalten gegenüber. Die Gründe dafür waren vielfältig. Zum einen hegte Wolff eine große Antipathie gegenüber der französischen Sprache, die er selbst nur rudimentär und passiv beherrschte. Misstrauisch beäugte er die Frankophilie des Preußischen Hofes und der Berliner Akademie, die seinem Projekt der Einführung und Durchsetzung der deutschen Sprache als Wissenschaftssprache diametral im Wege stand. Darüber hinaus assoziierte Wolff mit den „Franzosen“ die weltanschauliche Position des Skeptizismus und Materialismus, die mit seiner optimistischen Überzeugung der Vereinbarkeit von Glauben und Vernunft inkompatibel war. Vom „satirischen Esprit“ eines Voltaires oder Julien Offray de La Mettrie hielt Wolff nicht viel. Schließlich ließen sich Wolff zufolge die Franzosen viel zu schnell und in oberflächlicher Weise von „Lockens principiis und Newtons attractionibus“ (Wuttke 1841, 67) vereinnahmen, statt diese Lehren kritisch zu hinterfragen.

Trotz seiner ablehnenden Haltung wusste Wolff nur zu gut, dass er sich der französischen Sprache, Philosophie und Wissenschaft nicht verschließen konnte, wollte er international zur Kenntnis genommen werden, da damals das Französische neben dem Lateinischen die Gelehrtensprache par excellence war. Gegenüber einem Netzwerk französischsprachiger Sympathisanten, die seine philosophischen Grundsätze propagierten und verteidigten, hatte Wolff nichts einzuwenden. Im Gegenteil. Wolff lag sehr viel daran, auch in Frankreich eine Gruppe von Protagonisten seiner Philosophie zu finden und zu unterstützen.²⁴ Vielversprechend klang für Wolff daher das Programm, welches du Châtelet in ihren *Institutions physiques* präsentierte.

Wann und unter welchen Umständen der Briefkontakt zwischen Wolff und du Châtelet zustande kam, verläuft sich im Dunkeln.²⁵ Vieles spricht dafür,

den ist (Wuttke 1841). Ein reprographischer Nachdruck wurde mit einem Vorwort von Hans Werner Arndt zusammen mit Friedrich Christian Baumeisters *Vita, fata et scripta Christiani Wolffii philosophi* aus dem Jahre 1739 und Johann Christoph Gottscheds *Historische Lobschrift* von 1755 als zehnter Band der ersten Abteilung der *Deutschen Schriften der Gesammelten Werke* Wolffs neu herausgegeben (Wolff 1980). Zu Wolffs Ausweisung aus Halle sind die Arbeiten von Albrecht Beutel „Causa Wolffiana. Die Vertreibung Christian Wolffs aus Preußen 1723 als Kulminationspunkt des theologisch-politischen Konflikts zwischen Halleschem Pietismus und Aufklärungsphilosophie“ (Beutel 2007) und von Paul Raabe „Christian Wolff in Halle“ (Raabe 2007) aufschlussreich.

²⁴ „Frankophonie und Frankophilie waren im 18. Jahrhundert durchaus nicht gleichzusetzen“, stellt Johannes Bronisch treffend fest (Bronisch 2010, 99).

²⁵ Der Briefwechsel zwischen du Châtelet und Wolff ist bis dato nicht erschlossen. Ein Brief du Châtelets an Wolff vom 22. November 1741, der sich in der Universitäts- und Landesbibliothek Sachsen-Anhalt der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg befindet, hat Bestermann in seine Ausgabe aufgenommen (Bestermann 1958, II: Nr. 281). Die Briefe Wolffs an du Châtelet sind bislang unbekannt. Es ist aber durchaus denkbar, dass diese noch existieren und im Zuge der Aufarbeitung und Edition der Korrespondenz Wolffs, was

dass du Châtelet den persönlichen Austausch mit Wolff Anfang 1739 suchte.²⁶ Die Meinungsverschiedenheiten mit Voltaire hinsichtlich der Metaphysik Newtons, die zunehmende Distanzierung von Pierre Louis Moreau de Maupertuis und schließlich die Bekanntschaft mit Johann Samuel König forcierten ihr Interesse an Wolff und ließen ihre anfängliche Skepsis schwinden.²⁷ Wolff erwähnt jedenfalls, soweit bekannt, du Châtelet das erste Mal in einem Brief an Manteuffel vom 7. Juni 1739. Beeindruckt vom Ruf Cireys als einer Forschungsstätte, die „einer Academie des Sciences ähnlich sein soll“ (Ostertag 1910, 38) bekundete er Interesse an der Korrespondenz mit der Marquise, um auf diesem Wege größeren Einfluss in Frankreich zu erlangen (ebd.):

Ich werde trachten dorthin die correspondenz zu unterhalten, ob vielleicht von denen seltsamen und nicht viel taugenden *principiis* der heutigen Engelländer, die in Frankreich sehr überhand nehmen, die Frantzosen könnten abgezogen werden.

ein dringendes Desiderat ist, wiederauftauchen. Denn bislang ist, wie Johannes Bronisch feststellt, „völlig unklar, in welchem Umfang und an welchen Orten sich Briefe Wolffs original oder abschriftlich erhalten haben“ (Bronisch 2010, 28). Derweil können Inhalt und Umfang der Korrespondenz zwischen du Châtelet und Wolff nur bruchstückhaft und vor allem nur indirekt erschlossen werden. Eine wichtige Quelle ist der Briefwechsel zwischen Christian Wolff und Ernst Christoph Graf von Manteuffel, der sich über die Jahre 1738 bis 1748 erstreckt. Dieser wurde 1910 von Heinrich Ostertag unter dem Titel *Der philosophische Gehalt des Wolff-Manteuffelschen Briefwechsels* teilediert und als 14. Band der III. Abteilung *Materialien und Dokumente der Gesammelten Werke Wolffs* reediert (Ostertag 1910). Bei seinen Vorarbeiten zur Herausgabe des *Briefwechsels Friedrichs des Großen mit Voltaire* (Koser/Droysen 1908–1911) stieß auch Hans Droysen auf die Korrespondenz zwischen Wolff und du Châtelet über den „Umweg“ Manteuffel. Droysen hat seine Ergebnisse in dem Aufsatz „Die Marquise du Châtelet, Voltaire und der Philosoph Christian Wolff“ in der *Zeitschrift für französische Sprache und Literatur* (Droysen 1910) dargelegt. Eine neue historisch-kritische Edition des Briefwechsels zwischen Christian Wolff und Ernst Christoph Graf von Manteuffel wird derzeit von Jürgen Stolzenberg vorbereitet (Stolzenberg 2012). Über Umfang, Bedeutung und Inhalt der Korrespondenz informiert auch Hanns-Peter Neumann (Neumann 2012). Hilfreich ist in diesem Zusammenhang die von Detlef Döring geleitete Archivarbeit im ersten Band des *Katalogs der Handschriften der Universitäts-Bibliothek Leipzig* (Döring 2002, 60–63).

²⁶ Geläufig waren du Châtelet Werke Wolffs schon länger. Sie kannte das mehrbändige Kompendium *Elementa matheseos universae* (Wolff 1732–1741), darunter die *Elementa astronomiae*, sowie eine Reihe von Aufsätzen, die Wolff in den *Acta Eruditorum*, den *Commentarii Academiae Petropolitanae* u. a. Zeitschriften publiziert hatte. Natürlich war ihr auch die z. T. recht kritische Wolff-Rezeption in Zeitschriften wie dem *Journal des sçavans*, dem *Journal de Trévoux* und den *Histoire littéraire de l'Europe* nicht entgangen. Darüber hinaus hatte sie Arbeiten anderer Wolffianer wie Georg Bernhard Bilfingers gelesen.

²⁷ Dass du Châtelet Wolff zunächst mit Skepsis begegnete, geht vor allem aus ihren Briefen an Maupertuis aus dem Jahr 1738 hervor, die in der Bestermann-Ausgabe zu finden sind. « Je connais m^r Wolff pour un grand bavard en metaphysique » (Bestermann 1958, I: Nr. 146), schrieb sie am 29. September 1738 an Maupertuis.

Manteuffel hingegen ermahnte Wolff zur Vorsicht. Er zeichnete ein derart negatives und abschreckendes Porträt der Marquise, dass Wolff, davon eingeschüchtert, von einem weiteren brieflichen Austausch Abstand nehmen wollte.²⁸ Doch du Châtelet gelang es, Wolff davon zu überzeugen, dass sie es ehrlich meint und sich ernsthaft mit seiner Philosophie auseinandersetzt. Besonders hoch rechnete es Wolff ihr an, dass sie ihm versicherte, „sie wolle die deutsche Sprache lernen, um meine deutschen Schriften lesen zu können“ (Droysen 1910, 229). Heroisch verkündete sie, Wolffs „Apostel in Franckreich“ werden zu wollen.²⁹

Das erste Urteil, welches Wolff über du Châtelets *Institutions physiques* fällt, nachdem er das Buch erhalten und einen kurzen Blick hineingeworfen hatte, fiel sehr positiv aus. Wolff schrieb am 7. Mai 1741 an Manteuffel (Ostertag 1910, 41):

Dieser tage habe der Marquisin du Chastellet *Institutions de Physique* zu sehen bekommen und einige Sachen durchgelesen. Mich wundert, daß diese Dame mit so großer Deutlichkeit die Sache vortragen kan. Und wenn Sie ihrem Versprechen nach meine gantze Philosophie auf gleiche Art in einen Auszug bringen wolte, zweiffele ich nicht, daß ich Sie in Franckreich für meinen Apostel erkennen müße.

Die weiteren Briefe aus dem Jahre 1741 unterstreichen die wohlwollende Resonanz Wolffs auf die *Institutions physiques*. Sie sind voller Lob. In ihnen spricht sich auch die Hoffnung aus, dass die Publikation aus dem Jahre 1741 nur den Auftakt für eine Reihe von Bänden bildet, in denen die zentralen Grundsätze der Wolffschen Lehre systematisch dargestellt werden.³⁰

Aus den Briefen hört man aber auch immer wieder eine leise Skepsis, die Wolff und Manteuffel teilen. Bleibt du Châtelet ihrem Wolff-Kurs auch treu? Von einer Apostasie ist gar bei Manteuffel die Rede: « Est-il vrai ou faux, qu'elle ait apostasié, par rapport à vòtre Philosophie? » (Ostertag 1910, 42) Nach einem Hin und Her, Für und Wider du Châtelet, dann die enttäuschte

²⁸ Manteuffels Charakterisierung der Persönlichkeit du Châtelets und Voltaires in seinem Brief vom 15. Juni 1739 kann man in Auszügen sowohl bei Heinrich Ostertag als auch bei Hans Droysen nachlesen. Der Auszug bei Ostertag (Ostertag 1910, 39) ist etwas kürzer als bei Droysen (Droysen 1910, 227f.).

²⁹ Gleich mehrmals ist in den Briefen Wolffs an Manteuffel davon die Rede, so in dem Briefen vom 21. September 1740, vom 27. Januar 1741 und vom 7. Mai 1741 (Ostertag 1910, 40f.).

³⁰ „Ich wollte wünschen, daß Sie nicht durch controvertieren abgehalten würde ihre *Institutions* zu Ende zu bringen, damit sie meine gantze Philosophie, wie sie vorhat, nach dem Begriff der Frantzosen abhandeln könnte“ (Ostertag 1910, 41), so Wolff an Manteuffel am 14. Juni 1741.

Feststellung seitens Wolff in seinem Brief an Manteuffel am 18. Juni 1743, nachdem über ein Jahr nicht mehr die Rede von der Marquise war (ebd., 42f.):

Man hat mir geschrieben, daß in Paris Herr Maupertuis und Clairant [Châtelets Lehrer in der Mathematik], welche von der Philosophie nichts verstehen, und daher am leichtesten mit der so genannten *philosophia Newtoniana* zurechte kommen können, die Madame de Chatelet wieder umgekehret, daß sie ihr altes Lied singet, nachdem ich ihr niemanden verschaffen können, der sie bei den Gedanken erhalten, auf welchen sie Herr König gebracht, dem das meiste von ihren *Institutionibus physicis* zuzuschreiben ist, und Sie auf die Art für sich nicht fortsetzen kan, wie das Werck angefangen.

Wolff war darüber verstimmt, du Châtelet unter dem Einfluss Maupertuis' und Clairauts wieder ins Lager der Newtonianer überlaufen zu sehen. Angesichts dieser Umstände beschloss er, den Kontakt zu du Châtelet abubrechen (Droysen 1910, 235):

Es wird also wohl unsere Korrespondenz aufgehoben sein, die ich meines Ortes bei den Umständen nicht fortsetzen mag.

Inwiefern Wolffs Einschätzung der Situation zutrifft und seine Beurteilung du Châtelets gerechtfertigt ist, bleibt offen. Die schmeichelnden Worte der Marquise hat Wolff wohl ernster genommen, als sie gemeint waren. Wenn sie davon sprach, sich zur Apostolin seiner Philosophie berufen zu sehen, war dies eher eine rhetorische Geste persönlicher Wertschätzung.

Tatsächlich wollte du Châtelet nicht als Epigonin der Wolffschen Philosophie auftreten. Sie war an einer Analyse und Lösung von Problemen interessiert, die die Mechanik Newtons aufwarf. Von Wolff erhoffte sie sich eine konstruktive Diskussion und vor allem eine Unterstützung ihrer Kritik an Mairan und Jurin, die unabhängig voneinander das Maß der Kraft über das Produkt von Masse und Geschwindigkeit bestimmt hatten. Wolff stimmte du Châtelet zu, dass die Kraft nicht über das Produkt von Masse und Geschwindigkeit, sondern, wie Leibniz lehrte, über das Produkt von Masse und Geschwindigkeit zum Quadrat zu bestimmen sei. Doch er hatte sichtlich wenig Interesse, sich in einen öffentlichen Disput darüber verstricken zu lassen.

Die differenten Erwartungshaltungen, mit der sich Wolff und du Châtelet in ihren Briefen begegneten, endeten in einer beiderseitigen Ernüchterung.³¹

³¹ In seiner Autobiographie schrieb Wolff nichtsdestotrotz recht angetan: „Bey den Frantzosen verdiente die gelehrte Marquisin Madame de Châtelet besonders gerühmet zu werden, welche in dem ersten Theile ihrer Institutionum physicarum sehr deutlich und nette die

Die überzogenen Hoffnungen Wolffs, du Châtelet als Wolffianerin gewinnen zu können, wurden dabei in nicht unerheblichem Maße von Manteuffel vor dem Hintergrund der damaligen politischen Ereignisse, nämlich der „Causa“ Wolffs und der Thronbesteigung Friedrichs II., geschürt.

3.6 Der Briefwechsel mit Friedrich II.

Zu den berühmten Briefwechseln zwischen Gelehrtentum und Adel im Zeitalter der Aufklärung zählt derjenige, den Voltaire und du Châtelet mit Friedrich II. führte.³² Es war Kronprinz Friedrich, der im August 1736 den Kontakt zu dem damals über die französischen Grenzen hinaus berühmten Voltaire suchte.³³ Grund dafür war nicht die schiere Begeisterung für Voltaire, sondern der Fall „Wolff“. Dieser wurde nicht zufällig in demselben Jahr neu aufgerollt.

Wolffs Antipode Joachim Lange war am 6. März 1736 zu einer Audienz bei Friedrich Wilhelm I. am Potsdamer Hof eingetroffen. Lange hoffte, dass sich der König angesichts der wachsenden Zahl der Anhängerschaft Wolffs ein weiteres Mal zu verschärften Maßnahmen gegen diesen bewegen ließe. Eine Kommission lutherischer und reformierter Theologen wurde beauftragt, den Fall „Wolff“ erneut zu prüfen. Wider Erwarten Langes fiel das Gutachten vom 7. März 1739 zugunsten Wolffs aus. Die Vorwürfe, Wolff würde einem Atheismus und Fatalismus fröhnen, wurden als unbegründet zurückgewiesen und

principia aus meiner Methaphysick erkläret und mit großem Eifer meine lateinischen Wercke lieset“ (Wuttke 1841, 176f.). Du Châtelet hatte auszugsweise die *Horae subsecivae Marburgenses* (Wolff 1729–1735), die *Philosophia prima sive ontologia* (Wolff 1730), die *Cosmologia generalis* (Wolff 1731) und die *Psychologia empirica* (Wolff 1732) und *Psychologia rationalis* (Wolff 1734a) studiert.

³² Der Briefwechsel Friedrichs II. ist als digitale Ausgabe auf einem Server der Universitätsbibliothek Trier einsehbar. Die Plattform bietet sämtliche Texte und Bilder der dreißigbändigen Preuß-Ausgabe (1846–1856) sowie der 1879–1939 erschienenen 46 Bände der politischen Korrespondenz Friedrichs des Großen in einer elektronischen Volltextversion an. Parallel zu den französischen Texten wurden die 1789–1794 resp. 1912–1915 erschienenen deutschen Werkausgaben und eine Reihe deutscher Auswahlausgaben eingescannt und mit den französischen Texten vernetzt. Die URL lautet: <http://friedrich.uni-trier.de> [11.10.2013].

³³ Der Briefwechsel zwischen Friedrich II. und Voltaire ist gut erschlossen. Als einschlägig gelten die Bände 21–23 *Correspondance de Frédéric avec Voltaire* der Preuß-Ausgabe *Œuvres de Frédéric le Grand* (Friedrich (Preußen, König II.) 1853), nach denen im Folgenden zitiert wird. Der Briefwechsel mit Friedrich wurde auch in die von Louis Moland edierte chronologisch aufgebaute Ausgabe *Œuvres complètes de Voltaire* aufgenommen, und zwar in die Bände 33–50, die zwischen 1880 und 1882 erschienen sind. Eine Neuausgabe der *Correspondance* Voltaires wurde von Theodore Besterman in *Œuvres complètes de Voltaire* (Bde. 85–135) vorgelegt, erschienen zwischen 1968 und 1977. Es gibt ferner eine Reihe deutscher Übersetzungen des Briefwechsels, zuletzt von Hans Pleschinski: *Aus dem Briefwechsel Voltaire – Friedrich der Große* (Pleschinski 1992).

seine Philosophie als konform zur christlichen Lehre bewertet. Damit war der entscheidende Schritt zur Rehabilitation Wolffs getan. Doch Wolff lehnte das Angebot einer Professur an einer Preußischen Universität trotz intensiver Verhandlungen mehrfach ab. Friedrich Wilhelm I. starb am 31. Mai 1740. Vergeblich hatte er bis zuletzt auf eine Zusage Wolffs gewartet. Die Rückberufung blieb seinem Sohn Friedrich II. vorbehalten.³⁴

Schon vor seiner Zeit in Rheinsberg hatte der junge Kronprinz sichtlich Interesse an der Philosophie Wolffs gezeigt.³⁵ Ansporn für diese Begeisterung war vor allem der Einfluss seines Freundes Ulrich Friedrich von Suhm, ehemals kursächsischer Gesandter am Berliner Hof.³⁶ Dieser empfahl ihm als Lektüre den Klassiker *Vernünfftige Gedancken von Gott, der Welt und der Seele des Menschen, und allen Dingen überhaupt*. Doch Friedrich verstand Deutsch nur sehr rudimentär. Am Preußischen Hofe wurde Französisch gesprochen. Mit dieser Sprache wuchs Friedrich auf und in dieser Sprache wurde Friedrich erzogen.³⁷

³⁴ Die Rückberufung Wolffs wurde in der Literatur oft als humane und geistesgeschichtliche Großtat Friedrichs II. glorifiziert. Tatsächlich aber waren politische Gründe für eine Rehabilitierung Wolffs ausschlaggebend. Ausführlich legt dies Johannes Bronisch in seiner Studie *Der Mäzen der Aufklärung: Ernst Christoph von Manteuffel und das Netzwerk des Wolffianismus* dar, die 2009 an der Fakultät für Geschichte, Kunst- und Orientalwissenschaft der Universität Leipzig als Dissertation angenommen wurde.

³⁵ Von 1736 bis zum Tod seines Vaters 1740 residierte der Kronprinz auf Schloss Rheinsberg mit eigener Hofhaltung. Häufig wird diese Zeit als eine Phase im Leben Friedrichs geschildert, in der sich dieser frei von den Verpflichtungen eines Monarchen der „Schöngeisterei“ widmen konnte. Zweifellos befasste sich Friedrich mit Philosophie und Wissenschaft, Dichtung und Poesie. 1738 komponierte er seine erste Sinfonie, 1739 verfasste er den *Antimachiavell*, einen Tugendkatalog des aufgeklärten Idealmonarchen, basierend auf dem Briefwechsel mit Voltaire und du Châtelet. Dass der Kronprinz dies aus purem Interesse an der Sache ohne politische Beweggründe tat, ist aber eher als Teil der idyllischen Verklärung und durchaus gewollten Herrscherinszenierung als *roi philosophe* zu sehen. Zu diesem Ergebnis kommen neuere Forschungen wie sie beispielsweise Ursula Goldenbaum in ihrem Aufsatz „Friedrich II. und die Berliner Aufklärung“ (Goldenbaum 2006) vorgelegt hat. Ähnlich kritisch beurteilen die Beiträge in dem von Brunhilde Wehinger herausgegebenen Band *Geist und Macht. Friedrich der Große im Kontext der europäischen Kulturgeschichte* (Wehinger 2005) Friedrichs Darstellung und Selbstdarstellung als Philosophenkönig.

³⁶ Suhm stammte aus einem alten Adelsgeschlecht und einer Diplomatenfamilie mit Sitz auf Rügen. Ab 1720 war Suhm als kursächsischer Geheimrat und Gesandter am Berliner Hof tätig. 1730 wurde er von seinem Amt auf Anordnung des polnischen Königs Friedrich August II. suspendiert. 1736 bot man ihm die Stelle des sächsischen Gesandten in St. Petersburg an, wohin er im November deselben Jahres übersiedelte. Nach der Thronbesteigung 1740 forderte Friedrich Suhm auf, nach Berlin zurückzukehren. Dazu kam es nicht. Suhm starb auf seiner Rückreise nach Berlin am 8. November in Warschau.

³⁷ Friedrichs Vorliebe für das Französische und seine Abneigung gegenüber dem Deutschen – ein Thema, welches bereits Johann Wolfgang von Goethe, Gotthold Ephraim Lessing u. a. beschäftigte – hat die Romanistin Corina Petersilka in ihrer Dissertation untersucht, die 2005 unter dem Titel *Die Zweisprachigkeit Friedrichs des Großen. Ein linguistisches*

Deshalb bat dieser Suhm, die *Deutsche Metaphysik* ins Französische zu übersetzen.³⁸

Das gute Verhältnis zwischen Friedrich und Suhm und deren beiderseitige Wertschätzung der Wolffschen Philosophie war Ernst Christoph Graf von Manteuffel nicht entgangen. Nach der Abreise Suhms nach St. Petersburg Ende 1736, um dort den Posten eines sächsischen Gesandten anzutreten, witterte Manteuffel seine Chance.

Als Diplomat und kursächsischer Kabinettsminister für auswärtige Angelegenheiten in Diensten August des Starken am Dresdner Hof hatte Manteuffel Ende der 20er Jahre bedeutenden Einfluß auf die sächsisch-polnische Außenpolitik erlangt. Zur Sicherung des polnischen Throns setzte er sich für gute Verbindungen zu Preußen, Österreich und Russland ein.

Gegen den Kurs des Ministers formierte sich jedoch als Opposition die französische Hofpartei um Karl Heinrich Graf von Hoym, Johann Anton Thioly und François Joseph Wicardel Marquis de Fleury, die eine engere Anbindung an Frankreich und eine stärkere Konfrontation mit Wien befürwortete. Um den absehbaren Sturz zu verhindern, trat Manteuffel am 5. August 1730 von seinem Ämtern zurück und zog sich auf sein Gut in Pommern zurück, blieb allerdings weiterhin politisch aktiv. Er unterhielt mit dem sächsischen Minister Heinrich von Brühl eine geheimpolitische Korrespondenz und war auch weiterhin als Geheimagent für Prinz Eugen von Savoyen und die habsburgische Krone tätig.

Um seine geheimdiplomatischen Geschäfte zu forcieren, übersiedelte Manteuffel 1733 nach Berlin, wo er in den engsten Kreisen des preußischen Hofes verkehrte und Tischgast bei König Friedrich Wilhelm I. wurde. Manteuffel gelang es, das Vertrauen des Kronprinzen zu gewinnen. Angesichts des labilen Gesundheitszustandes Friedrich Wilhelms I. war ein baldiger Herrscherwechsel zu erwarten. Manteuffel hoffte, den Kronprinzen für Sachsen gegen Frankreich einzunehmen, um später zur Sicherung des polnischen Thrones ein dreifaches Bündnis zwischen Sachsen, Preußen und Österreich-Ungarn zu erreichen. Als „erzieherisches Instrument“ sollte die Wolffsche Philosophie dem zukünftigen Regenten als eine Richtschnur für sein politisches Denken und Handeln dienen, das auf eine vernunftgemäße Fürstenherrschaft ausgerichtet und den Idealen der Toleranz und Friedensicherung verpflichtet war.

Zu diesem Zwecke baute Manteuffel ein Netzwerk von Gelehrten und Theologen auf, das zur wichtigsten Grundlage der Verbreitung der Philosophie Wolffs

Porträt (Petersilka 2005) publiziert wurde.

³⁸ Jens Häselser schreibt: „Einen direkten Einfluß auf Friedrichs Studium der Wolffschen Philosophie hatte gewiß Ulrich Friedrich von Suhm, der ihm auf seinen ausdrücklichen Wunsch von März bis Dezember 1736 heftweise die französische Übersetzung der Wolffschen *Metaphysik* schickte“ (Häselser 1993, 98).

wurde. Als deren offizielles Sprachrohr trat die *Societas Alethophilorum* bzw. *Sozietät der Alethophilen* auf, die 1736 Manteuffel zusammen mit dem lutherischen Theologen Johann Gustav Reinbeck gründeten. Der Gesellschaft gehörten u. a. Jean Henri Samuel Formey, Jean Deschamps, Ambrosius Haude, Johann Christoph Gottsched und seine Ehefrau Luise Adelgunde Victorie Gottsched an.

Zugleich unterstützte Manteuffel, soweit es seine Stellung am Hof erlaubte, die Rehabilitation Wolffs. Als der preußische Minister Friedrich Wilhelm von Grumbkow im Beisein von König Friedrich Wilhelm I. den Pietisten Joachim Lange bei dessen Besuch in Potsdam öffentlich attackierte, nutzte Manteuffel die Gunst der Stunde. Er suchte kurz darauf das Gespräch mit dem König und gestand ihm, dass er erst durch Wolffs Philosophie zum gläubigen Christen bekehrt worden sei. In Wirklichkeit war dieser Akt „ein raffinierter, mit Grumbkow zuvor abgesprochener Schachzug“ (Bronisch 2010, 82).

Es war kein Zufall, dass Manteuffel als leitendes Mitglied der Kommission, die die Vorwürfe Langes gegen Wolff erneut prüfen sollte, den Wolff-Anhänger Johann Gustav Reinbeck vorschlug, der Hofprediger und Beichtvater der Königin war und von Friedrich Wilhelm I. hoch geschätzt wurde. Reinbeck wurde mit der Aufgabe betraut, den Abschlussbericht der Kommission zu verfassen, der erwartungsgemäß pro-Wolffisch ausfiel.

Der Rückberufung Wolffs wäre spätestens zu diesem Zeitpunkt nichts mehr im Wege gestanden. Doch Manteuffel und Reinbeck wussten dies gezielt zu verhindern, weil sie die Rehabilitation des Philosophen zu Propagandazwecken nutzen und als Folge der Thronbesteigung Friedrichs II. bejubelt sehen wollten. Bronisch zufolge handelte es sich um einen „bewusst provozierten Eklat“, um „Sabotage“ (Bronisch 2010, 103):

Dahinter stand eine durchdachte Strategie: Der Effekt einer Rückkehr Wolffs durfte nicht zu früh verspielt werden, sondern sollte ein zusätzliches Element beim Thronwechsel abgeben und den Beginn einer „aufgeklärten Herrschaft“ noch deutlicher markieren.

Für Wolff war Manteuffel ein wichtiger Informant über die Geschehnisse und die Stimmung am Hofe. Manteuffel nutzte das Vertrauen Wolffs für eigene politische Ziele, um nicht zu sagen, er nutze es aus. Immer wieder riet er Wolff dringend davon ab, auf die Angebote Friedrich Wilhelms I. hinsichtlich der Rückberufung einzugehen.³⁹ Der König, dessen Geduld durch die Verweigerungshaltung Wolffs auf eine harte Probe gestellt wurde, schickte schließlich

³⁹ Diese Feststellung traf bereits Heinrich Wuttke: „Manteuffels Ansicht war demnach, daß Wolff unbedingt jedes Anerbieten Friedrich Wilhelms ablehnen müsse, selbst wenn ihm die Oberaufsicht über alle preußischen Universitäten angetragen werden sollte“ (Wuttke 1841, 50).

Ende 1739 seinen Berater und Hofrat Salomon Jakob Morgenstern persönlich nach Marburg. Dieser kehrte mit der Nachricht nach Berlin zurück „Wolff brenne auf Halle“ (Wuttke 1841, 55) und wünsche nichts so sehr wie seine Rückkehr. Dieser Vorfall versetzte Manteuffel in höchste Aufregung. Er strafte Morgenstern, der Wolff auf Halle Hoffnungen machte, eines Lügners und drohte Wolff, er wolle zu ihm den Kontakt abbrechen, sollte er Morgenstern Glauben schenken. Dazu kam es nicht. Wolff lenkte ein, nicht daran gedacht zu haben, „man hätte mir bloß eine Falle stellen wollen“ (ebd., 59).

Für Manteuffel begann ein Wettlauf mit der Zeit. Lange konnte er Wolff nicht mehr „hinhalten“. Am 3. April 1740 schrieb Wolff ihm von der „erfreulichen“ Neuigkeit, er habe eine lukrative Professur in Utrecht angeboten bekommen und spiele ernsthaft mit dem Gedanken diese anzunehmen. Diesmal blieb Manteuffel nichts anderes übrig, als Wolff zu raten, eingehend seinen Entschluss zu überdenken.

Indessen verstarb König Friedrich Wilhelm am 31. Mai 1740. Am 10. September 1740 berief der neue Monarch Wolff offiziell nach Halle zurück. Dort traf der Philosoph am 6. Dezember ein. Wolff wurde enthusiastisch begrüßt und Friedrich II. als Wohltäter gefeiert. Manteuffels Politik schien von Erfolg gekrönt. Doch weit gefehlt! Denn der Graf hatte die Rechnung ohne den neuen Regenten gemacht. Dieser erwies sich als weit weniger „biegsam“, als Manteuffel gehnt hatte.

Schon als Kronprinz hatte Friedrich konkrete Pläne für die Neugründung der Berliner Akademie der Wissenschaften geschmiedet. Er war noch keine Woche in seinem Amt, als er am 6. Juni 1740 Einladungen an Pierre Louis Moreau de Maupertuis, Jacques de Vaucanson, Francesco Algarotti, Willem Jacob 's Gravesande, Leonhard Euler und eben auch an Christian Wolff schickte. Bei Wilhelm Dilthey finden wir dazu folgenden Notiz (Dilthey 1927, 117):

Im Juni 1740 ergingen die ersten Einladungen des jungen Königs an die Gelehrten und Schriftsteller, die ihm die Akademie reformieren helfen sollten. Nicht alle erschienen, auf die man zählte. Unter den wissenschaftlichen Zelebritäten versagten sich Vaucanson in Paris und 's Gravesande in Leyden. Aber der größte Mathematiker der Zeit, Euler, wurde gewonnen, und er war von dieser Zeit an fünfundzwanzig Jahre hindurch gleichsam das Rückgrat der mathematisch-naturwissenschaftlichen Abteilung der Akademie. Als Schriftsteller großen Stiles stand Voltaire im Hintergrund, wenn er auch zur Zeit von der „göttlichen Emilie“ sich nicht trennen wollte. Ein schlechter zeitweiliger Ersatz für ihn war der italienische Windbeutel Algarotti: er kam und enttäuschte. Besonderen Wert legte der König auf die Berufung Christian Wolffs.

Wolffs Ruf nach Halle erfolgte unter dem Vorbehalt eines späteren Wechsels an die Berliner Akademie, ein Vorwand, um den Philosophen nach Preußen zurückzuholen. In einem oft zitierten Brief an Voltaire vom 27. Juni 1740 gab sich Friedrich siegessicher. Er warte zwar noch auf eine Zusage von Vaucanson, 's Gravesande und Euler, habe aber schon Wolff, Maupertuis und Algarotti gewonnen (Friedrich (Preußen, König II.) 1853, 14):

J'ai posé les fondements de notre nouvelle Académie. J'ai fait acquisition de Wolff, de Maupertuis, d'Algarotti. J'attends la réponse de s' Gravesande, de Vaucanson et d'Euler.

Tatsächlich dachte Wolff nicht daran, Halle für Berlin aufzugeben, umso weniger, als er von den anderen Kandidaten hörte, die als führende Köpfe der Akademie im Gespräch waren. In einem Brief an Manteuffel vom 15. Juni 1740 schrieb Wolff über die an die Akademie berufenen „Ausländer“ (Wuttke 1841, 67):

Ich kan mit ihnen aus Mangel der Sprache nicht reden und sie können mich nicht verstehen, denn von Maupertuis weiß ich wenigsten, daß er im Latein wenig geübet und der ein solcher Lateiner, wie ich ein Frantzose bin.

Dass Wolffs Wechsel an die Berliner Akademie nie erfolgte, ist auf dessen konsequente Verweigerungshaltung zurückzuführen. Zu tief saß bei dem deutschen Philosophen die Antipathie gegenüber den französischen Newtonianern, allen voran gegenüber Voltaire und Maupertuis.⁴⁰ Letzterer sollte allein die Geschäfte übernehmen.

Am 11. September fand jene denkwürdige Begegnung zwischen Friedrich und Maupertuis auf Schloss Moyland bei Kleve an der Wesel statt, wo der König dem Franzosen persönlich die Leitung der Akademie anbot. Das Treffen war

⁴⁰ Sonia Carboncini Gavanelli hat das „Verhältnis der beiden charismatischen Hauptfiguren der Aufklärung“ (Carboncini[-Gavanelli] 2007, 80), Wolff und Voltaire, als „eklatantes Paradox“ gedeutet: „In dem Jahrhundert der Universalität des Wissens, der Gesellschaft der Gelehrten, der Zeitschriften, der Gazetten, der *Encyclopédie* werfen sie sich gegenseitig mit nicht allzu verschleierte Ironie das gleiche Argument vor: die Kontakt-Unmöglichkeit wegen mangelnder Sprachkenntnisse. Wenn der eine Französisch nicht kann, so kann der andere noch weniger Deutsch oder verweigert sich des Lateinischen“ (ebd.). Dass Wolff, „Autor der skandalösen Schrift über die Moral der Chinesen“ (ebd., 79), und Voltaire, „Autor der ebenso skandalösen Schrift über die Toleranz“ (ebd.), nationalistische und chauvinistische Vorurteile hegten, zeigt letztlich auch die Diskrepanz zwischen programmatischem Anspruch und persönlichem Verhalten.

durch Vermittlung Voltaires zustande gekommen, der Maupertuis begleitete.⁴¹ Maupertuis ließ sich nicht lange bitten und reiste zusammen mit Friedrich nach Berlin, während sich Voltaire über Brüssel nach Cirey zurückbegab.

Weder Maupertuis noch Voltaire wussten zu diesem Zeitpunkt, dass Friedrich aus militärischen Gründen ins rheinische Herzogtum Kleve gereist war. Zu Friedrichs Erbe zählte die Stadt Herstal nahe Lüttich. Diese Gemeinde war 1732 an Preußen gefallen. Die Einwohner Herstals waren zur Regierungszeit Friedrich Wilhelms I. zur Lehnstreue gezwungen worden und weigerten sich nun, diesem Eid Folge zu leisten. Unterstützt wurden sie vom Fürstbischof von Lüttich, hinter dem wiederum der französische König stand. Am Tag der Ankunft Voltaires auf Schloß Moyland stellte Friedrich dem Fürstbischof ein Ultimatum. Zwei Tage später, unmittelbar nachdem Friedrich mit seiner Philosophengemeinschaft das Schloß verlassen hatte, marschierten drei Bataillone preußischer Garderegimentäre und eine Schwadron Dragoner in das Lütticher Gebiet ein. Die Bedrohung nahm ein glimpfliches Ende. Am 20. Oktober trat Friedrich seine Herstaler Rechte an Lüttich gegen eine Zahlung von 240.000 Talern ab.⁴²

Doch das war nur das Vorspiel. Just an diesem Tag verstarb Kaiser Karl VI. in Wien. Er hinterließ seiner Tochter Maria Theresia als Erbin das Habsburgerreich. Ihre Erbansprüche wurden aber in Frage gestellt. Das Haus Wittelsbach berief sich auf ein Testament von Ferdinand I. aus dem Jahr 1543. Das sächsische Königshaus meldete Ansprüche auf die böhmische Kurwürde an, Frankreich und Spanien schielten nach Wien und erwogen das Für und Wider eines möglichen Krieges. Doch ausgerechnet das kleine Preußen holte unter Friedrich II. zum ersten Schlag aus: Am 16. Dezember marschierte der König mit seinen Truppen in Schlesien ein. Mit dem preußischen Angriff auf das habsburgische Schlesien und damit über das Sachsen und Polen voneinander trennende Territorium war der Beginn des Österreichischen Erbfolgekrieges (1740–1748) besiegelt, in dessen Verlauf sich Preußen mit Frankreich verbündete. Bayern und Spanien schlossen sich an.

Damit trat ein, was Manteuffel um jeden Preis verhindern wollte und was das Ende der Illusion einer aufgeklärten Fürstenherrschaft, verkörpert durch

⁴¹ Friedrich wurde seinerseits von Francesco Algarotti begleitet, der seit dem 28. Juni 1740 am Berliner Hof verweilte. Beide haben sich bereits im September 1739 in Rheinsberg kennengelernt. Die Bekanntschaft zum preußischen König hatte der italienische Gelehrte Voltaire und du Châtelet bzw. seinem Aufenthalt in Cirey 1737 zu verdanken. Ein Porträt des Kosmopoliten Algarotti zeichnet der Band *Francesco Algarotti: Ein philosophischer Hofmann im Jahrhundert der Aufklärung*, herausgegeben von Hans Schumacher und Brunhilde Wehinger (Schumacher/Wehinger 2009).

⁴² Nachzuschlagen bei Peter Ruf: „Aufgeklärter Absolutismus und expansive Machtpolitik. Das friderizianische Preußen 1740–1786“ (Ruf 1991).

Friedrich II., bedeutete. Manteuffel hatte seine Autorität und seine Stellung überschätzt.⁴³ Er musste per königlichem Befehl Berlin verlassen. Drei Tage nach seiner Abreise traf Voltaire am 19. November in Berlin ein, als Gesandter des französischen Hofes in geheimer Mission, um Preußens Pläne gegen Habsburg und Schlesien zu erkunden. Nichtsahnend von den Kriegsplänen Friedrichs reiste Voltaire Anfang Dezember wieder ab. Die Nachricht vom Angriff auf Schlesien „überholte“ ihn auf seiner Rückreise nach Frankreich.

Man muss die hier geschilderten Ereignisse, die sich zwischen den Jahren 1736 und 1740 zutrugen, im Auge behalten, um die Korrespondenz zwischen Friedrich mit Voltaire und du Châtelet angemessen beurteilen zu können. Auch gilt zu bedenken, dass das Urteil Christian Wolffs über du Châtelet durch Manteuffel gesteuert wurde, dessen Informationen sich wiederum aus dem innerhalb der höfischen Gesellschaft bekannten Briefwechsel zwischen Friedrich mit Voltaire und du Châtelet sowie seinen Kontakten zu anderen Wolffianern am Hofe speisten.

Als Friedrich im August 1736 Voltaire anschrrieb, tat er dies, um sich die Meinung eines Dritten bezüglich der „Causa“ Wolff einzuholen, unabhängig von den Entscheidungen seines Vaters und Regenten und unabhängig von den Meinungsmachern am Hofe, den Wolffianern. In seinem ersten Brief an Voltaire vom 8. August übersandte Friedrich diesem deshalb einen umfangreichen Band mit dem Titel *Nouvelles pièces sur les erreurs prétendues de la Philosophie de Mons. Wolf*. Es handelte sich dabei um ein von Manteuffel herausgegebenes Kompendium französischer Übersetzungen von Dokumenten zur Auseinandersetzung zwischen Wolff und Lange.⁴⁴ Friedrich erzählte Voltaire auch von der französischen Übersetzung der *Deutschen Metaphysik* Wolffs von

⁴³ Zur Rolle Manteuffels schreibt Hans Martin Sieg: „Wenn Manteuffel sich gegenüber dem Dresdner Hof selbst das Verdienst zurechnete, den Kronprinzen mit besseren Vorstellungen über seine Pflichten erfüllt zu haben, so ist sein Einfluß dennoch nur als gering einzuschätzen. Zu dem etwas großsprechischen Minister, der schon durch seine abschätzende Charakteristik Voltaires Vorbehalte gegen sich provoziert haben dürfte, bestand nach einigen anfänglichen Gesprächen ein fast ausschließlich schriftlicher Kontakt. Manteuffels Rolle als Parteigänger sächsischer Interessen, die den preußischen nach dem Polnischen Erbfolgekrieg offenkundig zuwiderliefen, wie auch seine von Friedrich zunehmend als lästig empfundenen Belehrungsversuche haben bewirkt, daß der Kronprinz bereits seit dem Sommer 1737 zu ihm auf Distanz ging“ (Sieg 2003, 219).

⁴⁴ Laut Bronisch stellt der Band *Nouvelles pièces* „das früheste gedruckte Zeugnis des Bemühens Ernst Christoph Graf von Manteuffels um die Verbreitung der Lehre Christian Wolffs dar. Er ist zugleich das erste Ergebnis seiner im selben Jahr begonnenen engen Zusammenarbeit mit dem Berliner Probst Johann Gustav Reinbeck (1683–1741). Manteuffel ist der ungenannt bleibende Initiator und Herausgeber des Bandes. [...] Das eigentlich ausschlaggebende Motiv Manteuffels bei der Erstellung der « Nouvelles pièces » war zweifelsohne die Heranführung des preußischen Kronprinzen Friedrich an die Lehre Wolffs (Bronisch 2010, 391ff.).

seinem Freund Ulrich Friedrich von Suhm.

In den darauffolgenden Briefen fügte Friedrich Auszüge aus der Übersetzung bei. Die vorläufig letzten Bände überreichte Dietrich von Keyserlingk bei seinem Besuch in Cirey persönlich. Keyserlingk, auch genannt Cäsarion, wurde von Friedrich im Sommer 1737 nach Cirey gesandt, um Voltaire nach Rheinsberg einzuladen. Neben diesem offiziellen Anlass ging es natürlich auch darum, vor Ort Bericht zu erstatten und dem Kronprinzen das Neueste, sozusagen die aktuellen Trends und Kontroversen, aus Cirey mitzuteilen.

In Voltaires Antwortschreiben vom 26. August 1736 klingt bei aller überladener Höflichkeit und Schmeichelei gegenüber Friedrich bereits die Kritik an Wolffs Metaphysik an. Um seiner Skepsis Ausdruck zu verleihen, griff Voltaire zu folgendem bildlichen Vergleich (Friedrich (Preußen, König II.) 1853, 9):

Je ne saurais trop remercier V. A. R. de la bonté qu'elle a eue de m'envoyer le petit livre concernant M. Wolff. Je regarde ses idées métaphysiques comme des choses qui font bonneur à l'esprit humain. Ce sont des éclairs au milieu d'une nuit profonde; c'est tout ce qu'on peut espérer, je crois, de la métaphysique.

Im Weiteren kam es zu einem Schlagabtausch zwischen Voltaire und Friedrich über große Themen der Naturphilosophie: vom Problem der unendlichen Teilbarkeit der Materie über Determinismus und Willensfreiheit bis hin zu konkreten Fragen experimenteller Anwendung naturwissenschaftlicher Ergebnisse.⁴⁵ Dass Voltaire schon in seinem ersten Brief den Namen Newton erwähnte, in einer Reihe mit Leibniz, Bayle und Locke, war wohl durchdacht: als Werbestrategie für seine *Éléments de la Philosophie de Newton*, an denen er gemeinsam mit du Châtelet zwischen 1736 und 1738 arbeitete.

Einer weit verbreiteten Meinung zufolge ließ sich Friedrich von Voltaires Skepsis vereinnahmen. Anfangs ergriff Friedrich entschieden Partei für die Wolffsche Metaphysik, distanzierte sich später aber von ihr und hegte immer mehr Zweifel an der Schlüssigkeit des scheinbar sicher fundierten Lehrgebäudes.⁴⁶

⁴⁵ Es wäre einer näheren Prüfung wert, welchen Anteil du Châtelet an den Ausführungen hatte, die Voltaire Friedrich schickte, etwa an den seitenlangen Diskussionen über die Freiheitsproblematik in einer prinzipiell deterministischen Welt und Wirklichkeit.

⁴⁶ Auch Johannes Bronisch, der generell konventionellen Lehrmeinungen kritisch gegenübersteht und ihnen eine sehr viel stärkere wissenschaftspolitisch motivierte Deutung entgegenhält, vertritt diese Ansicht: „Dieser briefliche Austausch [zwischen Friedrich und Voltaire] wurde rasch zu einer Debatte über den Wert der Metaphysik, in deren Verlauf Friedrich – sich anfangs noch als Bewunderer Wolffs zeigend – bald die skeptizistische Position Voltaires übernahm, der in seinen Ausführungen das anscheinend so festgefügte Lehrgebäude Wolffs nach und nach dekonstruierte“ (Bronisch 2010, 99f.).

Friedrich betonte aber auch wiederholt seine Skepsis gegenüber wissenschaftlicher Erkenntnis. Sie sei und bleibe bruchstückhaft und hypothetisch. Man sollte deshalb auch Newtons Physik nicht als der Weisheit letzter Schluss ausgeben. Es sehe sich zumindest nicht in der Lage, im Streit zwischen den Philosophen und wissenschaftlichen Schulen Partei zu ergreifen. In einem Brief vom 22. März 1739 schrieb Friedrich an Voltaire, er wolle zwischen den Sekten neutral bleiben, mögen sich diese auch hinsichtlich philosophischer und wissenschaftlicher Fragen die Köpfe einschlagen (Friedrich (Preußen, König II.) 1853, 312):

et, restant neutre entre les sectes, je peux les regarder sans prévention, et m'amuser a leurs depens.

Vor dem Hintergrund der bereits dargelegten politischen Ereignisse und der Ziele des Kronprinzen kann man Friedrichs Standpunkt nun auch ganz anders lesen, nicht als philosophischen Skeptizismus, sondern als wissenschaftspolitischen Pragmatismus: Friedrich ging es von Anfang an um die Neugründung der Akademie der Wissenschaften zu Berlin. Die Berufung der *Crème de la Crème* der damaligen Wissenschaftler versprach Prestige, Ruhm und Ehre. Friedrich war sich dessen bewusst, dass eine internationale Breitenwirkung und eine mehrsprachige Wissenschaftskultur für die angestrebte „Spitzenforschung“ in Konkurrenz zu anderen europäischen Akademien absolut förderlich war.⁴⁷ Dass sich Friedrich mit Wolff und Maupertuis zwei Antipoden ins Boot geholt hätte, wäre Wolff dem Ruf an die Berliner Akademie gefolgt, schien den zukünftigen Regenten wenig zu stören: Meinungsstreitigkeiten beleben das Geschäft!

Darüber hinaus ist ein weiterer Grund für Friedrichs Neutralitätsbekundung in Betracht zu ziehen: Er hatte kein Interesse, sich in die Querelen zwischen Voltaire und du Châtelet einzumischen. Ende der 30er Jahre distanzierte sich die Marquise zunehmend von Voltaires antimetaphysischem Zynismus und Skeptizismus, mit welchem dieser der Philosophie Leibniz' und Wolffs begegnete. Den Stein dazu hatte Friedrich selbst ins Rollen gebracht, indem er Voltaire die französische Übersetzung der *Deutschen Metaphysik* Wolffs übermittelte und dazu bemerkte (Friedrich (Preußen, König II.) 1853, 4):

⁴⁷ Es zeugt im Nachhinein von Weitsicht, als Präsidenten der Akademie einerseits Christian Wolff, leidenschaftlicher Propagandist des Deutschen als Wissenschaftssprache, und andererseits Pierre Louis Moreau de Maupertuis, einen französischen Muttersprachler und schlechten Lateiner, ins Auge gefasst zu haben. Denn die Akademien hatten entscheidenden Anteil daran, dass im Laufe des 18. Jahrhunderts das Latein als offizielle „Amtssprache“ verdrängt wurde, gleichwohl diese alte Sprache an den Universitäten noch lange gepflegt wurde.

Je suis à présent à faire traduire le *Traité de Dieu*, de l'âme et du monde, émané de la plume du même auteur. Je vous l'enverrai, monsieur, dès qu'il sera achevé, et je suis sûr que la force de l'évidence vous frappera dans toutes ses propositions, qui se suivent géométriquement, et connectent les unes avec les autres comme les anneaux d'une chaîne.

Du Châtelet war sichtlich beeindruckt von Wolffs Anspruch einer Reformation der Metaphysik als Wissenschaft vermittelt der geometrischen Methode: Am Anfang jedweder Erkenntnis stehen Grundsätze, die eines Beweises weder bedürftig noch fähig sind, d.i. konkret der Grundsatz des ausgeschlossenen Widerspruchs und des zureichenden Grundes. Von beiden Prinzipien schrieb einst Friedrich selbst in einem Brief an Ulrich von Suhm am 22. Juni 1737, sie seien für ihn wie Arme und Beine der Vernunft; ohne sie wäre er ein Krüppel, und ginge wie die große Masse auf den Krücken des Aberglaubens und des Irrtums (Friedrich (Preußen, König II.) 1850, 329):

Que le principe de la contradiction et que la raison suffisante sont de beaux principes! Ils répandent du jour et de la clarté dans notre âme; c'est sur eux que je fonde mes jugements, de même que sur ce qu'il ne faut point négliger de circonstance quand on compare des cas pour appliquer aux uns la conséquence qu'on a tirée des autres. Ce sont là les bras et les jambes de ma raison; sans eux, elle serait estropiée, et je marcherais, comme le gros du vulgaire, avec les béquilles de la superstition et de l'erreur.

Als Friedrich gegenüber Voltaire das Prinzip des zureichenden Grundes als Herzstück der Wolffschen Metaphysik erwähnte, lenkte dieser die Diskussion auf den wunden Punkt, an dem das scheinbar evidente Prinzip verletzbar ist und seine Überzeugungskraft verliert: Im Sinne der Wolffschen Ontologie impliziert das Prinzip des zureichenden Grundes einen konsequenten Determinismus. Ist dieses Prinzip mit der Annahme menschlicher und göttlicher Willens- und Handlungsfreiheit kompatibel? Die Problematik der Kompatibilität von Determinismus und Freiheit wusste Voltaire zu nutzen, um Friedrich für seine Skepsis gegenüber der Wolffschen Metaphysik zu sensibilisieren. Voltaire hatte allerdings nicht damit gerechnet, dass sich du Châtelet als seine Gegenspielerin einschaltete. Sie argumentierte für das Prinzip des zureichenden Grundes mit Rekurs auf Leibniz und Wolff.

Friedrich kündigte seinen Rückzug an. Ohnedies darf bezweifelt werden, ob Friedrich jemals beabsichtigte, sich eingehender mit der Physik bzw. Naturphilosophie seiner Zeit zu befassen, wie Voltaire und du Châtelet glaubten oder

hofften. Den brieflichen Kontakt zu du Châtelet hatte der Kronprinz wohl eher aus Höflichkeit zu Voltaire hergestellt und weil ihm gute Beziehungen zu Cirey wichtig waren. Die Empfehlungen Voltaires und das positive Zeugnis Keyserlingks aus Cirey taten ihr Übriges.

Mit einem Geschenk und einem Gedicht wandte sich der Kronprinz im August 1738 an die „Newton-Venus“, wie er du Châtelet auch nannte. In ihrem Antwortschreiben vom 26. August 1738 reagierte du Châtelet auffallend distanziert. Die « galanterie charmante » Friedrichs in Ehren, sie schreibe ihm in Prosa. Gerne tausche sie sich mit ihm über die Physik aus. Falls er interessiert sei, schicke sie ihm ihre *Dissertation sur la nature et la propagation du feu* zu.⁴⁸

Friedrich bat natürlich um die Zusendung der Schrift und sprach seine Anerkennung aus. In seinem Brief vom 22. November 1738 an Voltaire meldete er aber Zweifel an der Zuverlässigkeit der von du Châtelet herangezogenen Quellen an. Du Châtelet antwortete prompt am 29. Dezember und verteidigte sich gegen die Unterstellung Friedrichs, die Tatsache ignorierend, dass Friedrich seine Bedenken Voltaire und nicht ihr mitgeteilt hatte. Um des lieben Friedens willen lenkte Friedrich am 23. Januar 1739 ein, er sei auf diesem Gebiet sicher weniger kompetent als sie. Du Châtelet nutzte die Gelegenheit, um Friedrich das Studium der Physik nahelegen und auf ihre Rezension über Voltaires *Éléments de la Philosophie de Newton* im Septemberheft des *Journal des sçavans* aufmerksam zu machen.

In ihrer Wortwahl fehlte es auch der Marquise nicht an inszenierter Bescheidenheit. Selbstkritisch räumte sie in ihrem Brief vom 27. Februar 1739 ein, auf dem Gebiet der Geometrie noch vieles lernen zu müssen. Ein Schüler Wolffs (gemeint war Johann Samuel König) werde nach Cirey kommen und ihr dabei helfen (Friedrich (Preußen, König II.) 1851, 24):

mais je suis encore bien ignorante sur tout cela. Je vais prendre auprès de moi un élève de M. Wolff pour me conduire dans le labyrinthe immense où se perd la nature; je vais quitter pour quelque temps la physique pour la géométrie. Je me suis aperçue que j'avais

⁴⁸ Die Briefe du Châtelets an Friedrich II. sind in der Bestermann-Ausgabe von 1958 ediert, nicht jedoch die Briefe Friedrichs II. an du Châtelet. Die vollständige Korrespondenz, die du Châtelet und Friedrich II. zwischen dem 26. April 1738 und dem 30. Mai 1744 führten, findet sich im 17. Band der von Johann David Erdmann Preuß herausgegebenen Werke Friedrichs des Großen *Œuvres de Frédéric le Grand* (Friedrich (Preußen, König II.) 1851). Die deutsche Übersetzung der Briefe du Châtelets an Friedrich II. wurde als 15. Band *Briefe der Marquise Du Châtelet an den König* in die *Hinterlassenen Werke Friedrichs II., Königs von Preußen* (Friedrich (Preußen, König II.) 1789) aufgenommen, welche Friedrichs Staats- und Kabinettsminister Ewald Friedrich Graf von Hertzberg herausgegeben hat.

été un peu trop vite; il faut revenir sur mes pas. La géométrie est la clef de toutes les portes, et je vais travailler à l'acquérir.

In den kommenden Monaten kümmerte sich der Kronprinz wenig um das Studium der Physik. Wiederholt betonte er, weder Zeit noch Muße dafür zu finden. Besonders schwer falle ihm die höhere Geometrie, die er lieber anderen überlasse. Du Châtelet schrieb in dieser Zeit ihre *Institutions de physique* um, indem sie die Newtonschen Lehrsätze auf die Grundlage der metaphysischen Prinzipien Leibniz' und Wolffs stellte. Am 25. April 1740 übersandte die Marquise Friedrich ihr Werk. Es handle sich, so du Châtelet, um den ersten Band ihrer *Institutions de physique*.

Einige Tage zuvor hatte Voltaire Friedrich seine schon lange angekündigte *Métaphysique de Neuton ou parallèle des sentiments de Neuton et de Leibnitz* zugesandt. Voltaires Strategie war durchschaubar: Er forderte Friedrich zum Richter zwischen Newton und Leibniz auf. Er selbst fungierte dabei als Sprachrohr Newtons, Leibniz wurde durch du Châtelet vertreten. Du Châtelet kommentierte Voltaires Vorgehen lapidar, dass Friedrich deren Meinungsverschiedenheiten nicht entgangen sein dürften. Anders als Voltaire halte sie die Metaphysik als die Bedingung der Möglichkeit für die Physik, und sie kenne keine bessere Metaphysik, als diejenige, die Wolff im Anschluss an Leibniz entwickelt habe. Friedrich reagierte (in seinem Brief vom 18. Mai 1740 an Voltaire), indem er seine Neutralität unterstrich. Diesmal verfasste er seine Haltung in Alexandrinern und verlieh dieser damit symbolhaft den Charakter unbestreitbarer Endgültigkeit. In seinem Brief an du Châtelet, datiert auf den 19. Mai 1740, betonte Friedrich einmal mehr seine Toleranz mit folgenden Worten (Friedrich (Preußen, König II.) 1851, 43):

J'ai connu par la correspondance de M. de Voltaire qu'il était ami tolérant; et que serait l'amitié sans indulgence et sans politesse? La haine exerce un pouvoir tyrannique sur les esprits, elle fait des esclaves; mais l'amitié veut que tout soit libre comme elle. Il lui faut le cœur, mais elle est indifférente sur les opinions et les sentiments de l'esprit. Si l'on considère, d'ailleurs, ce que c'est que les opinions et les sectes, on verra que ce sont des points de vue différents d'un même objet aperçu par des yeux presbytes ou myopes.

Friedrichs Urteil über die *Institutions* fiel in seiner Antwort vom 19. Mai 1740 merklich zurückhaltend aus. In einem Schreiben vom 24. September 1740 an Charles Etienne Jordan, Bibliothekar und Sekretär des Kronprinzen, sprach Friedrich offen aus, was er zuvor nur in Anspielungen zum Ausdruck gebracht hatte: Du Châtelet hätte die *Institutions de physique* besser nicht veröffentlichten sollen – ein Buch voller Fehler. Das Kapitel über die Ausdehnung sei

erbärmlich und schließlich seien ihr die Kapitel über die Metaphysik von Johann Samuel König diktiert worden (Friedrich (Preußen, König II.) 1851, 77):

La Minerve vient de faire sa Physique; il y a du bon. C'est König qui lui a dicté son thème; elle l'a ajusté et orné par-ci par-là de quelque mot échappé à Voltaire, à ses soupers. Le chapitre sur l'étendue est pitoyable, l'ordre de l'ouvrage ne vaut rien; il y a même de très-grosses fautes.⁴⁹

Zu einem weiteren wissenschaftlichen Austausch zwischen Friedrich und du Châtelet, die sich selbst nie begegnet sind, kam es nicht mehr. Zweimal versuchte du Châtelet noch, die Diskussion über ihr Buch fortzuführen. Ihre Briefe blieben unbeantwortet. Friedrich brauchte die Marquise nicht mehr.⁵⁰

Das Treffen in Kleve zwischen dem frisch gekrönten Preußischen Regenten und den Cireyern, Voltaire und Maupertuis, fand bezeichnenderweise ohne du Châtelet statt. Alle Vermittlungsversuche Voltaires waren im Vorfeld gescheitert: Der König wünschte ausdrücklich Voltaire ohne seine Freundin zu sehen.⁵¹ Maupertuis kam dies gelegen, um bei Friedrich für Johann Samuel König Partei zu ergreifen – offenbar mit Erfolg, wie aus dem oben zitierten Brief hervorgeht, den Friedrich wenige Tage später an Jordan sandte.

Für Friedrich war das Thema „du Châtelet“ damit beendet, nicht für Ernst Christoph Graf von Manteuffel. Friedrich hatte das Exemplar der *Institutions*, welches du Châtelet ihm am 25. April zukommen ließ, am 31. Mai, also einen Tag nach der Thronbesteigung, an Probst Reinbeck weitergeleitet. Dort bekam Manteuffel das Manuskript zu Gesicht (Droysen 1910, 230) und war nicht wenig überrascht. Denn dieser hatte eine derart pointierte Zusammenfassung

⁴⁹ Offensichtlich spielte Friedrich mit dieser Aussage auf eine Bemerkung an, die Voltaire ihm gegenüber in dem Schreiben vom Februar 1737 gemacht hatte: « Minerva dictait, et j'écrivais » (Friedrich (Preußen, König II.) 1853, 44).

⁵⁰ Dass Friedrich aus wissenschafts- und kulturpolitischen Gründen um ein gutes Verhältnis mit du Châtelet bemüht war, diese Ansicht vertrat schon Onno Klopp, bekannter Historiograph aus dem 19. Jahrhundert, der u. a. die staatswissenschaftlichen Werke von Gottfried Wilhelm Leibniz im Auftrag von König Georg V. von Hannover ediert hat. Klopp schreibt: „Sie [du Châtelet] ist gelehrt in den Naturwissenschaften, sie schreibt ein Buch über das Feuer. Der Prinz nennt sie dafür die göttliche Emilie, die Newton-Venus und zur schuldigen Erwiederung beräuchert sie ihn in gleichem Maße, wie er sie. Das hindert den Prinzen nicht daheim im Freundeskreise seiner Spottlust über die gelehrte Dame freien Lauf zu lassen, nur mit Verachtung von ihr zu reden; aber einstweilen bedarf er ihrer guten Freundschaft und guten Dienste“ (Klopp 1860, 77). Ich halte Klopps Urteil an dieser Stelle für begründet und gerechtfertigt, auch wenn seine antipreußische Haltung und seine reaktionäre Kritik am deutschen Historismus auf problematische Weise seine historischen Arbeiten geprägt haben.

⁵¹ Dies geht aus den Briefen Friedrichs an Voltaire vom 5. und 6. August 1740 hervor (Friedrich (Preußen, König II.) 1853, 22–23).

der Kerngedanken der Wolffschen Metaphysik nicht erwartet. Verfliegen war all die Skepsis, mit der Manteuffel du Châtelet aufgrund ihrer Liaison mit Voltaire und Maupertuis zuvor begegnet war. Sollte es der Marquise gelingen, Voltaire auf die Seite der Wolffianer zu ziehen? Dies hätte einen Triumph für Manteuffels Wolffianisches Erziehungsprogramm zur Sicherung des Friedens in Preußen bedeutet. Manteuffel reagierte unverzüglich. Um in aller Öffentlichkeit zu demonstrieren, mit du Châtelet eine „Apostolin der Wolffschen Philosophie“ in Frankreich gefunden zu haben, übersandte er am 6. Juni 1740 an Wolff die Aletophilenmedaille, damit dieser sie an die Marquise weiterreiche.

Manteuffel hatte 1736 diese Medaille in Auftrag gegeben, um Personen zu ehren, die sich durch ihre Publikationen der Verbreitung der Wolffschen Philosophie verdient gemacht haben. Auf der Vorderseite der Medaille ist Göttin Minerva im Brustharnisch mit Helm zu sehen. Auf dem Helm abgebildet sind janusköpfig die Portraits Leibniz' und Wolffs. Darüber steht die auf Horaz zurückgehende Devise „Sapere aude“. Dieser später von Immanuel Kant zum „Wahlspruch der Aufklärung“ ernannte Leitsatz spiegelte gleichsam das „Parteiprogramm“ der *Sozietät der Alethophilen* wider, nach dem Vorbild der Wolffschen Philosophie nichts ohne zureichenden Grund für wahr oder falsch zu halten, und diejenigen zu schützen und zu ehren, die sich um die Verbreitung der Grundsätze der Wolffschen Lehre eingesetzt haben. Die *Societas Alethophilorum*, zu deutsch „Gesellschaft der Wahrheitsliebenden“ oder „Gesellschaft der Wahrheitsfreunde“, war, wie bereits erwähnt, von Ernst Christoph Graf von Manteuffel zusammen mit Johann Gustav Reinbeck 1736 gegründet worden.

Wolff war über das Anliegen Manteuffels irritiert. Zum einen kannte er zu diesem Zeitpunkt die Inhalte der *Institutions physiques* nur vom Hörensagen, auf Grundlage des Briefwechsels mit du Châtelet und mit Manteuffel. Das Buch war als Druck noch nicht erhältlich. Die Fahnen dazu hatte du Châtelet zwar Friedrich, aber nicht Wolff anvertraut. Dass sie von dort über Reinbeck zu Manteuffel wanderten, konnte sie nicht ahnen. Einsicht in du Châtelets Werk bekam Wolff erst im Mai 1741 (Ostertag 1910, 41). Zum anderen wusste Wolff bis dahin nichts von der Existenz der besagten Gesellschaft, zu deren Gründungsvater er ernannt worden war. Verständlicherweise bat Wolff (in seinem Brief vom 21. September 1740) um nähere Informationen über diese Gesellschaft, weil er „nicht eigentlich weiß, was ihre Absicht ist und aus was vor Membris sie bestehet“ (Bronisch 2010, 135). Ob du Châtelet die ihr zugedachte Medaille jemals erhalten, vielleicht auch zurückgewiesen hat, verläuft sich im Dunkeln. Für die Übersetzung, Rezeption und Verbreitung der *Institutions physiques* in Deutschland spielte jedenfalls die *Societas Alethophilorum* im weiteren Verlauf der Ereignisse eine entscheidende Rolle.

3.7 Deutsch-Französische Übersetzungspolitik

3.7.1 Die Sozietät der Alethophilen

Im Jahre 1736 wurde von Ernst Christoph Graf von Manteuffel zusammen mit dem lutherischen Theologen Johann Gustav Reinbeck die *Sozietät der Alethophilen* ins Leben gerufen, d. i. der latinisierte deutsche Name für „Societas Alethophilorum“, wörtlich übersetzt „Gesellschaft der Liebhaber der Wahrheit“ oder „Gesellschaft der Freunde der Wahrheit“ oder „Gesellschaft der Wahrheitsliebenden“. Gelegentlich findet man auch die frankophone Bezeichnung « Société de Aléthophiles ». ⁵² Als drittes Gründungsmitglied ist Ambrosius Haude zu nennen, ein Berliner Verleger, der seit 1731 die theologischen Schriften Reinbecks herausgab. Dessen Buchhandlung gegenüber dem königlichen Schloss diente in den 30er Jahren dem Kronprinzen als geheime Bibliothek. Diese umfasste mehrere tausend Bücher, darunter viele, deren Lektüre Friedrich Wilhelm I. seinem Sohn untersagt hatte. ⁵³ Haude pflegte nicht nur gute Beziehungen zum Kronprinzen und zum Probst. Er war auch in die Geheimdiplomatie des sächsisch-polnischen Hofes eingebunden, indem er „den Versand brisanter chiffrierter Korrespondenzen Manteuffels besorgte“ (Bronisch 2010, 130). Die Rolle Haudes als „Mann im Hintergrund“ kann kaum überschätzt werden. Ohne ihn, den „Waffenträger des Geistes“ bzw. „Doryphoros“, wie er im Kreise der Alethophilen auch genannt wurde, hätte die Gesellschaft mit ihren Schriften nicht die öffentliche Breitenwirkung erzielen können, die dem Wolffianismus zu seinem Siegeszug verhalf.

⁵² Die Zahl der wissenschaftshistorischen Studien über die *Sozietät der Alethophilen* ist überschaubar gering, obwohl die Geschichte des Wolffianismus untrennbar mit der Geschichte dieser Aufklärungsgesellschaft verbunden ist. Hervorzuheben ist Franco Venturi, der im zweiten Kapitel „Sapere aude!“ seines Buches *Europe des Lumières: Recherches sur le XVIII^e siècle* grundlegende Informationen über besagte Sozietät zusammengetragen hat (Venturi 1971, 35–47). Von den neueren Beiträgen sind insbesondere Detlef Dörings Aufsätze „Beiträge zur Geschichte der Gesellschaft der Alethophilen in Leipzig“ (Döring 2000), „Der Wolffianismus in Leipzig. Anhänger und Gegner“ (Döring 2001) und „Ernst Christoph von Manteuffel und die Leipziger ‚Wahrheitsliebenden‘ um Johann Christoph Gottsched“ (Döring 2012) zu nennen. Aufbauend auf Döring hat Johannes Bronisch in seinem Buch *Der Mäzen der Aufklärung: Ernst Christoph von Manteuffel und das Netzwerk des Wolffianismus* (2010) die Mitgliederstrukturen und Organisationsformen, die Programmatik und das Selbstverständnis der Gesellschaft der Alethophilen in aller Ausführlichkeit untersucht (Bronisch 2010, 123–231).

⁵³ Friedrich II. dankte Haude später für seine mitunter riskanten Dienste. 1744 bekam Haude das alleinige Recht für den Druck aller Publikationen der Königlich-Preußischen Akademie der Wissenschaften, wodurch das Unternehmen zu den führenden Verlagen Berlins aufstieg. Friedrich profitierte seinerseits von diesem „Pakt“, indem Haude mit dem ihm zugeordneten Privileg auch die Verpflichtung auferlegt wurde, die Arbeiten der Akademiemitglieder zu unterstützen.

Zwei weitere Gelehrte wurden im Gründungsjahr 1736 in die Gesellschaft mitaufgenommen: Jean Henri Samuel Formey und Jean Deschamps. Beide waren etwa gleich alt, beide waren hugenottische Glaubensflüchtlinge, beide reformierte Prediger und Anhänger Christian Wolffs und beide hatten ihre Stellung am Rheinsberger Hof der Vermittlung Manteuffels zu verdanken.

In den folgenden Jahren erweiterte sich der Kreis der Alethophilen über die Grenzen Berlins hinaus. Als folgenschwer erwiesen sich dabei Manteuffels Kontakte nach Leipzig zu den Eheleute Luise Adelgunde Victorie und Johann Christoph Gottsched, die für das literarische Leben und für die hochschul- und bildungspolitische Verankerung des Wolffianismus in der Deutschen Aufklärung eine zentrale Rolle spielten. In einem Brief vom 20. Juli 1737 wandte sich Gottsched, seit 1734 Professor der Logik und Metaphysik und mehrmaliger Dekan der Philosophischen Fakultät, an den Grafen als „Liebhaber der Wissenschaften“ und „Beschützer der Wahrheit“ (Döring u. a. 2010, 384). Gottsched, überzeugter Anhänger Wolffs, hoffte auf die Unterstützung Manteuffels in seiner Auseinandersetzung mit den orthodoxen Theologen der Universität.⁵⁴ Gottscheds Gesuch markiert den Beginn einer äußerst regen Korrespondenz, zu der sich 1738 Gottscheds Ehefrau Luise Adelgunde Victorie, geborene Kulmus, als „Dritte im Bunde“ hinzugesellte.⁵⁵

Neben den Gottscheds wurde Carl Günther Ludovici, seit 1734 ordentlicher Professor für Philosophie an der Universität Leipzig und seit 1739 Direktor und Hauptredakteur von Johann Heinrich Zedlers *Großem Universallexikon*, als Mitglied der *Sozietät der Alethophilen* gewonnen. 1739 traten der Gesellschaft als weitere Neuzugänge Christian Gottlieb Jöcher und Romanus Teller bei.⁵⁶

Der Thronwechsel am 30. Mai 1740 wurde von den Alethophilen als Anbruch

⁵⁴ Im Jahre 1733 waren Gottscheds *Erste Gründe der gesamten Weltweisheit* (Gottsched 1733) erschienen. Das Werk kann als Versuch einer eigenen, stärker auf Dichtung und Rhetorik fokussierten Standortbestimmung in Form einer freien Bearbeitung der Wolffschen Metaphysik verstanden werden.

⁵⁵ Detlef Döring nennt konkrete Zahlen, die den Umfang des Briefwechsels deutlich machen: „Im Sommer 1738 setzt zwischen Gottsched und Manteuffel eine Korrespondenz ein, die innerhalb der nächsten drei Jahre enorme Dimensionen entwickelt, zumal alsbald auch Frau Gottsched als Dritte im Bunde hinzutritt. Insgesamt rund 260 Briefe gehen zwischen Berlin und Leipzig hin und her, mitunter mehrere Briefe innerhalb einer Woche, oft sind es sehr umfangreiche Schreiben. Geht es anfangs noch vorrangig um die Verteidigung der Wolffianer gegen ihre theologischen Widersacher, so gewinnt alsbald das Bestreben immer stärkeren Raum, zum Gegenangriff überzugehen“ (Döring 2012, 69).

⁵⁶ Romanus Teller war ein lutherischer Theologe aus Leipzig, der in seinen Predigten für die Philosophie Wolffs warb. Christian Gottlieb Jöcher, seit 1730 Professor für Philosophie und seit 1732 Professor für Geschichte an der Universität Leipzig, gab das *Allgemeine Gelehrtenlexikon* heraus, eine Fortsetzung und Erweiterung des *Gelehrten-Lexicons* von Johann Burckhardt Mencke. Daneben war Jöcher seit 1720 Redakteur der *Deutschen Acta Eruditorum*. 1732 übernahm er zudem die Leitung der Universitätsbibliothek.

eines neuen, gleichsam „goldenen“ Zeitalters willkommen begrüßt. Für kurze Zeit glaubte man an den Sieg der „guten Sache“, der gewaltfreien, vernunftbasierten Herrschaft des Philosophenkönigs. Mit der Expatriierung Manteuffels im November 1740 und dem einige Tage später erfolgenden Angriff auf Schlesien wurden diese Hoffnungen jäh zerstört. Wolff war zwar nach Halle zurückberufen worden, doch in Berlin wehte seit Friedrichs Amtsantritt und der Ankunft der französischen Gäste, Voltaire und Maupertuis, ein anderer Wind. Ohne Manteuffel als treibende Kraft konnte sich die Gesellschaft der Alethophilen in Berlin nicht lange halten. Hinzu kam der überraschend frühe Tod Reinbecks am 21. August 1741 durch einen Kolikanfall. Nicht zuletzt ging die Verbindung der Schriften der Alethophilen zum Verlag Haude verloren. Denn mit der Expansion und dem Erfolg des Verlagshauses erschienen bei Haude zunehmend Arbeiten, die mit der alethophilen Programmatik nichts gemein hatten oder dieser sogar zuwider liefen. Nachdem Haude 1744 per königlichem Beschluss das privilegierte Recht der Publikation der Akademieschriften erhalten hatte, war er vielmehr dazu verpflichtet, auch anti-Wolffianische Texte zu veröffentlichen, was Manteuffel verständlicherweise nicht erfreute und dazu führte, dass sich Haude von der Gesellschaft der Alethophilen zurückzog. Zwietracht war unter den verbliebenen Berliner Mitgliedern entstanden, allen voran zwischen Jean Deschamps und Jean Henri Samuel Formey.

3.7.2 Jean Deschamps' *Cours abrégé*

Jean Deschamps hatte zwischen 1727 und 1729 bei Christian Wolff in Marburg studiert.⁵⁷ Dank der Fürsprache Manteuffels kam er 1736 als Kaplan an den Rheinsberger Hof. Bereits während seiner Marburger Studienzeit hatte Deschamps begonnen, Wolffs Logik ins Französische zu übersetzen. Es war kein Zufall, dass diese 1736 mit einer emphatischen Widmung an den Kronprinzen unter dem Titel *Logique, ou Réflexions sur les Forces de L'Entendement Humain, et Sur Leur Legitime Usage, Dans la Connoissance de la Verite* im Verlag Haude in Berlin erschien (Wolff 1736).⁵⁸

Deschamps übertrug auch zwei staatstheoretische Traktate Wolffs aus den *Horae subsecivae Marburgenses* (Wolff 1729–1735) ins Französische: *Le Phi-*

⁵⁷ Zu Jean Deschamps vergleiche man die Studien von Uta Janssens-Knorsch: „Jean Deschamps, Wolff-Übersetzer und ‚Aléthophile français‘ am Hofe Friedrichs des Großen“ (Janssens-Knorsch 1986), „Heldenverehrung und Kritik: Friedrich der Große in den Augen seines französischen Untergebenen Jean Des Champs“ (Janssens-Knorsch 1988) und *The Life and “Mémoires Secrets” of Jean Des Champs (1707–1767): Journalist, Minister, and Man of Feeling* (Janssens-Knorsch 1990).

⁵⁸ Aus einem Brief Voltaires an Friedrich vom 14. Dezember 1737 geht hervor, dass der Kronprinz auch Voltaire ein Exemplar der Logik-Übersetzung Deschamps zusandte (Friedrich (Preußen, König II.) 1853, 26).

losophie Roi, & le Roi Philosophie basiert auf Wolffs „De Rege philosophante et de philosopho regnante“ (1730) bzw., zu deutsch, „Von den Regenten, die sich der Weltweisheit befließigen, und von den Weltweisen, die das Regiment führen“, sowie *La Theorie des Affaires-publiques*. Diesem Text liegt Wolffs *De theoria negotiorum publicorum* (1731) zugrunde. Wolffs *Le Philosophie Roi* wurde Friedrich bei seiner Thronbesteigung feierlich überreicht. Die Herausgabe lag bei Manteuffel, der ungenannt blieb. Von ihm stammt auch die Widmungsschrift und Einleitung.⁵⁹

Mit dem Regierungsantritt Friedrichs erhielt Deschamps den Auftrag, dessen beide jüngeren Brüder zu unterrichten. Durch eine Intrige des österreichischen Gesandten und Reichsgrafen Friedrich Heinrich von Seckendorff geriet Deschamps jedoch bald unter den Verdacht, für das habsburgische Informantennetz zu arbeiten. Der König ging deshalb auf Distanz zu ihm. Das Gehalt für seine Lehrtätigkeit wurde Deschamps nie ausbezahlt. Verbittert verließ er den preußischen Hof. Der Weg führte ihn über Den Haag und Amsterdam nach London, wo er 1767 starb. Der eigentliche Grund für seinen Weggang war der Affront gegen sein Werk *Cours abrégé de la philosophie Wolffienne en formes de lettres* (Deschamps 1743). Bei diesem Werk handelt es sich um ein Kompendium in Briefform, welches Deschamps zur Unterweisung der Prinzen in die Philosophie Wolffs erstellt hatte.

Am 30. November 1742 wurde im Charlottenburger Schloss anlässlich der Hochzeitsfeierlichkeiten des Grafen Dietrich von Keyserlingk mit Eleonore von Schlieben ein Theaterstück uraufgeführt, in dem Deschamps und sein *Cours abrégé* kompromittiert wurden. Kurz darauf fand eine öffentliche Vorstellung im Berliner Theater statt; in der Tagespresse wurde davon berichtet. Die Komödie *Le Singe de la mode*, zu deutsch „Der Modeaffe“, stammte aus der Feder des Königs höchstpersönlich. Im Mittelpunkt steht ein tölpelhafter Landadeliger, der seine neue Bibliothek mit hunderten von Exemplaren des *Cours abrégé* bestückt und glaubt, ein „Schnäppchen“ gemacht zu haben, um die leeren Regale zu schmücken.

Manteuffel beobachtete das Geschehen in Berlin mit Sorge. Seine Bemühungen um eine Entschärfung der Situation schlugen aber fehl. Denn selbst Christian Wolff störte die Art und Weise, wie sich Deschamps im Vorwort « Avertissement de l'auteur » über andere brüskierte (Bronisch 2010, 138).⁶⁰ Deschamps richtete sich dabei nicht nur gegen Voltaire, sondern auch gegen

⁵⁹ Bronisch hat an dieser Stelle die wissenschaftspolitischen Implikationen der oben genannten Texte im Kontext des preußischen Thronwechsels sehr genau eruiert (Bronisch 2010, 109–112; 405–407).

⁶⁰ Eigentlich hätte sich Woff geschmeichelt fühlen müssen. Denn Deschamps sparte nicht an Worten, um Wolff zu huldigen. So pries er ihn als « Auteur & Formateur ou Architecte de ce magnifique Edifice » (Deschamps 1743, 7).

du Châtelet, welcher er vorwarf, in ihren *Institutions physiques* Wolffs Leistungen unter den Scheffel Leibniz' gestellt und damit verfälscht zu haben.

1745 erschien in der Zeitschrift *Nova Acta Eruditorum* eine vermutlich von Deschamps selbst verfasste Vorstellung des *Cours abrégé*. Auffällig ist, dass auf den eigentlichen Inhalt des Werkes nur kurz eingegangen wird. Relativ breit werden hingegen du Châtelets *Institutions physiques* behandelt. Insgesamt fällt das Urteil über die „scientissima Marchionissa Chasteletia“ (Deschamps 1745, 455) positiver aus als im *Cours abrégé*. Allerdings wird daran festgehalten, dass du Châtelet ungerechtfertigt der Philosophie Leibniz' Tribut gezollt habe, obwohl ihre Ausführungen Wolff zum Vorbild gehabt hätten: „tribuerit Leibnitio soli, cum tamen aedificium, ejusque extractio, Ill. Wolfio debeat“ (ebd., 456).

3.7.3 Jean Henri Samuel Formeys *La belle Wolfienne*

Weitere Zielscheibe der Kritik Deschamps' war Jean Henri Samuel Formey, Autor von *La belle Wolfienne* (Formey 1741–1753). 1741 waren die ersten beiden Bände dieses Werkes erschienen. Vier weitere folgten.

Die „Schöne Wolffianerin“, wie der Titel des Werkes übersetzt lautet, wird gemeinhin dem Genre der populärwissenschaftlichen Literatur, genauer der „Damenphilosophie“, zugeordnet.⁶¹ Eingerahmt in Form eines Dialoges, eines Briefwechsels oder einer Erzählung, oft geschmückt von galanten bis frivolen Abschweifungen, sollten einem relativ breitem Publikum sowohl des Adels als auch des Bürgertums, vorzugsweise den Frauen, philosophische und wissenschaftliche Inhalte und Kontroversen leicht verständlich näher gebracht werden.⁶²

⁶¹ Der Begriff „Damenphilosophie“ hat sich durch Ursula Pia Jauchs Buch *Damenphilosophie & Männermoral. Von Abbé de Gerard bis Marquis de Sade. Ein Versuch über die lächelnde Vernunft* (Jauch 1990) im deutschsprachigen Umfeld der Frauen- und Aufklärungsforschung eingebürgert. Jauch war allerdings nicht die erste, die von „Damenphilosophie“ als Spezifikum populärwissenschaftlichen Schreibens im Kontext höfisch-galanter und aristokratischer Geselligkeit sprach. Eingeführt wurde der Begriff in die aktuelle deutschsprachige philosophiegeschichtliche Forschung von Werner Schneiders in seiner Studie „Zwischen Welt und Weisheit. Zur Verweltlichung der Philosophie in der frühen Moderne“ (Schneiders 1983).

⁶² Als ein bekanntes Beispiel gilt Bernard le Bovier de Fontenelles *Entretiens sur la pluralité des mondes* (Fontenelle 1686). Das Buch ist als ein fiktiver Dialog geschrieben: Ein gebildeter Mann von Welt (d. i. der für die Epoche der Aufklärung so charakteristische Typ des *philosophe*) hält einer interessierten adeligen Dame und ihrer Tochter bei einem nächtlichen Spaziergang im Park Vorträge über das astronomische Wissen, über Nikolaus Kopernikus, Galileo Galilei, Johannes Kepler und René Descartes, und schließt dabei die Möglichkeit nicht aus, dass es auch auf Sternen außerhalb der Erde vernunftbegabte Wesen gibt. Ein anderes Beispiel ist Francesco Algarottis *Il Neutonianismo per le dame. Ovvero, dialoghi sopra la luce, i colori e l'attrazione* (Algarotti 1739).

„Damenphilosophie“, die sich an Frauen als bevorzugten Adressatenkreis richtete, darf nicht mit den Beiträgen verwechselt werden, mit denen sich Frauen am philosophischen Diskurs ihrer Zeit beteiligten.⁶³ Diesen Unterschied zwischen einer Philosophie für Frauen und einer Philosophie von Frauen betont Chonca Roldán in ihrem Aufsatz „Damenphilosophie und europäische *Querelle des Femmes* zur Zeit Wolffs“ (Roldán 2007) und stellt dabei drei Projekte einander gegenüber. Erstens: Christian Wolffs eigenes, letztlich gescheitertes Vorhaben, eine Einführung in die Philosophie für Damen zu verfassen, zurückgehend auf eine Anregung Manteuffels. Zu mehr als einem fiktiven Brief kam es nicht.⁶⁴ Zweitens: Formeys *La belle Wolfienne* als Beispiel für ein gelungenes und abgeschlossenes Projekt einer « philosophie des dames ». Drittens: du Châtelets *Institutions physiques* als Kontrastfolie, insofern das Werk ein Beispiel für eine Philosophie von Frauen darstellt.⁶⁵

Problematisch an Roldáns kontrastivem Vergleich ist, dass sich neben du Châtelets *Institutions physiques* auch Formeys *La belle Wolfienne* nicht wirklich als Paradigma für eine Damenphilosophie eignen, zumindest nicht alle sechs Bände. Dazu muss man sich die Hintergründe der Editions- und Entstehungsgeschichte vergegenwärtigen: In einem Brief an Manteuffel vom 27. Januar 1741 verteidigte Christian Wolff Formey. Anders als Deschamps finde er es nicht schlecht, wenn jemand wie Formey die Grundzüge seiner Philosophie auf eher belletristische Art und Weise publik macht.⁶⁶ Ganz anders fiel

⁶³ Prinzipiell ist die Redeweise „Philosophie der Damen“ als französische Übersetzung von « philosophie des dames » zweideutig. Daher ist auch Heinrich Ostertags Besprechung sowohl der *Institutions physiques* als auch der *La belle Wolfienne* unter der gleichnamigen Überschrift des zweiten Kapitels seiner Edition *Der philosophische Gehalt des Wolff-Manteuffelschen Briefwechsels* (Ostertag 1910) berechtigt.

⁶⁴ Wolff schickte den Entwurf in einem Brief vom 29. November 1738 an Manteuffel, der die französische Übersetzung besorgen wollte. In dem Entwurf geht es darum zu erklären, was „Logik“ heißt. Nach Wolff ist die Logik eine normative Wissenschaft, eine Technik bzw. Kunstlehre, die auf gewissen Regeln beruht. Um dies auch für das „Frauenzimmer“ einsichtig zu machen, vergleicht Wolff die Logik mit der Kochkunst und dem Tanz. Heinrich Ostertag hat Wolffs Brief vollständig in seiner Edition *Der philosophische Gehalt des Wolff-Manteuffelschen Briefwechsels* abgedruckt (Ostertag 1910, 27–32).

⁶⁵ Nach Roldán haben Frauen wie du Châtelet, denen es trotz genereller Beschränkung ihres Wirkungsbereiches und ihrer Einflussmöglichkeiten und damit unter erschwerten Umständen gelang, sich wissenschaftlich und philosophisch Gehör zu verschaffen, einen weit aus höheren Beitrag für die Durchsetzung des Gleichheitsprinzips geleistet, als diverse Konzepte aus dem Umfeld der Damenphilosophie mit ihren didaktisch-aufklärerischen Intentionen, auch wenn zwischen der theoretischen Forderung nach Rechtsgleichheit und deren tatsächlichen Verankerung im Rechts- und Gesetzeswesen zu dieser Zeit noch „Welten“ lagen. In eine ähnliche Richtung zielt Frauke Böttchers Artikel „Vulgarisierung und Didaktisierung von Newton: die Lehrbücher von Francesco Algarotti und Émilie du Châtelet – Möglichkeiten naturphilosophischer Bildung von Frauen im 18. Jahrhundert“ (Böttcher 2010).

⁶⁶ Um Wolff zu zitieren: „Und sehe also nicht, was Herr Deschamps daran auszusetzen,

Wolffs Urteil aus, nachdem er einen Blick in den zweiten Band von *La belle Wolfienne* geworfen hatte. Formey schien ihm hier gefährlich nah dem „Spinozismus“ (Ostertag 1910, 45) zu kommen, den Wolff in seinem Streit mit Joachim Lange so heftig bekämpft hatte. Nach Wolff implizierte die Lehre Baruch de Spinozas einen Fatalismus, der die Möglichkeit menschlicher Willens- und Handlungsfreiheit ausschloss oder zumindest radikal in Zweifel zog – eine Position, die Wolff für absolut inakzeptabel hielt.

In der Tat hatte Formey „den zweiten Band von « La belle Wolfienne » mit dem Auftritt eines « Monsieur M. » eines Theologen aus Halle, beschlossen, der unwidersprochen die von Joachim Lange schon in den 1720er Jahren geäußerten Vorwürfe des Fatalismus gegen Wolffs « nexus rerum » aufwärmte (Bronisch 2010, 353).⁶⁷ Mit der Kritik an Leibniz’ prästabilierten Harmonie und Wolffs Prinzip des zureichenden Grundes endete der zweite Band. Eine Fortsetzung war zunächst nicht geplant. Dies irritierte die Alethophilen und sorgte für Unruhe.

Manteuffel gelang es aber mit viel diplomatischem Geschick, Formey dazu zu bewegen, einen weiteren Band zu schreiben. In diesem Band, der 1743 erschien, findet man keine Spur mehr von Kritik an Wolff.⁶⁸ Im Vorwort des vierten Bandes von 1746 nahm Formey sogar ganz offiziell seine einstigen Vorwürfe gegen Deschamps zurück. Der Brief- und Romanstil ist zugunsten einer sachlichen Darlegung der *Deutsche Metaphysik* Wolffs aufgegeben. Der Frieden zwischen den Wolffianern schien wiederhergestellt.

Doch ganz so einfach war es nicht. Denn Formey war, wie Johannes Bronisch sagt, kein „lupenreiner Wolffianer“ (Bronisch 2010, 357).⁶⁹ Zumindest distanzierte sich Formey in den 1740er Jahren von der Parteiprogrammatik der Gesellschaft der Alethophilen. Ausschlaggebend dafür war der Diskurs mit Jean-Pierre de Crousaz.

als daß er vermeinet, meine Philosophie habe es nicht nöthig in einen Roman eingekleidet zu werden“ (Ostertag 1910, 44).

⁶⁷ Ähnlich stellt Sonia Carboncini in ihrem Artikel „Christian Wolff in Frankreich. Zum Verhältnis von französischer und deutscher Aufklärung“ fest: „Die Fortsetzung des Werkes entpuppte sich später für Wolff als eine Enttäuschung, denn Formey hatte den unseligen Einfall gehabt, eine neue Gestalt in den Roman einzuführen: Einen Studenten aus Halle, der den Vorwurf des Spinozismus wieder aufleben ließ“ (Carboncini[-Gavanelli] 1993, 120).

⁶⁸ Wie dies Manteuffel ganz konkret gelang, schildert Johannes Bronisch en détail (Bronisch 2010, 352–357 u. 412–414).

⁶⁹ Derselben Meinung ist Sonia Carboncini. Ihr zufolge war Formey „im Grunde genommen kein überzeugter Wolffianer“ (Carboncini[-Gavanelli] 1993, 120).

3.7.4 Jean-Pierre de Crousaz' *Examen du Pyrrhonisme ancien et moderne*

Jean-Pierre de Crousaz war für seine polemischen Streitschriften bekannt, in denen er den Skeptizismus und Dogmatismus in gleicher Weise angriff.⁷⁰ Er selbst suchte nach einem Mittelweg zwischen beiden Extrempositionen. Um sich wirkmächtig zu positionieren, ging Crousaz recht plakativ vor. Als Sündenbock für den Skeptizismus galt ihm Pierre Bayle, der sich zur Untermauerung seines Standpunktes auf den antiken Philosophen Pyrrhon von Elis berufen hatte, der wiederum durch Schriften von Sextus Empiricus überliefert ist. Den „Pyrrhonismus“ hatte Crousaz schon 1733 in seiner Schrift *Examen du Pyrrhonisme ancien et moderne* (Crousaz 1733) aufs Schärfste verurteilt, weil dieser seiner Meinung nach Moral und Glauben gefährdete und unweigerlich in einem Atheismus endete. Für nicht weniger kritikwürdig erachtete Crousaz den Fatalismus, den er unterschiedslos mit dem Determinismus Leibnizscher Prägung gleichsetzte. Nach Crousaz schloss eine kausal wie rational determinierte Welt und Wirklichkeit die Möglichkeit menschlicher wie göttlicher Willens- und Handlungsfreiheit aus. Wenn diese nicht gegeben ist, könne der Mensch auch nicht zur Verantwortung gezogen werden. Somit habe der Fatalismus wie der Skeptizismus, so grundverschieden beide Positionen auch sind, Immoralität die Folge.

Emer de Vattel hielt Crousaz' Anschuldigungen gegen Leibniz für ungerechtfertigt. In *Defense du système Leibnizien contre les objections et les imputations de Mr. de Crousaz* (Vattel 1741) hielt er Crousaz vor, Leibniz gründlich missverstanden und gar nicht richtig gelesen zu haben. Zwar hatte Leibniz seine *Essais de Théodicée* gegen den Skeptizismus Pierre Bayles verfasst, doch nicht, um einem Fatalismus das Wort zu reden, so Vattel.⁷¹ Unterstützt wurde

⁷⁰ Crousaz stammte aus Lausanne. Seit 1699 hatte er an der dortigen Académie die Professur für Philosophie und Mathematik inne. Die Streitigkeiten um die schweizer *Formula Consensus*, welche die reformierten Gläubigen auf die partikularistische Gnadenlehre festlegen wollte, und die Affäre Davel führten dazu, dass Crousaz 1724 den Ruf nach Groningen annahm. Zwischen 1726 und 1732 war Crousaz Erzieher des Prinzen Friedrich II. von Hessen-Kassel und Diplomat am Kasseler Hof. 1738 kehrte er nach Lausanne auf seinen alten Lehrstuhl zurück. Zu Crousaz vergleiche man die immer noch maßgebende Pionierarbeit von Jacqueline Ellen Violette de La Harpe *Jean-Pierre de Crousaz (1663-1750) et le conflit des idées au siècle des Lumières* (La Harpe 1955).

⁷¹ Emer de Vattel war ein Schweizer Philosoph, dessen Name üblicherweise mit dem Völker- und Naturrecht in Verbindung gebracht wird. Vattel hatte an der Universität Genf bei Jean-Jacques Burlamaqui studiert und war ein überzeugter Anhänger Wolffs. 1742 reiste Vattel nach Berlin in der Hoffnung, eine Dipomatenstelle am Preußischen Hof zu erhalten und Friedrich II. zur Gründung einer Universität in Neuchâtel, seinem Heimatort, bewegen zu können. Friedrich zeigte jedoch kein Interesse, was wohl auch daran lag, dass Vattel mit Deschamps zu sehr sympatisierte. Vattel folgte deshalb der Einladung Heinrich von Brühls

Vattel von Jean Deschamps, der in seinem *Cours abrégé du Châtelets Institutions physiques* und Formeys *La belle Wolfienne* Vattels Schrift *Defense du système Leibnitzien* als positives Beispiel lobend entgegenhielt.

In der Tat hatte sich Leibniz zu Lebzeiten entschieden gegen das Vorurteil zur Wehr gesetzt, seine Theorie von der besten aller möglichen Welten würde in einen Fatalismus münden. Ähnlich viel Mühe wandte Wolff auf, um die Kompatibilität von Determinismus und Freiheit nachzuweisen. Dass Crousaz die Philosophie Leibniz' kurzer Hand mit derjenigen Wolffs in einen Topf warf, war damit zwar nicht gerechtfertigt – programmatisch entsprach Crousaz' Kritik am Fatalismus sogar derjenigen Wolffs –, störte die Wolffianer aber wenig. Empört war man über Crousaz' Vorwurf des Fatalismus und Dogmatismus. Die Ehrenrettung Leibniz' bedeutete den Wolffianer vielmehr zugleich diejenige Wolffs. Was als Kritik an Bayle und Leibniz begann, weitete sich schon bald zu einer Grundlagendebatte über Skeptizismus und Dogmatismus, Determinismus und Fatalismus, Mechanismus und Materialismus aus, die über die deutsch-französischen Ländergrenzen hinweg für Zündstoff sorgte.⁷²

Formey trug einiges dazu bei, indem er einen Auszug aus dem *Examen du Pyrrhonisme ancien et moderne* erstellte und an Albrecht von Haller sandte, der davon die deutsche Übersetzung besorgte.⁷³ 1750 erschien diese vor dem Hintergrund der Fehde mit Julien Offray de La Mettrie unter dem Titel *Prüfung der Secte, die an allem zweifelt* (Crousaz 1751) mit einem langen Vorwort Hallers.⁷⁴

an den Hof von August III. nach Dresden, in dessen Diensten er bis zu seinem Tod stand.

⁷² Die Preisfrage der Berliner Akademie der Wissenschaften aus dem Jahre 1753 ist vor diesem Hintergrund zu sehen. Verlangt wurde eine Prüfung der Formel „Whatever is, is right“, zu Deutsch „Alles ist gut“, die von Alexander Pope mit Rekurs auf Leibniz eingeführt und von Crousaz in seine Schrift *Examen de l'Essai de Monsieur Pope sur l'Homme* (Crousaz 1737) angegriffen worden war. „Das bekannteste Resultat der Preisaufgabe ist der von Moses Mendelssohn und Gotthold Ephraim Lessing gemeinsam verfasste Text mit dem Titel *Pope ein Metaphysiker*, der 1755 anonym erschien“ (Otto 2011, 217). Zur Rolle des Gottsched-Kreises in dieser Debatte vergleiche man auch Marion Hellwigs Studie *Alles ist gut: Untersuchungen zur Geschichte einer Theodizee-Formel im 18. Jahrhundert in Deutschland, England und Frankreich* (Hellwig 2008).

⁷³ Crousaz verfasste auch eine Kritik an Formeys *La belle Wolfienne*, die 1743 unter dem Titel *Réflexions sur l'ouvrage intitulé « La belle Wolfienne »* (Crousaz 1743) erschien und sich in erster Linie polemisch gegen Leibniz und Wolff wendet. Abgedruckt sind in dieser Publikation auch Teile des Briefwechsels zwischen Crousaz und Formey, die das ambivalente Verhältnis beider Briefpartner zwischen Zustimmung und Kritik widerspiegeln. Das Verhältnis zwischen Formey und Crousaz diskutiert Jens Häsel in « Formey et Crousaz, ou comment fallait-il combattre le scepticisme? » (Häsel 2003) und John Christian Laursen in „Swiss Anti-skeptics in Berlin“ (Laursen 1996).

⁷⁴ Sandra Pott stellt in diesem Zusammenhang fest: „Wie Formey und Crousaz sieht Haller erst im moralischen Skeptizismus das Problem einer bestimmten ‚Medizinersekte‘. Ihr Kopf sei La Mettrie, der damit Sextus und Bayle nachfolge“ (Pott 2002, 114). Ausführlich

Ein Name blieb bislang unerwähnt: Émilie du Châtelet. Aus den wenigen bisher erschlossenen Quellen und dem nur bruchstückhaft überlieferten Briefwechsel lässt sich schließen, dass sich die Marquise aktiv an der Diskussion über Crousaz' Thesen zum Skeptizismus und Dogmatismus beteiligte. Man kann sogar behaupten, dass sie die Funktion eines „kritischen Gewissens“ in der Korrespondenz, die sie mit Crousaz und Formey führte, eingenommen hat. Ähnlich wie Crousaz suchte sie nach einem Mittelweg zwischen Skeptizismus und Dogmatismus. Crousaz' plakative Polemik wies sie aber aufs Schärfste zurück, so in ihrem Brief an Crousaz vom 9. August 1741. Ihrer Meinung nach sei die Art und Weise, wie Crousaz Bayle und Leibniz als zwar exzellente Denker, aber schlechte Christen an den Pranger stellte, unseriös (Bestermann 1958, II: Nr. 275):

Il est triste, à la vérité, pour Bayle et pur m^r Deleibnits que vous ayez cru ne pouvoir défendre le christianisme qu'en les attaquant, il me semble cependant que c'est un mauvais service à rendre à la religion que de vouloir prouver que les plus grands génies n'étaient pas de bons chrétiens.

Als sich Crousaz in der Januar-Ausgabe des *Journal helvétique* vom Jahre 1747 gegen die Kritik Emer de Vattels zur Wehr setzte, zitierte er wörtlich aus seinem Briefwechsel mit du Châtelet, um deutlich zu machen, wie sehr er Leibniz' Verdienste schätze und immer schon geschätzt habe.⁷⁵ Nichtsdestotrotz halte er Leibniz' Hypothese der prästabilierten Harmonie für fragwürdig. Sie sei weder empirisch noch logisch abgesichert, sondern eine reine Mutmaßung und zudem eine besonders gefährliche, weil sie einen Fatalismus zur Konsequenz habe. Im Übrigen teile du Châtelet in diesem Punkt seine Skepsis gegenüber Leibniz.⁷⁶

Sieht man von der Frage ab, wie stichhaltig Crousaz' Erwiderung an dieser Stelle auf Basis eines *argumentum ad hominem* ist, bleibt zu bemerken, dass er die Marquise als Gewährsfrau für seine Rechtfertigung gegenüber Vattel

hat die Fehde zwischen Haller und La Mettrie bereits Ernst Bergmann in *Die Satiren des Herrn Maschine. Ein Beitrag zur Philosophie- und Kulturgeschichte des 18. Jahrhunderts* (Bergmann 1913) untersucht.

⁷⁵ Dieser Brief wurde von Augustin Galitzin posthum 1860 im *Bulletin du bibliophile et du bibliothécaire* ediert (Galitzin 1860). Die Bestermann-Ausgabe enthält nur einen Brief du Châtelets an Crousaz, den oben zitierten. Es ist denkbar, dass weitere Briefe, die du Châtelet und Crousaz miteinander austauschten, im Zuge der systematischen Erschließung der Korrespondenz Crousaz' auftauchen, welche derzeit von Christophe Losfeld am Interdisziplinären Zentrum für die Erforschung der Europäischen Aufklärung der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg vorbereitet wird.

⁷⁶ Bei Crousaz ist zu lesen: « Me. la Marquise de Chatelet, si zèle Leibnitienne, n'est guere plus persuadée de l'evidence de ce Système » (Crousaz 1747, 28).

ins Felde führte. Dahinter stand eine wohl durchdachte Argumentationsstrategie: Vattel, bekannt als Parteigänger der Leibniz-Wolffschen Philosophie, wird desavouiert, indem gegen ihn eine „Parteigenossin“ ins Spiel gebracht wird.

Crousaz' Kritik am Skeptizismus und Dogmatismus ist nur ein Beispiel unter vielen, welches zeigt, dass die Zuordnung von Namen und Werken zu bestimmten Schulen und Strömungen nicht ohne Grund der heutigen Wissenschaftsgeschichtsschreibung Probleme bereitet. Es bestand schon damals kein Konsens, wer welchem Lage zugehörte. So wurde du Châtelet mal als Newtonianerin, mal als Leibnizianerin, mal als Wolffianerin gehandelt. Sie selbst bestand stets darauf, sich selbstständig und kritisch mit Lehrmeinungen auseinanderzusetzen, ohne einer Lehre anzuhängen. Diese Haltung war nicht außergewöhnlich. Eklektizismus galt als *en vogue*.

Dass trotzdem Klassifizierungen vorgenommen wurden und ein Autor und sein Werk, sei es dem Leibnizianismus, dem Newtonianismus oder dem Cartesianismus, zugeordnet oder davon abgegrenzt wurde, lässt sich auf Basis inhaltlicher Kriterien nur bedingt erklären. Besagte Schlagworte dienten immer auch als Kampfbegriffe. Sie wurden als Parteinamen gebraucht. Par excellence lässt sich dies am Beispiel des Vorzeigeprojektes der französischen Aufklärung nachweisen, der *Encyclopédie*.

In philosophiegeschichtlichen Einführungen werden die Enzyklopädisten gerne als Empiristen den Rationalisten der deutschen Aufklärung gegenübergestellt, entsprechend der Parteiprogrammatik, die Denis Diderot und Jean Baptiste le Rond d'Alembert als Herausgeber der *Encyclopédie* in ihrer Präambel formulierten, in welcher eine Lanze für die empiristische Methode gebrochen und das *Encyclopédie*-Projekt in die Tradition John Lockes und Isaac Newtons gestellt wird. Doch nichts wäre so falsch, als sämtliche Mitarbeiter der *Encyclopédie* unter die Empiristen zu reihen und den Empirismus mit der philosophischen Grundhaltung Lockes oder Newtons ineinzusetzen. De facto lassen sich zwischen dem französischen Newtonianismus und dem deutschen Rationalismus der Leibniz-Wolffschen Schulphilosophie mitunter erstaunliche Überschneidungen feststellen, sofern man diese Ausdrücke überhaupt gebrauchen will. Du Châtelets *Institutions physiques* spielen hier als Fallbeispiel eine herausragende Bedeutung.

3.7.5 Denis Diderots und Jean-Baptiste le Rond d'Alemberts *Encyclopédie*

Im Jahre 1751 erschien der erste Band der *Encyclopédie, ou Dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers*, herausgegeben von Denis Diderot und Jean Baptiste le Rond d'Alembert. Was als Übersetzungsvorhaben von Ephraim Chambers zweibändiger *Cyclopaedia or an Universal Dictionary of*

Arts and Sciences in die französische Sprache begann, entwickelte sich schon bald zu einem Großprojekt von ungeahntem Ausmaß. Insgesamt umfassen die Bände der *Encyclopédie* etwa 74000 Artikel. Rund 140 Mitarbeiter sind namentlich bekannt. Allein etwa 37000 Artikel sind nicht gekennzeichnet oder können keinem Autor zugeordnet werden. Die Zahlen schwanken in der Literatur, was wenig verwundert, wenn man bedenkt, dass die Erforschung und Rekonstruktion der Geschichte der *Encyclopédie* bis heute eine Herausforderung an die Historiker darstellt.⁷⁷

Was Regeln der Zitierung und Rechte der Urheberschaft betraf, nahmen es die Enzyklopädisten nicht besonders genau. Nicht wenige ihrer Beiträge enthalten Auszüge aus den Werken anderer, ohne dass darauf explizit verwiesen würde. Diderots Gegner wussten daraus ein Politikum zu machen, welches dem Vorhaben der *Encyclopédie* noch in seinen Startlöchern den Garaus bereiten sollte. Kaum, dass der erste Band 1751 erschienen war, wurde im *Journal de Trévoux* lautstark Anstoß daran genommen. Diderots *Prospectus* zur Enzyklopädie von 1750 folge im Wesentlichen Francis Bacon, ohne ihn als Quelle zu nennen, so der Vorwurf. Zwischen 1751 und 1753 wurde in elf weiteren Rezensionen viel Mühe darauf verwandt, weitere Plagiatsfälle aufzudecken. Insgesamt 252 Artikel wurden ausfindig gemacht, in denen sich die Enzyklopädisten aus dem *Dictionnaire de Trévoux*, dem *Dictionnaire universel de commerce* der Brüder Jacques Savary des Bruslons und Louis-Philémon Savary und aus weiteren Nachschlagewerken bedient haben.⁷⁸

Hinter den Anschuldigungen standen die Jesuiten, die mit dem *Dictionnaire de Trévoux* bereits 1704 ein vergleichbares Konkurrenzunternehmen ins Leben gerufen hatten. Damaliger Wortführer des *Journal de Trévoux* war Guillaume François Berthier, der sich in der Folgezeit scharfe Wortgefechte mit Diderot lieferte. Der *Mercure de France*, die *Cinq Années littéraires* und die *Bibliothèque impartiale* stellten sich hinter Diderot und die Enzyklopädisten – ein werbe-

⁷⁷ Moderne Digitalisierungstechniken im Internet stellen hier eine große Hilfe dar. Hervorzuheben ist u. a. das ARTFL-Projekt der Universität Chicago, in dessen Rahmen die *Encyclopédie* Diderots und d’Alemberts digitalisiert wurde und online abgerufen werden kann. Die URL lautet: <http://encyclopedia.uchicago.edu/> [05.12.2013]. Die oben genannten Fakten und Zahlen sind den dort zu findenden Informationen entnommen.

⁷⁸ Der Plagiarismus in der *Encyclopédie* war im Übrigen kein Einzelfall, sondern lässt sich auch im Hinblick auf andere lexikalische und enzyklopädische Unternehmen des 18. Jahrhunderts feststellen. Um Anselm Gerhard zu zitieren: „Die lexikalischen Unternehmen des 18. Jahrhunderts (wie auch anderer Epochen) zeichnen sich durch ein enges Netz wechselseitiger Abhängigkeiten aus, die von der expliziten Auseinandersetzung über die indirekte Paraphrase bis zum extensiven Plagiat reichen und es erlauben, die von beständigem Austausch geprägte internationale Rezeption neuer Konzepte und Definitionen sehr viel klarer und übersichtlicher nachzuzeichnen als dies durch die Auswertung von monographischen Schriften möglich wäre“ (Gerhard 1998, 51).

wirksamer Feldzug für das *Encyclopédie*-Projekt begann.⁷⁹ Die im Raum stehenden Plagiatsvorwürfe, so berechtigt sie waren, dienten dabei nur als Mittel zum Zweck. Sie wurden als Waffe eingesetzt, um das Veröffentlichungsvorhaben Diderots zum Erliegen zu bringen, welches von den Jesuiten aus konfessionellen und ideologischen Gründen verurteilt wurde.

Nicht immer wurden Plagiatsfälle zum Politikum gemacht und öffentlich angeklagt. Daneben gab es einen latenten Plagiarismus, der toleriert, unter Umständen sogar willkommen geheißen wurde. Auch dafür liefert die Geschichte der *Encyclopédie* ein illustratives Beispiel. Es ist allgemein bekannt, dass Diderots und d'Alemberts *Encyclopédie* in Deutschland auf kein allzu großes Interesse stieß.⁸⁰ Insbesondere beteiligten sich keine deutschen Zeitschriften an den Wortgefechten, die sich Diderot mit seinen in erster Linie jesuitischen Gegnern lieferte. Die wenigen Anzeigen über die *Encyclopédie*, die es beispielsweise in den *Göttingischen Gelehrten Anzeigen* gab, blieben in ihrem Urteil recht zurückhaltend. Ohne Schwierigkeiten hätte man nachweisen können, dass die Enzyklopädisten auch aus deutschen Werken abgeschrieben habe, so aus Johann Heinrich Zedlers *Großem vollständigen Universal-Lexicon Aller Wissenschaften und Künste*, von dem 1732 der erste Band erschienen und auf 68 Bände (einschließlich der nach 1750 erschienenen Supplementa) angewachsen war⁸¹, oder aus Johann Jacob Bruckers *Historica critica philosophiae a mundi incunabulis ad nostram usque aetatem deducta*, deren fünf Bände zwischen 1742 und 1744 gedruckt worden sind.⁸² Allein man tat es nicht, weil man nichts dagegen einzuwenden hatte, dass deutsches Ideengut in die französischsprachige Gelehrtenwelt transferiert wurde. Denn auf diese Weise wurde ein Beitrag zur

⁷⁹ Weitere Informationen über die Auseinandersetzung zwischen den Jesuiten und Enzyklopädisten und die in diesem Kontext erhobenen Plagiatsvorwürfe gibt Christian Albertan in seinem Artikel « Les journalistes de Trévoux lecteurs de l'encyclopédie » (Albertan 1991).

⁸⁰ Über die Gründe dafür wurde viel geschrieben und spekuliert. Peter-Eckhard Knabe zufolge spielte „ein materieller Gesichtspunkt eine nicht unerhebliche Rolle“ (Knabe 1978, 182). Die *Encyclopédie* sei für das Bürgertum zu teuer gewesen. Von anderen Autoren werden theologische, ideologische, methodologische und strukturelle Gründe als ausschlaggebend für die geringe Resonanz der *Encyclopédie* in Deutschland angeführt. Man vergleiche dazu die grundlegende Untersuchung Jürgen Voss' „Verbreitung, Rezeption und Nachwirkung der Encyclopedie in Deutschland“ (Voss 1985).

⁸¹ Über den „Zedler“ informieren die „Zedleriana“, eine Internetplattform, deren Redaktion bei Jutta Nowosadtko und Ulrich Johannes Schneider sowie bei Gregor Horstkemper (Gestaltung, technische Umsetzung) liegt. Die „Zedleriana“ bieten ergänzende Materialien zu der von der Bayerischen Staatsbibliothek zur Verfügung gestellten digitalisierte Fassung des Lexikons. Auf den Seiten findet sich auch eine Liste mit weiterführender Literatur. Die URL lautet: <http://www.zedleriana.de/index.htm> [05.05.2013].

⁸² Zu „Jacob Brucker und die ‚Encyclopédie‘“ vergleiche man den gleichnamigen Aufsatz von Rainer Jehl in dem Sammelband *Jacob Brucker (1696–1770): Philosoph und Historiker der europäischen Aufklärung* (Jehl 1998).

internationalen Verbreitung deutscher Philosophie, die von Wolffianern dominiert wurde, geleistet.

Nicht unerheblich dazu beigetragen hat Johann Samuel Formey, seit 1744 Mitglied der Berliner Akademie der Wissenschaften, seit 1745 deren Historiograph und seit 1748 deren beständiger Sekretär.⁸³ Er führte mit etwa 1800 Persönlichkeiten Korrespondenz, ca. 40 000 Briefe sind nachgewiesen (Fontius 1996, 288). Außerdem gab er mehrere Zeitschriften mit internationaler Wirkung heraus, so die *Nouvelle Bibliothèque Germanique*, das *Journal littéraire d'Allemagne*, die *Bibliothèque critique* und die *Annales typographiques germaniques*. Seine mehr als fünfzig Nekrologe über Mitglieder der Berliner Akademie, die in *Eloges des académiciens de Berlin et de divers autres savants* erschienen sind, stellen bis heute wichtige Quellen der Wissenschaftshistoriographie dar.⁸⁴ Nicht zuletzt war Formey einer der ersten und wichtigsten Mitarbeiter der *Encyclopédie*. Die mit « article de M. Formey » oder mit « article tiré de papiers de Formey » gekennzeichneten Einträge umfassen insgesamt 1800 Textseiten (Unze 1997, 206). Einen Großteil davon hat Johann Samuel Formey allerdings nicht selbst verfasst. In der Regel handelt es sich um Exzerpte und Übersetzungen aus anderen Werken, darunter du Châtelets *Institutions physiques*. Um konkret zu sein, wurden einige Paragraphen aus diesem Werk in die Einträge « Continuite », « Espace », « Hypothese », « Impossible », « Mouvement », « Pesanteur », « Repos » und « Temps » übernommen. – Formey, ein Plagiator? Du Châtelet das Opfer?

Folgt man Sonia Carboncini war Formey „ein Eklektiker im negativen Sinne, ein opportunistischer Kompilator, der die Werke vieler Autoren geplündert und Schriften zusammengestellt hat, die allerlei Platitüden und Widersprüche enthalten“ (Carboncini[-Gavanelli] 1993, 120).⁸⁵ Formeys Bedeutung liege darin, dass er der Philosophie Wolffs und des Wolffianismus in der *Encyclopédie* zu einer Art impliziten Präsenz verholfen habe.⁸⁶ Diese Präsenz sei „nicht

⁸³ Zu Formeys Rolle als Akademiesekretär und sein Verhältnis zu Friedrich II. vergleiche man die Beiträge von Martin Fontius „Der Akademiesekretär und die Schweizer“ (Fontius 1996) und von Werner Krauss „Ein Akademiesekretär vor 200 Jahren: Samuel Formey“ (Krauss 1996).

⁸⁴ In seinem Nachruf auf Christian Wolff « Eloge de M. de Wolf » pries Formey auch du Châtelets « excellent Abrégé de Physique » als ein Werk, in dem französischer Newtonianismus und deutsche Metaphysik zusammengeführt würden (Formey 1757, 256).

⁸⁵ Positiver fällt des Urteil Walter Unzes in seiner Reminiszenz „Polyhistor oder Vielschreiber? Johann Heinrich Samuel Formey (1711–1797)“ aus: „Vielleicht sollten wir ihn heute doch weniger als Vielschreiber vergessen, denn als Polyhistor [. . .] ehren“ (Unze 1997, 74).

⁸⁶ Diese These vertritt und verteidigt Carboncini in den Arbeiten « L'Encyclopédie et Christian Wolff: A propos de quelques articles anonymes » (Carboncini[-Gavanelli] 1987) und in „Christian Wolff in Frankreich. Zum Verhältnis von französischer und deutscher Aufklärung“ (Carboncini[-Gavanelli] 1993). Beide Arbeiten wurden in den von Jean École edier-

zufällig oder unwesentlich“ (Carboncini[-Gavanelli] 2007, 81).⁸⁷ Vielmehr könne man von einer regelrechten Infiltration Wolffschen Gedankenguts sprechen. Wortgetreue Übernahmen aus du Châtelets *Institutions physiques*, aus Deschamps' *Logique* sowie aus dessen *Cours abrégé* sind nur einige Belege dafür. D'Alembert habe sich sogar aus Werken Wolffs direkt bedient und dessen Definitionen von „Kosmologie“, „Psychologie“ und „Methode“ als die seinigen ausgegeben. Schließlich habe Diderot nicht zufällig sämtliche lateinische Werke Wolffs erworben und sie allen Mitarbeitern der *Encyclopédie* zur Verfügung gestellt. Willkommen ging Diderot auch auf das Angebot Formeys ein: Diderot kaufte die von Formey gesammelten Materialien, die dieser für sein eigenes Enzyklopädieprojekt zusammengetragen hatte, welches er Anfang der 40er Jahre in Angriff genommen, dann aber wieder ad acta gelegt hatte.⁸⁸

Trotz dieser Fakten darf man nicht vergessen: Es gab in Frankreich keine Bewegung, die mit derjenigen des Wolffianismus in Deutschland vergleichbar gewesen wäre, keine Soziätet, die sich die Verbreitung der „Leibniz-Wolffschen Lehre“ zum Ziele gesetzt und mit beeindruckender Effizienz und publizistischer Anstrengung betrieben hätte. Offiziell wurde Wolffs Philosophie sogar vielfach bekämpft. Vor allem aber gab es in Frankreich eine Rezeption der Philosophie Leibniz', die unabhängig von Wolff und den Wolffianern vor dem Hintergrund des Cartesischen Rationalismus und französischen Newtonianismus und damit unter anderen Voraussetzungen erfolgte.

Bemerkenswert ist immerhin folgende Parallele: Mit dem Siegeszug des Newtonianismus in Frankreich ging die betonte Abgrenzung von Descartes, Leibniz und Wolff einher. Tatsächlich aber ist der Erfolg Newtons in Frankreich auf dessen rationalistische Einkleidung zurückzuführen. Die Einführung des Leib-

ten Band *Autour de la Philosophie Wolffienne* (École 2001) aufgenommen, der Texte von Hans Werner Arndt, Sonia Carboncini und Jean École versammelt. Carboncini-Gavanellis Artikel „Das Paradox der Aufklärung. Christian Wolff und die Encyclopédie“ (Carboncini[-Gavanelli] 2007) unterstreicht die Thesen und Ergebnisse ihrer früheren Studien, die auf ihrer Dissertation *Transzendente Wahrheit und Traum. Christian Wolffs Antwort auf die Herausforderung durch den Cartesianischen Zweifel* (Carboncini[-Gavanelli] 1991) aufbauen.

⁸⁷ Koffi Maglo hat in seinem Aufsatz « Mme Du Chatelet, l'Encyclopedie et la philosophie des sciences » (2008) am Beispiel der „impliziten“ Präsenz der *Institutions physiques* in der *Encyclopédie* die Besonderheiten der französischen Rezeption der Mechanik Newtons untersucht. Auf die historischen Bezüge zum Wolffianismus mittels Formey geht der Autor leider nicht ein.

⁸⁸ Man vergleiche entsprechenden Hinweis bei Werner Kraus, Formey habe „seine schon ausgearbeiteten Artikel den Franzosen zum erstmaligen Abdruck“ überlassen. „Aus dem umfangreichen Manuskript, das die beiden Herausgeber der ‚Enzyklopädie‘ schon 1747 von Formey erworben haben, wurden 81 Artikel – meist philosophischen und theologischen Inhalts – übernommen“ (Kraus 1996, 206). Werner Schneiders bemerkt zudem, dass nicht wenige Beiträge davon „wörtlich aus dem Universallexikon von Heinrich Zedler“ (Schneiders 1997, 67) stammten.

nischen Differentialkalküls in die Newton-Mechanik ist ein repräsentatives Beispiel dafür.

Weniger beachtet wurde bislang der Beitrag des Wolffianismus zur Newton-Rezeption in Deutschland. Vordergründig ist dieses Thema schnell abgehandelt: Der Siegeszug des Wolffianismus in Deutschland hatte ein breites Ressentiment gegenüber Newton zur Folge. Deshalb wurde die revolutionäre Sprengkraft der Newtonschen Gravitationstheorie verkannt. Stattdessen übte man sich in sinnlosen metaphysischen Diskussionen über die Natur der Gravitation, die Newton wohlwissend vermieden habe. Dieses vom Empirismus des 19. Jahrhunderts geprägte Vorurteil hält sich bis heute hartnäckig. In Wirklichkeit suchten nicht wenige Wolffianer auf Basis ihrer kritischen Auseinandersetzung mit Newton Wege der Integration der Gravitationstheorie in die Mechanik. Die Rezeption der *Institutions physiques* du Châtelets in Deutschland ist ein gutes Beispiel dafür. Eine maßgebende Rolle für diese Rezeption spielte der Gottsched-Kreis in Leipzig, dessen Geschichte eng mit der *Soziëtit der Alethophilen* verknüpft ist.

3.7.6 Der Gottsched-Kreis

Der Regierungsantritt Friedrichs II. im Jahre 1740 brachte einschneidende kulturpolitische und wissenschaftsgeschichtlich bedeutsame Veränderungen mit sich. Christian Wolff kehrte nach Halle zurück. Ernst Christoph von Manteuffel musste Berlin verlassen. Unmittelbar darauf hielten Voltaire und Maupertuis Einzug am Potsdamer Hof. Je deutlicher sich die Dominanz der Franzosen an der Berliner Akademie der Wissenschaften abzeichnete, desto stärker erfolgte eine Dezentralisierung und, damit verbunden, eine überregionale Erweiterung der Anhängerschar Wolffs. Als das neue Zentrum der Wolffianischen Bewegung formierte sich Leipzig.

Als ausschlaggebend für die Verlagerung nach Leipzig erwiesen sich die Kontakte Manteuffels zu Johann Christoph Gottsched und zu dessen Gemahlin Luise Adelgunde Victorie, kurz die „Gottscheds“ genannt. 1737 war Johann Christoph Gottsched knapp einer Entlassung von seinem Professorenamt aufgrund des Verdachts der Publikation religionsschädigender Schriften entgangen. Man hatte ihm vorgeworfen, dass seine Ansichten zur Glückseligkeit und zur Willensfreiheit nicht mit der Erbsündenlehre übereinstimmten. In Manteuffel hatte Gottsched einen einflussreichen Fürsprecher gefunden.⁸⁹

⁸⁹ Andres Straßberger hat Gottscheds Auseinandersetzung mit den orthodoxen Theologen der Universität Leipzig ausführlich in seiner Monographie *Johann Christoph Gottsched und die „philosophische“ Predigt: Studien zur aufklärerischen Transformation der protestantischen Homiletik im Spannungsfeld von Theologie, Philosophie, Rhetorik und Politik* (Straßberger 2007) untersucht.

So bitter für den Grafen die Ausweisung aus Berlin Ende 1740 war, von Gottsched wurde dessen Übersiedelung nach Leipzig sehr willkommen geheißen. Manteuffels Stadtpalais „zum Kurprinz“ am Leipziger Rossplatz unweit der Universität (und dessen Landgut Lauer südlich von Leipzig) kristallisierte sich schon bald zu einem regelmäßigen Treffpunkt der Alethophilen heraus.⁹⁰ Der persönliche Kontakt zum adeligen Mäzen führte nicht nur zu einem Anstieg der Mitgliederzahlen und Aktivitäten der Leipziger Gesellschaft der Alethophilen, zu deren Kreis auch die Gottscheds zählten. Die Stärkung der Leipziger Alethophilen bewirkte, dass Gottsched seinen Einfluss und seine Stellung im Schnittfeld von Universität, adeliger Salonkultur und Bildungsbürgertum beachtlich ausbauen konnte.

Die Bedeutung der „Gottscheds“ für die hochschul- und bildungspolitische Verankerung des Wolffianismus in der Deutschen Aufklärung ist hinlänglich bekannt.⁹¹ Johann Christoph Gottsched war seit 1731 Professor der Logik und Metaphysik und mehrmals Dekan der Philosophischen Fakultät. Er stand der *Deutschen Gesellschaft* und diversen Rednergesellschaften in Leipzig vor und war Gründer und Herausgeber einflussreicher Zeitschriften und Journale, darunter des Rezensionsorgans *Neuer Büchersaal der schönen Wissenschaften und freyen Künste*.

Luise Adelgunde Victorie, genannt die „Gottschedin“, leistete durch ihre unermüdliche Mitarbeit an diesen Zeitschriften einen wichtigen Beitrag zu den Wolffschen Reformbemühungen. Sie unterstützte die Arbeiten ihres Mannes, indem sie Korrespondenzen erledigte, die Buchführung übernahm, deren beider Privatbibliotheken verwaltete u. v. m. In der historischen Forschung wurde Luise Adelgunde Victorie lange Zeit ausschließlich als Dramaturgin und Lyrikerin wahrgenommen. Dass sie sich mit ihren in der Regel antipietistischen Satiren, wie *Die Pietisterey im Fischbein-Rocke. Oder die Doctormäßige Frau. In einem Lust-Spiele vorgestellt* (Gottschedin 1736), am wissenschaftlichen

⁹⁰ Über die Besonderheiten und Gepflogenheiten dieser Zusammenkünfte erteilt Detlef Döring u. a. in seinem Aufsatz „Ernst Christoph von Manteuffel und die Leipziger ‚Wahrheitsliebenden‘ um Johann Christoph Gottsched“ (Döring 2012) Auskunft.

⁹¹ Weiterführend dazu sei auf die von Gabriele Ball, Helga Brandes und Katherine R. Goodman herausgegebene Publikation *Diskurse der Aufklärung. Luise Adelgunde Victorie und Johann Christoph Gottsched* (Ball u. a. 2006) verwiesen. Die Bedeutung des Gottsched-Kreises wird auch in den Beiträgen des Sammelbandes *Johann Christoph Gottsched in seiner Zeit: neue Beiträge zu Leben, Werk und Wirkung* (Rudersdorf 2007) deutlich. Der Briefwechsel der Gottscheds wird von Detlef Döring und Manfred Rudersdorf in einer 25 Bände umfassenden Ausgabe der sächsischen Akademie der Wissenschaften zu Leipzig ediert. Bislang sind fünf Bände erschienen. Über das Projekt und den derzeitigen Stand informiert die Sächsische Akademie der Wissenschaften zu Leipzig unter folgender URL: <http://www.saw-leipzig.de/forschung/projekte/edition-des-briefwechsels-von-johann-christoph-gottsched> [04.12.2013].

und philosophischen Diskurs ihrer Zeit beteiligte, wurde seitens der Philosophiegeschichte geflissentlich ignoriert. Erst neuere Studien haben gezeigt, dass die Gottschedin mit ihren Werken eine pointierte Kritik an philosophischen Klassikern, an Pierre Bayle und John Locke, Francis Bacon und René Descartes usw., übte. In diesem Zusammenhang ist insbesondere ihre übersetzerische Tätigkeit hervorzuheben.⁹²

1741 wurde der Gottschedin als besondere Auszeichnung die Alethophilenmedaille in Gold für ihre Übersetzung *Zwo Schriften, welche von der Frau Marquise von Chatelet und dem Herrn von Mairan, das Maaß der lebendigen Kräfte in den Körpern betreffend, sind gewechselt worden* (Gottschedin 1741) feierlich überreicht. Der Übersetzung des brieflichen Disputes du Châtelets mit Jean-Jacques Dortous de Mairan ist ein „Schreiben der Übersetzerinn an die Fr. Marquisinn von Chatelet“ vorangestellt.⁹³

Wie bereits erwähnt, wurde die Medaille „den Mitgliedern der Gesellschaft als Erkennungszeichen von Manteuffel überreicht“ (Bronisch 2010, 162). Auf der Vorderseite der Medaille ist im Brustharnisch mit Helm Minerva zu sehen, Beschützerin der Handwerker und des Gewerbes, der Dichter und Lehrer, Sinnbild für taktische Kriegsführung sowie Göttin der Weisheit und Hüterin des Wissens. Auf dem Helm abgebildet sind die Portraits Leibniz' und Wolffs. Darüber steht die auf Horaz zurückgehende Devise „Sapere aude“.⁹⁴

⁹² Neuere Forschungen zur Gottschedin, wie sie beispielhaft Veronica C. Richel mit ihrer Pionierarbeit *Luise Gottsched: A Reconsideration* (Richel 1973), Hilary Brown mit ihrer Studie „Luise Gottsched and the Reception of French Enlightenment Literature in Germany“ (Brown 2007) und Helga Brandes mit ihrem Beitrag „Johann Christoph & Luise Adelgunde Victorie Gottsched und der deutsch-französische Aufklärungsdiskurs“ (Brandes 2007) vorgelegt haben, zeigen, dass Luise Adelgunde Victorie Gottsched lange zu Unrecht im Schatten ihres Gemahls stand. Ihre Kenntnis der englischen und französischen Fachliteratur war wesentlich fundierter als diejenige von Johann Christoph Gottsched. Ihr Interesse richtete sich viel stärker als dasjenige ihres Ehemannes auf die exakten Wissenschaften. Nicht wenige physikalische Arbeiten, darunter Schriften du Châtelets, lassen sich laut Recherchen Gabriele Balls einzig in ihrer Bibliothek nachweisen. Man vergleiche dazu Balls Artikel „Die Büchersammlungen der beiden Gottscheds: Annäherungen mit Blick auf die *livres philosophiques* L. A. V. Gottscheds, geb. Kulmus“ (Ball 2006).

⁹³ Zur Auseinandersetzung der Gottschedin mit du Châtelet vor dem Hintergrund des Selbstverständnisses und der Ziele der Sozietät der Alethophilen vergleiche man John Iversons Aufsatz «*Émilie Du Châtelet, Luise Gottsched et la Société des Aléthophiles: une traduction allemande de l'échange au sujet des forces vives*» (Iverson 2008). Ein kurzer Bericht über Gottscheds Übersetzung wird auch in der Anzeige „Der Frau Luise Adelgunde Victoria Gottschedinn geb. Kulmus Sämmtliche Kleine Gedichte“ bzw. «*Recueil de petites pieces de Poesie de feue Mde. Gottsched, avec cetttes qui ont été composées à son honneur, & l'histoire de sa vie par M. Gottsched, son époux. Leipzig: Breitkopf 1763*» (Gottschedin 1763) in dem von Pierre Rousseau edierten *Journal encyclopédique* gegeben und auf die Auszeichnung mit der Alethophilenmedaille verwiesen.

⁹⁴ „Programmatur und Selbstverständniß“ der Aletheophilen hat Johannes Bronisch auf

Seit Kant gilt dieser Leitsatz als Wahlspruch der Aufklärung, „sich seines Verstandes ohne Leitung eines anderen zu bedienen“ (Kant *AA VIII*, 35).⁹⁵ Die Bedeutung der Horazschen Setenz im alethophilen Sinne war eine andere. Sie implizierte nicht Kants Vernunftkritik als Plädoyer, sondern verpflichtete die Mitglieder der Sozietät auf die Wahrheit im Denken und Handeln, und zwar im Sinne von Wolffs Wahrheitsbegriff der *veritas transcendentalis*.

Deutlich zum Ausdruck kommt dies in dem von Manteuffel verfassten *Hexalogus Alethophilorum*. Dieser Regelkanon umfasste sechs Paragraphen, in denen die ontologische Prinzipienlehre Wolffs normativ umgedeutet wird. Wer als Mitglied in den erlauchten Kreis der Alethophilen aufgenommen wurde, hatte das Versprechen abzugeben, ohne zureichenden Grund nichts für wahr oder falsch zu halten.⁹⁶

Dass die Gottschedin für ihre Übersetzung des brieflichen Schlagabtausches zwischen du Châtelet und de Mairan die Medaille der Alethophilen erhielt, ist vor dem Hintergrund der im *Hexalogus* verankerten und in der Medaille verbildlichten Parteiprogrammatik zu sehen. In dem einführenden „Schreiben an die Frau Marquisin von Chatelet“ heißt es in Gedichtform (Runckel 1776, Nr. 77):

Erhabene Chatelet! o fahre ferner fort,
Der Wahrheit nachzugehen. Sie hängt an keinem Ort;
Und wer in Afrika, und im beeisten Norden
Auf ihre Spuren lauscht, gehört zum Weisenorden.

Auf den ersten Blick ist Gottscheds Gedicht nichts weiter als ein glorifizierendes Loblied auf du Châtelet. Tatsächlich aber war es mehr als das. Mit ihrem Schreiben hielt die Gottschedin ein rhetorisch geschickt verkleidetes Plädoyer für den von den Alethophilen vertretenen Wolffianismus, für seine Leitsätze und seine Prinzipien. Gottscheds Insistieren auf du Châtelets Vorbildrolle, frei

Basis einer fundierten Quellenrecherche untersucht (Bronisch 2010, 155–170). Die folgenden Bemerkungen dazu schließen sich dessen Analyse und Interpretation an.

⁹⁵ Nachzulesen in Kants berühmten Aufsatz „Beantwortung der Frage: Was ist Aufklärung“. Dieser erschien 1784 im Dezemberheft der *Berlinischen Monatsschrift* (Kant 1784) und wurde in den achten Band der *Gesammelten Werke* der Akademie-Ausgabe aufgenommen, aus der oben zitiert wird.

⁹⁶ In seiner Einleitung zu *Christian Wolffs eigener Lebensbeschreibung* ist bei Heinrich Wuttke zu lesen: „Der Haxalogus Alethophilorum oder die Gesetz-Tafel der Wahrheitliebenden Gesellschaft bestimmte, daß die Glieder nichts für wahr oder falsch ansehen sollten, ohne durch zureichenden Grund – das wolfsche Stichwort – davon überzeugt zu seyn“ (Wuttke 1841, 35). Als Christian Wolff von dem *Haxalogus* erfuhr, war er nicht begeistert. Er hielt Manteuffels Vorgehen, die alethophile Mitgliedschaft von der Einhaltung gewisser Handlungsmaximen abhängig zu machen, für zu dogmatisch, wie sich aus seinem bei Bronisch zitierten Brief an Manteuffel vom 19. Oktober 1740 (Bronisch 2010, 160) entnehmen lässt.

von Patriotismus und Parteilichkeit argumentiert zu haben, entpuppt sich bei kritischer Lektüre als Antiphrase. Natürlich ergriff die Gottschedin Partei für die Wolffianer. Und sie tat dies nicht ohne nationalen Stolz und ohne nationales Sendungsbewusstsein.

Die Übersetzung stieß damals nicht ohne Grund auf ein breites Interesse. Im Hintergrund stand die Kontroverse, die Voltaires Newton-Interpretation in Deutschland ausgelöst hatte. Voltaires *Éléments de la Philosophie de Newton* waren 1738 erstmals erschienen. Die Reaktion, die diese Publikation in Deutschland hervorrief, hielt sich zunächst in überschaubaren Grenzen und fiel, insgesamt betrachtet, recht positiv aus. Neben kurzen Anzeigen in der *Bibliothèque germanique* und den *Göttingischen Zeitungen von gelehrten Sachen* wurde das Werk in den *Deutschen Acta Eruditorum* und in den *Nova Acta Eruditorum* zwar kritisch, aber nicht ablehnend rezensiert. Dies änderte sich abrupt mit dem Erscheinen von Voltaires *Métaphysique de Newton, ou parallèle des sentiments de Newton et de Leibnitz* (Voltaire 1740).⁹⁷

Diese Arbeit wurde von den Wolffianern aufgrund der Polemik Voltaires gegen Leibniz als Affront empfunden und löste einen Sturm an Protest und Gegenschriften aus. Die bekannteste Kampfansage kam, noch ehe die deutsche Übersetzung vorlag⁹⁸, von Ludwig Martin Kahle, damaliger Professor für Philosophie an der Universität Göttingen: *Vergleichung der Leibnitzischen und Neutonischen Metaphysik, wie auch verschiedener anderer philosophischer und mathematischer Lehren beyder Weltweisen angestellet, und dem Herrn von Voltaire entgegen gesetzt* (Kahle 1741).

Kahles Kritik an Voltaire wurde mehrfach in namhaften deutschen Zeitschriften rezensiert, u. a. im dritten Band der *Göttingischen Zeitungen von gelehrten Sachen* von 1741, im Novemberheft des *Journal Litteraire d'Allemagne* aus dem Jahre 1742 und in der Februarausgabe der *Nova Acta Eruditorum* deselben Jahres.⁹⁹ Alle diese Besprechungen ergriffen für Kahle Partei und

⁹⁷ Diese ursprünglich separat publizierte Schrift wurde der modifizierten Neuausgabe der *Éléments* aus dem Jahre 1741 als erster Teil vorangestellt. Zur Editions-geschichte sei auf Renate Wahsners und Horst-Heino von Borzeszkowskis Einleitung zu ihrer Neuausgabe der *Elemente der Philosophie Newtons* (Voltaire 1997) verwiesen.

⁹⁸ Voltaires *Métaphysique de Newton* wurde 1741 von Gottlieb Christian Mosheim unter dem Titel *Metaphysik des Neuton oder Vergleichung der Meinungen des Herrn von Leibnitz und des Neuton* (Mosheim 1741) ins Deutsche übertragen.

⁹⁹ Über die Rezeptions- und Übersetzungsgeschichte der beiden Arbeiten Voltaires in Deutschland, der *Éléments* und der *Métaphysique de Newton*, liegen eine Reihe von Studien vor, u. a. von Alexandra Lewendoski „Reaktionskette eines Leibnizverständnisses. Clarke, Newton, Voltaire, Kahle“ (Lewendoski 2004b) und von Renate Wahsner „Über den ‚Ungrund der neutonischen Begriffe und Sätze‘. Eine metaphysische Diskussion über eine neue Physik“ (Wahsner 1999). Zu Kahles „Gegenschlag“ s. auch Peter-Eckhard Knabe in *Die Rezeption der französischen Aufklärung in den „Göttingischen Gelehrten Anzeigen“: (1739–*

verurteilten Voltaire als Anti-Metaphysiker, Anti-Systematiker, Skeptizist und Deist.¹⁰⁰ Voltaire galt fortan als Sinnbild eines metaphysikfeindlichen Mechanismus, der Leibniz' Optimismus von unserer Welt als der besten aller möglichen Welten mit Spott und Hohn begegnete.

Die Veröffentlichung der *Institutions physiques* du Châtelets 1740 kam hier wie gelegen, um Voltaire gleichsam einen Spiegel vorzuhalten. Die Botschaft an Voltaire war eindeutig: Er solle sich ein Beispiel an du Châtelets Verteidigung Leibniz' und an ihrer pointierten Kritik an Newton nehmen. In den *Göttingischen Zeitungen von gelehrten Sachen*¹⁰¹ wurde am 6. April 1741 das Buch du Châtelets wie folgt angekündigt:

Die Marquise de Chatelet, eine grosse Liebhaberin der Naturlehre, worinnen sie sonst des Newtons Grundsätzen gefolgt und einige Proben bey der Academie der Wissenschaften zu Paris geäussert, hat ohnlängst institutiones de la physique nach dem Leibnitzianischen und Wolfianischen Grundlehren [...] heraus gegeben. Da sie eine grosse Gönnerin des Herrn von Voltaire ist, so scheint sie dennoch hiedurch von seiner Meinung abzugehen, daß Newton ein grösserer Weltweise, als Leibniz gewesen.

Christian Wolff verfolgte die Kritik an Voltaire, wie sie beispielhaft Martin Kahle vorgelegt hatte und von den Rezensenten namhafter deutscher Gelehr-

1779) (Knabe 1978, 57–61) und Renate Wahsner und Horst-Heino von Borzeszkowski in der Einleitung zu ihrer Neuausgabe der *Elemente der Philosophie Newtons* Voltaires (Voltaire 1997, 6–16). In der von Gabriel Wilhelm Goetten begründeten und von Ernst Ludwig Rathlef herausgegebenen *Geschichte jetztlebender Gelehrten* werden im siebten Band unter dem Eintrag „Geschichte des Herrn Franz Arouet von Voltaire“ bereits wichtige bibliographische Hinweise zur Aufnahme der *Éléments* und der *Métaphysique de Newton* in Deutschland im Zeitraum zwischen der Erstveröffentlichung und dem Erscheinen des Eintrages (1740–1743) gegeben und kurz kommentiert (Rathlef 1743, 118f.).

¹⁰⁰ Voltaire verteidigte sich in zwei Antwortschreiben an Kahle: « A Monsieur Martin Kahle, Professeur et doyen des philosophes de Goettingen, au sujet des questions métaphysiques ci-dessus » und « Courte réponse aux longs discours d'un docteur allemand », nachdem er von der französischen Übersetzung der Kahlschen Kritik *Examen d'un livre intitulé, La métaphysique de Newton, ou, Parallèle des sentimens de Newton & de Leibnitz* Kenntnis genommen hatte. Die Übersetzung stammt von François de Gautier Saint-Blancard (De Gautier Saint-Blancard 1744). Sie entstand auf Anregung Jean Deschamps. Beide Briefe Voltaires an Kahle wurden der Neuedition der *Elémens de la philosophie de Newton* aus dem Jahre 1773 als Anhang beigefügt (Voltaire 1773, 285–292).

¹⁰¹ Die einzelnen Bände der seit 1739 erscheinenden *Göttingischen Zeitungen von gelehrten Sachen* sind heute auf dem Server des Göttinger Digitalisierungszentrum, einer Einrichtung der Niedersächsischen Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen, bequem online abrufbar. Die URL lautet: <http://gdz.sub.uni-goettingen.de/dms/load/mod/> [05.12.2013]. Die Anzeige des Buches du Châtelets erfolgte auf den Seiten 233f. des Bandes 1741 (= 28. St.).

tenzeitschriften aufgegriffen wurde, mit Genugtuung. So schrieb er in einem Brief an Manteuffel vom 27. Januar 1741 (Ostertag 1910, 62f.):

Herr Prof. Kahle in Göttingen hat mir eine Widerlegung der *Metaphysique de Newton* zugeschickt, die der Herr de Voltaire herausgegeben und darinnen er auch in *Metaphysicis* denselben dem Herrn von Leibnitz vorziehen will. Es ist aber Schade, daß sie Deutsch geschrieben und de Voltaire sie nicht lesen kan. Es könnte wohl nichts abgeschmackteres seyn.¹⁰²

Im Kampf gegen die „Schreckensgespenster“ des „Deismus, Materialismus und Skepticismus“ der französischen Newtonianer setzte Wolff seine Hoffnungen auf du Châtelet. Schon vor dem Bekanntwerden der *Métaphysique de Newton* Voltaires schrieb er am 7. Juni 1739 (Ostertag 1910, 38):

In Frankreich reißet der Deismus, Materialismus und Skepticismus auch gewaltung und mehr ein, als fast zu glauben stehet. Und es wäre gut, wenn die vortrefflich gelehrte Marquisin gleichsam das Instrument seyn könnte, wodurch diesem Übel vermittelt meiner Philosophie gesteuert würde.

Die *Göttingischen Zeitungen von gelehrten Sachen* spielten in den 1740er Jahren eine nicht zu unterschätzende Rolle bei der Verteidigung der Reputation Wolffs und seiner Philosophie.¹⁰³ Angesichts ihrer Bedeutsamkeit als Rezensions- und Meinungsbildungsorgan ist es erstaunlich, dass der Gründer dieser Gelehrtenzeitschrift, die seit 1753 von der Akademie der Wissenschaften zu Göttingen herausgegeben wird und unter dem veränderten Titel *Göttingische Gelehrte Anzeigen* bis heute erscheint, kaum mehr bekannt ist. Es handelt sich um Wolf Balthasar Adolf von Steinwehr.

Steinwehr wirkte fast 30 Jahre lang als Professor für Philosophie, Geschichte, und Natur- und Völkerrecht in Frankfurt (an der Oder) und übte dort auch das Amt des Universitätsbibliothekars aus.¹⁰⁴ Vor seiner Berufung im Jahre 1741 war er drei Jahre lang Extraordinarius an der Universität Göttingen. In diese

¹⁰² Von der späteren französischen Übersetzung der Kahlschen Schrift konnte Wolff zu diesem Zeitpunkt noch nichts wissen.

¹⁰³ Am Rande sei erwähnt, dass die *Göttingischen Zeitungen von gelehrten Sachen* nicht der einzige Schauplatz der Auseinandersetzung mit Voltaires *Métaphysique de Newton* und der Kritik Kahles waren. Eine breite Diskussion fand auch in der von Jean Henri Samuel Formey herausgegebenen Zeitschrift *Nouvelle Bibliothèque Germanique* statt. Diese Diskussion ist meines Wissens bislang so gut wie nicht aufgearbeitet.

¹⁰⁴ Steinwehr hinterließ der Universität sein Vermögen zum Ankauf historischer Bücher. Sein Nachlass zählt heute zu den wertvollsten Sondersammlungen der Universitätsbibliothek.

Zeit fällt seine Ernennung zum auswärtigen Mitglied der Königlich Preußischen Akademie der Wissenschaften und die Gründung der *Göttingischen Zeitungen von gelehrten Sachen*.

Steinwehr pflegte zeitlebens enge Kontakte zum Gottsched-Kreis und zur Deutschen Gesellschaft in Leipzig, dessen Mitglied er seit 1732 war. Nach seinem Studium der Theologie an der Universität Wittenberg war er in diesem Jahr nach Leipzig gekommen, um als Redakteur der *Neuen Zeitungen von gelehrten Sachen* (in der Nachfolge von Friedrich Wilhelm Stübner) zu arbeiten, die 1715 von Johann Gottlieb Krause, seit 1727 Professor an der Universität Wittenberg, ins Leben gerufen worden war. Über Gottsched lernte Steinwehr seine spätere Gemahlin Christiana Mariana von Ziegler kennen, eine preisgekrönte Dichterin und Autorin zahlreicher Aufsätze und Bücher über moralphilosophische und ethische Fragen. Ziegler führte zu dieser Zeit in ihrem Elternhaus einen einflussreichen und über die Grenzen Leipzigs hinaus berühmten literarisch-musikalischen Salon. Neben Johann Christoph Gottsched, auf dessen Vorschlag sie als Mitglied der Deutschen Gesellschaft aufgenommen wurde, zählte auch Johann Sebastian Bach zu den Besuchern.¹⁰⁵ Nach dem Leipziger Vorbild setzte das Ehepaar Steinwehr und Ziegler die Tradition der Deutschen Gesellschaft in Frankfurt fort. Daneben wirkte Steinwehr organisatorisch an den Aufgaben der Frankfurter Universität mit, u. a. als Rektor der Alma Mater Viadrina.

Steinwehrs Verdienste liegen in nicht unerheblichem Maße auf dem Gebiet der Übersetzungen. So übertrug er den Briefwechsel Bernard le Bovier de Fontenelles (Steinwehr 1746) und, nicht zu vergessen, Werke Christian Wolffs, darunter *Vernünfftige Gedancken von der nützlichen Erlernung und Anwendung der mathematischen Wissenschaften* (Steinwehr 1746), vom Französischen bzw. Lateinischen ins Deutsche. Hervorzuheben ist Steinwehrs zwölbändige Übersetzung *Der königlichen Akademie der Wissenschaften in Paris physische Abhandlungen* (Steinwehr 1749–1756). Diese zwischen den Jahren 1749 und 1756 erschienene Übersetzung umfasst die Jahrgänge zwischen 1692 und 1738 der *Recueil des pieces qui ont remporté les prix de l'Académie royale des sciences*.

Mit seinen Arbeiten leistete Steinwehr nicht nur einen Beitrag zur Etablierung der deutschen Sprache als Wissenschaftssprache.¹⁰⁶ Er betrieb zugleich

¹⁰⁵ Die Stellung Zieglers im Geistesleben der Deutschen Frühaufklärung hat ausführlich Cornelia Caroline Köhler in ihrer Dissertation *Frauengelehrsamkeit im Leipzig der Frühaufklärung. Möglichkeiten und Grenzen am Fallbeispiel des Schmäschriftenprozesses im Zusammenhang mit der Dichterkrönung Christiana Mariana von Zieglers* (Köhler 2007) untersucht.

¹⁰⁶ Dieses Projekt verfolgten die Wolffianer mit bemerkenswerter Konsequenz und Intensität. Dietmar Till hat am Beispiel der deutschen Übersetzungen der *Théodicée* (1710) und der

Werbung für Wolff und den Wolffianismus. Ein illustratives Beispiel dafür ist die von Steinwehr 1743 vorgelegte Publikation *Der Frau Marquisinn von Chastellet Naturlehre an Ihren Sohn*.¹⁰⁷ Steinwehr hielt sich mit Akribie an die Wolffsche Terminologie der deutschen Kunstwörter.¹⁰⁸ Als Vorlage dienten ihm die Handwörterbücher Meißners und Ludovicis. 1737 war Heinrich Adam Meißners *Philosophisches Lexicon, darinnen die Erklärungen und Beschreibungen aus des sal. tit. tot. hochberühmten Weltweisen, Herrn Christian Wolffens sämmtlichen teutschen Schrifften seines philosophischen Systematis sorgfältig*

Monadologie (1714) von Gottfried Wilhelm Leibniz die von den Wolffianern durch ihre Übersetzungstätigkeit betriebene Diskurspolitik untersucht und gezeigt, auf welcher subtilen Weise Leibniz für das Wolffsche Programm einer deutschen Wissenschaftssprache vereinnahmt und die inhaltlichen Differenzen zwischen Leibniz und Wolff bewusst kaschiert wurden: „Betrachtet man dabei die Übersetzer, die alle mehr oder weniger dem Umkreis Wolffs zugehören (in einer Vielzahl von Fällen sind es seine Studenten), ebenso wie ihre Übersetzungsprinzipien [...], dann wird schlagartig klar, daß die Leibniz-Rezeption in Deutschland durch die Anhänger Wolffs nicht nur befördert, sondern wesentlich sogar gesteuert wurde. Die ‚Wolffianer‘ betrieben gewissermaßen ‚Diskurspolitik‘ und vereinnahmten Leibniz dabei für ihre eigene Lehre“ (Till 2002, 647). Wolffs Verdienste für die Entwicklung einer wissenschaftlichen und philosophischen Fachsprache des Deutschen hat auch Wolfgang Walter Menzel mit seinem Buch *Vernakuläre Wissenschaft: Christian Wolffs Bedeutung für die Herausbildung und Durchsetzung des Deutschen als Wissenschaftssprache* (Menzel 1996) herausgestellt, aufbauend auf den Studien des Romanisten und Sprachwissenschaftlers Ulrich Ricken. Als Autor und Herausgeber hat Ricken die vielfältigen ideengeschichtlichen, lexikologischen und wissenschaftsorganisatorischen Beziehungen der deutschen Aufklärung, speziell der Wolffianer, zur Romania untersucht, so in *Sprachtheorie und Weltanschauung in der europäischen Aufklärung. Zur Geschichte der Sprachtheorien des 18. Jahrhunderts und ihrer europäischen Rezeption nach der Französischen Revolution* (Ricken 1990) und in seinen Artikeln „Christian Wolff und die Wissenschaftssprache der deutschen Aufklärung“ (Ricken 1995) bzw. „Christian Wolffs Einfluß auf die Wissenschaftssprache der deutschen Aufklärung“ (Ricken 1999).

¹⁰⁷ Hermann Droysen weist in seinem Aufsatz „Die Marquise du Châtelet, Voltaire und der Philosoph Christian Wolff“ (1910) darauf hin, dass ursprünglich Luise Adelgunde Victorie Gottsched die *Institutions physiques* zu übersetzen beabsichtigte. Als Belegstelle führt Droysen einen Brief Manteuffels an Reinbeck vom 12. April 1741 an, in dem dieser jenem von dem Vorhaben der Gottschedin berichtet (Droysen 1910, 233). Man erfährt in diesem Brief allerdings nicht, warum letztlich Steinwehr die Aufgabe der Übersetzung übernahm.

¹⁰⁸ Als wissenschaftliche Standardsprachen galten damals Latein und Französisch, nicht Deutsch. Die deutschsprachige Philosophie und Wissenschaft verdankt Wolff ihre terminologische Grundlegung. Wolff war einer der ersten, der Vorträge und Vorlesungen auf Deutsch hielt und in Deutsch publizierte. Dies erforderte die Einführung von Neologismen. Wolff selbst sprach von „Kunstwörtern“. In der Regel handelte es sich dabei um eine Verdeutschung vorhandener lateinischer Begriffe, zu denen Wolff umfangreiche Register erstellte. Dietmar Till hebt hervor, dass Wolff seine Übersetzungspraxis auch theoretisch untermauerte und seine Sprachtheorie eine detailliert ausgearbeitete Übersetzungstheorie beinhaltete. Beispielhaft stellte Wolff diese in seinem Vortrag „De Versione Librorum juxta Philosophiae nostra adornanda“ (1731) vor, zu deutsch „Wie nach meiner Philosophie mit Uebersetzung der Bücher zu verfahren sey“ (Till 2002, 649).

zusammen getragen (Meißner 1737) erschienen, ein rund 800 Seiten umfassendes, alphabetisch geordnetes Kompendium zur deutschen Terminologie der Wolffschen Fachsprache. Die Vorrede stammt von Carl Günther Ludovici. Der bekannte Lexiograf hatte selbst das Nachschlagewerk *Ausführlicher Entwurf einer vollständigen Historie der Wolffschen Philosophie* (Ludovici 1735–38) herausgegeben. Den drei Bänden sind Register angefügt, die ein Personen-, Literatur- und Begriffsverzeichnis beinhalten.

Steinwehr verlieh mit der Übersetzung der *Institutions physiques* nicht nur der „französischen Eleganz“ dieses Werkes, die Jean Deschamps so sehr rügte, eine „solide“ deutsche, sprich Wolffsche Sprachbasis. Er nahm auch eine inhaltliche Modifikation und Interpretation der Kernaussagen der *Institutions physiques* vor, durch welche du Châtelets Werk (stärker) in die Nähe Wolffs und der Wolffschen Leibniz-Auslegung gerückt wird.

4 Du Châtelets architektonisches Programm

Im Mittelpunkt des Kapitels steht das methodologische Programm, welches du Châtelet in ihren *Institutions physiques* entwickelt. Nach einem kurzen Überblick über Aufbau und Inhalt des Werkes werden die architektonischen Kerngedanken ihres „Bauplans“ für die Physik vor dem Hintergrund der Newtonschen Herausforderung des *Hypotheses non fingo* vorgestellt und analysiert.

Im deutlichen Bruch zu Newton erachtete du Châtelet Hypothesen als ein unverzichtbares Werkzeug und Hilfsmittel der Wissenschaft. Erkenntnis werde über die Methode von Versuch und Irrtumsberichtigung gewonnen, indem sukzessive Hypothesen ausgemerzt werden, die den Prinzipien des Widerspruchs und des zureichenden Grundes und den daraus abgeleiteten Prinzipien des Ununterscheidbaren, der Kontinuität und der Erhaltung widersprechen.

4.1 Aufbau und Inhalt der *Institutions physiques*

Émilie du Châtelets *Institutions physiques* (1742) beginnen mit einem « Avant-propos ». In diesem Vorspann werden Thema und Ziel der Abhandlung dargelegt.

Kleinkarierte Parteilichkeit und nationale Voreingenommenheit seien fehl am Platz. Gefordert sei intellektuelle Bescheidenheit, Redlichkeit und Kritikbereitschaft auf der Suche nach Wahrheit mittels Versuch und Irrtumsberichtigung durch das Aufstellen und Falsifizieren von Hypothesen.

Diese Vorgehensweise sei ein probates heuristisches Mittel zur Theorienbildung, leiste aber allein keine Grundlegung einer Theorie. Diese Aufgabe habe die Metaphysik zu übernehmen. Diese sei nicht mit bloßer Spekulation zu verwechseln, sondern fuße auf Prinzipien. Von diesen handelt das erste Kapitel « Des Principes de nos Connaissances ».

Im zweiten Kapitel « De l'Existence de Dieu » stehen ontologische Fragen der *metaphysica specialis*, also der rationalen oder „natürlichen“ Theologie zur Diskussion. Wie dem Titel zu entnehmen ist, wird zunächst ausführlich ein Beweis für die Existenz Gottes geführt.¹ Dieser steht und fällt mit der Annahme, dass alles, was existiert, auf einen Grund bzw. auf eine Ursache zurückzuführen

¹ In dem Artikel “Emilie du Châtelet on the Existence and Nature of God: An Examination of Her Arguments in Light of Their Sources” (Lascano 2011) hat Marcy P. Lascano du Châtelets Gottesbeweis rekonstruiert und dabei die Originalität der Beweisführung gegenüber John Locke und Gottfried Wilhelm Leibniz hervorgehoben.

sei. Der Schluss lautet, dass Gott der zureichende Grund der Welt sei. Im Anschluss an diese Argumentation, die von einer kritischen Auseinandersetzung mit John Locke und Gottfried Wilhelm Leibniz zeugt, geht es um die Attribute Gottes und schließlich um die klassische Theodizee-Frage, der Rechtfertigung Gottes angesichts all des Übels in der Welt, des Schlechten, des Leidens und des Bösen.

Im dritten Kapitel « De l'Essence, des Attributs et des Modes » werden Themen der *metaphysica generalis* behandelt, d. i. derjenige Bereich der Metaphysik, der sich damit befasst, was Dinge, Eigenschaften oder Prozesse sind und in welchem Verhältnis sie zueinander stehen.

Im vierten Kapitel « Des Hypothèses » appelliert du Châtelet für einen Mittelweg zwischen den beiden Extremen eines Hypothesenverdikts und Hypothesenmissbrauchs. Dazu stellt sie Regeln bzw. Kriterien für Hypothesen auf und entwickelt eine « une méthode très-nécessaire à l'art inventer » (Du Châtelet 1742, § 71)) von Versuch und Irrtum als heuristisches Verfahren der Theorienkonstruktion.

Danach richtet du Châtelet den Blick auf die Rolle von Prinzipien und Hypothesen für die Grundlegung der Bewegungslehre bzw. « physique ». Das fünfte Kapitel « De l'Espace » und das sechste Kapitel « Du Temps » handeln von Raum und Zeit.

In den Kapiteln 7–10 werden die mit dem Materiebegriff verbundenen Fragen diskutiert: « Des Éléments de la Matière », « De la Nature des Corps », « De la Divisibilité de la Matière, & de la façon dont les corps sensibles sont composés » und « De la figure, de la porosité, la solidité des Corps, & des causes de la cohésion, de la dureté, de la fluidité, de la mollesse ».

Im elften Kapitels « De Mouvement, & du Repos en général, & du Mouvement simple » definiert du Châtelet Bewegung traditionell als Ortsveränderung und stellt nach einer Differenzierung verschiedener Arten von Bewegung (respektive Ruhe) drei Gesetze der Bewegung auf. Anschließend werden die Begriffe der Geschwindigkeit und Beschleunigung erläutert. Im zwölften Kapitel « De Mouvement composé » wird u. a. gezeigt, wie sich Kräfte mittels der Parallelogrammregel addieren lassen.

Es folgt eine Diskussion über die Gravitation. In einem historischen Exkurs wird im 13. Kapitel « De la Pesanteur » von der Entdeckung und Bestätigung des Fallgesetzes berichtet. Im 14. Kapitel « Suite des Phénomènes de la Pesanteur » werden verschiedene Versuche zu Pendelschwingungen behandelt. Im 15. Kapitel « Des Découvertes de M. Newton sur la Pesanteur » spricht sich du Châtelet für die Annahme der Existenz eines Äthers als Träger bzw. als vermittelndes Medium für die Gravitation aus. Im 17. Kapitel « Du Repos, et de la Chute des Corps sur un plan incliné » thematisiert sie den Fall entlang

einer schiefen Ebene als Beispiel für eine durch die Gewichtskraft bedingte Bewegung mit Richtungsänderung, im 18. Kapitel « De l'Oscillation des Pendules » geht sie auf Pendelschwingungen ein als Beispiel für eine durch die Gewichtskraft bedingte Bewegung mit Richtungsänderung in jedem Moment. Schließlich behandelt du Châtelet im 19. Kapitel « Du Mouvement des Projectiles » unterschiedliche Wurfbewegungen, analysiert deren Bahnkurven und zeigt Wege auf, die jeweilige Geschwindigkeit zu ermitteln.

Die beiden Schlusskapitel « Des Forces Mortes, ou Forces Pressantes, et de l'Équilibre des Puissances » und « De la Force des Corps » befassen sich mit der Frage nach der Erhaltung und Messung der Kraft.

Der hier vorgelegten Inhaltszusammenfassung liegt die Ausgabe *Institutions physiques de Madame la marquise du Châtelet adressés à Mr. son fils* zugrunde, die 1742 in Amsterdam erschienen und als Reprint unter den *Materialien und Dokumenten der Gesammelten Werke Christian Wolffs* (Du Châtelet 1742) wiederabgedruckt worden ist. In ihrer Studie *Voltaire and Madame du Châtelet: an Essay on the Intellectual Activity at Cirey* hat Ira O. Wade schon vor weit über fünfzig Jahren detailliert die Feinheiten und Unterschiede zu der anonymen Ausgabe von 1740 und zum unveröffentlicht gebliebenen Manuskript aus dem Jahre 1738 „herausgeschält“ (Wade 1941, 286–289).

Das Vorwort und die beiden ersten Kapitel wurden mehrmals umgearbeitet und erweitert. Im Manuskript lautete die Überschrift des ersten Kapitels noch « Des Principes de nos Raisonements », in den beiden Editionen « Des Principes de nos Connaissances ». Der im zweiten Kapitel geführte Gottesbeweis wurde um einige Paragraphen bereichert, in denen Leibniz' Theorie der besten aller möglichen Welten behandelt wird. Auffällig häufig erfolgte ein Wechsel der Anordnung der einzelnen Kapitel, von denen im Manuskript nicht alle der Handschrift du Châtelets zugeschrieben werden können. Vorgenommen wurden auch Streichungen, wie Judith P. Zinsser in ihrem Beitrag “Emilie du Châtelet: Genius, Gender, and Intellectual Authority” (Zinsser 1998, 183) herausgestellt hat. Angesichts dieser Fakten kommt Wade zu folgendem Resümee (Wade 1941, 288f.):

From these observations some conclusions can be drawn. It is obvious that the manuscript we now have is not homogeneous in the sense that its text represents the final text of the edition. [...] Every time she [du Châtelet] attempted to give the chapters on the metaphysics of Leibniz a more satisfactory content and a more logical sequence, she threw out of position the chapters designed in the second half of the work to present Newton. As a consequence, her work does not give the appearance of being very organic, but it does achieve what she wanted to do. Above all, it discloses by its

very structure the problems encountered by anyone attempting to coordinate the aspects of modern science. This interpretation also gives more consistency to her intellectual activity than the view that she abandoned Newton for Leibniz and later Leibniz for Newton, which is the way Voltaire presented her actions. Her so-called return to Newton by translating the *Principia* was no return at all; it represented a perfectly logical continuation.

Neben einem Vergleich der einzelnen Ausgaben der *Institutions physiques* lohnt ein Blick auf die deutsche Übersetzung der einzelnen Kapitelüberschriften. Die „Wolffianisierung“ im Sinne einer konsequenten „Verdeutschung“ französischen Vokabulars ist augenfällig. So werden « principes » mit „Gründe“, « existence » mit „Sein“, « essence » mit „Wesen“, « attributs » mit „beständigen Eigenschaften“ und « modes » mit „veränderlichen Eigenschaften“ wiedergegeben, obwohl eine frankophone bzw. latinisierte Übersetzung mit „Prinzipien“, „Existenz“, „Essenz“, „Attribute“ und „Modi“ ebenso möglich gewesen wäre, aber nicht dem Wissenschaftssprachenprogramm Wolffs und der Wolffianer entsprochen hätte. Dies ist nicht als Lappalie zu werten. Damit verbunden waren Bedeutungsverschiebungen und folglich hermeneutische Probleme, die auch an den Diskussionen über Inhalte und Methoden der Bewegungslehre nicht spurlos vorbeigingen. Von einer einheitlichen Fachsprache war die damalige Physik trotz fortschreitender Mathematisierung, Axiomatisierung und Formalisierung weit entfernt.

4.2 Die *Institutions physiques* als „Naturlehre“

Wolf Balthasar Adolf von Steinwehr wählte für die Übersetzung der *Institutions physiques* Émilie du Châtelets den Titel „Naturlehre“. Gemeint ist damit die Bewegungslehre, d. h. die Lehre von der Bewegung materieller Körper in Raum und Zeit (unter Einwirkung von Kräften). Verglichen mit den entsprechenden Einträgen in einschlägigen Wörterbüchern und Lexika des frühen 18. Jahrhunderts fällt auf, dass die Physik, nicht die Mechanik, in dieser Weise bestimmt und der Philosophie als einer ihrer Teilbereiche, der *philosophia naturalis*, zugeordnet wurde. Diese Klassifikation wird auch im Eintrag „Physik, Naturlehre, Naturkunde, Naturwissenschaft, Physica, Physice, Philosophia naturalis, Physique“ des *Physikalischen Wörterbuchs* von Johann Samuel Traugott Gehler vorgenommen.²

² Gehlers *Physikalisches Wörterbuch*, so der Kurztitel für *Physikalisches Wörterbuch oder Versuch einer Erklärung der vornehmsten Begriffe und Kunstwörter der Naturlehre mit kurzen Nachrichten von der Geschichte der Erfindungen und Beschreibungen der Werkzeuge*

Gehler zufolge zeichne sich die philosophische Naturwissenschaft, d. i. die „eigentliche Physik“, gegenüber der historischen Naturwissenschaft, d. i. die Naturkunde und Naturgeschichte, als auch gegenüber der mathematischen Naturwissenschaft dadurch aus, dass in ihr „die allgemeinen Gesetze dargestellt und erwiesen, die Erscheinungen aus denselben erklärt, und die Ursachen der Begebenheiten, so weit möglich, verfolgt werden“ (Gehler 1790d, 493). Der Autor weist jedoch auch explizit darauf hin, dass man sich über eine genaue Definition des Gegenstandsbereiches und der Methoden der Physik sowie über deren Klassifikation innerhalb der Wissenschaften nicht einig sei (ebd., 489):

Daß bey solchen Classificationen der Wissenschaften viel Willkürliches statt finde, fällt in die Augen; auch muß man dabey auf die Bedürfniße des Lehrvortrags, besonders des akademischen, Rücksicht nehmen. Hier verfährt nun immer ein Lehrer anders, als der andere, und vielleicht ist noch kein solches Verfahren von allem Tadel frei geblieben.

Auch wenn die damaligen Vorschläge hinsichtlich Begriff, Gegenstand und Methodik der Physik voneinander abwichen, war man sich *in puncto* ihrer Abgrenzung von der historischen als auch von der mathematischen Naturwissenschaft einig. Kriterium dieser Abgrenzung war ein methodologisches: Die historisch vorgehende Naturwissenschaft, auch genannt „Naturkunde“ und „Naturgeschichte“, beschränkte sich auf das bloße Sammeln, Sichten, Beobachten und Ordnen der Naturerscheinungen. Die mathematische bzw. angewandte Naturwissenschaft wurde mit der Mechanik identifiziert, die Mechanik der angewandten Mathematik zugeordnet. Auf diese Unterscheidung geht die spätere Einteilung der Physik in einen praktisch-experimentellen und in einen theoretisch-mathematischen Teil zurück.

Folgt man der These Eduard Jan Dijksterhuis', hätte man viele Missverständnisse vermeiden können, wenn man von Anbeginn statt von der Mechanisierung von der Mathematisierung der Physik und statt von der Mechanik von der Bewegungslehre gesprochen hätte. So wird auch bei Gehler die „Mechanik, Mechanica, Mechanique“ als Bewegungslehre bezeichnet, mit dem entscheidenden Zusatz, dass für die als Bewegungslehre verstandene Mechanik die Anwendung der Mathematik ein Charakteristikum *specificum* sei (Gehler 1790b, 166):

begleitet in alphabetischer Ordnung erschien in sechs Bänden zwischen 1787 und 1796. Nach Gehlers Tod wurde es in den Jahren 1825 bis 1845 neu bearbeitet und in elf Bänden verlegt. Das *Wörterbuch* zählt zu den wichtigsten naturwissenschaftlichen Nachschlagewerken des ausgehenden 18. Jahrhunderts. Die einzelnen Bände sind auf dem ECHO-Server des Max-Planck-Instituts für Wissenschaftsgeschichte in Berlin online verfügbar. Die URL lautet: <http://echo.mpiwg-berlin.mpg.de> [10.06.2013].

Diesen Namen, im weitläufigsten Sinne genommen, führet die Lehre von der Bewegung und von den Kräften, welche als Ursachen der Bewegung angesehen werden. Dieser wichtige Abschnitt der Naturlehre erfordert häufige Anwendungen der Mathematik, und begreift mehrere einzelne Wissenschaften, welche unter den Namen der mechanischen einen Haupttheil der angewandten Mathematik ausmachen.³

Im Laufe des 18. Jahrhunderts entwickelte sich die Behandlung physikalischer Problemstellungen mittels der mathematischen Analysis zum Standard. Dies ist mit der Redewendung „Mathematisierung der Physik“ gemeint. Der Grundstein dafür wurde durch die Umformung der von Newton in seinen *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* (Koyré/Cohen 1972) präsentierten *Axiomata, sive leges motus* zu Differentialgleichungen gelegt.

Eine Mechanik in diesem später „klassisch“ bezeichneten Sinne waren die *Institutions physiques* du Châtelets nicht. Ihre « physique » war „Naturlehre“ im Wolffschen Sinne. Christian Wolffs Definition von Physik erschließt sich vor dem Hintergrund seines Wissenschafts- und Philosophieverständnisses. Für Wolff war die Philosophie die „Wissenschaft aller möglichen Dinge“ (Wolff 1737, 10). Ihre Aufgabe sollte darin bestehen, die Bedingungen und Gründe dessen, was möglich ist, und damit die Grundlagen der Wissenschaft, d. i. die Prinzipien der Erkenntnis, zu klären.

Wissenschaft, Wissen und Erkenntnis bildeten bei Wolff eine aufeinander bezogene unzertrennliche Trias. Wissenschaft wurde von Wolff als eine Fertigkeit angesehen, die in ihrer Forschungsform mit dem Akt des Erkennens und in ihrer Darstellungsform mit dem Ergebnis dieses Prozesses korreliert. Etwas zu kennen bedeutete Wolff zufolge zu wissen, warum es sich so und nicht anders verhält: „Denn wissen heißt die Sachen nach ihren Ursachen kennen“ (Wolff 1737, 5f.), d. h. „die Gründe einzusehen, um deren willen etwas geschehen kann oder nicht“ (ebd.).

Naturwissenschaft, mithin Naturerkennen, fragt demzufolge nach den Ursa-

³ Genau genommen ist damit die „höhere Mechanik“ gemeint, so Gehler, die die Anwendung der Infinitesimalrechnung auf physikalische Problemstellungen betrifft, nicht zu verwechseln mit der „gemeinen Mechanik“, dem „Maschinenbau“. Gehler unterscheidet ferner zwischen Mechanik und Mechanismus, indem er letzteres Wort wie folgt definiert: „Eigentlich bedeutet dieses Wort den Bau oder die innere Einrichtung einer Maschine, mittelst welcher die Kraft in derselben ihre Wirkung hervorbringt. So redet man von dem Mechanismus einer Uhr, eines Mühlwerks u. dgl. Im weitläufigeren Sinne heißt Mechanismus überhaupt die Art und Weise, auf welche eine materielle Ursache ihre Wirkung hervorbringt. So sagt man, es sey möglich, daß Anziehung, Schwere, Cohäsion etc. durch Stoß oder Druck einer feinen Materie mittelst eines uns unbekanntes Mechanismus bewirkt werden“ (Gehler 1790c, 174).

chen, die den Phänomenen zugrunde liegen. Diese von Wolff getroffene Feststellung war nicht neu. Und doch war sie mehr als nur neu verpackt. Denn Wolff verband damit seinen programmatischen Anspruch einer philosophischen Grundlegung wissenschaftlicher Erkenntnis unter der Annahme, Philosophie sei Wissenschaft des Möglichen. Pointiert schrieb Wolff in seiner „Deutschen Logik“, den *Vernünfftigen Gedancken von den Kräfften des menschlichen Verstandes und ihrem richtigen Gebrauche in Erkäntniss der Wahrheit* (Wolff 1713, § 12):

Derjenige Theil der Welt-Weisheit [. . .], darinnen man zeigt, was durch die Kraft der Körper möglich ist, bekommt den Nahmen der Physick, oder Natur-Wissenschaft, oder Natur-Lehre.⁴

Wolffs Leitgedanken, dass die Philosophie die Wissenschaft von den Prinzipien des menschlichen Verstandes und dass „die Wissenschaft eine Fertigkeit ist, alles, was man behauptet, aus unumstößlichen Gründen zu erweisen, oder, mit einem Worte, zu demonstriren“ (Wolff 1720, § 383), gelten als Zeugnis und Musterbeispiel für den Rationalismus der Frühaufklärung. In Abgrenzung zum Kritizismus Immanuel Kants wird diese Spielart des Rationalismus auch als dogmatisch und in Abgrenzung zum kritischen Rationalismus Karl Raimund Poppers als klassisch bezeichnet und in beiden Fällen für überwunden erklärt, obwohl Kant – vielleicht sogar weniger kritisch als Wolff – an der Idee einer Letztbegründung und Popper – vielleicht sogar weniger skeptisch als Wolff – an der Überzeugung der Wahrheitsannäherung qua Fortschritt über Fehlschritte festhielten.

In Wirklichkeit war der oft beschworene Hiatus zwischen Empirismus und Rationalismus, den angeblich erst die Kantische Philosophie zu überbrücken

⁴ Die gleiche Definition findet man in Wolffs *Gesammelten kleinen philosophischen Schriften*: „daß die Naturlehre derjenige Theil der Weltweisheit sey, darinnen erwiesen werden muß, was durch die Krafft der natürlichen Körper möglich ist“ (Wolff 1737, 11). Heinrich Adam Meißner hat in dem Eintrag „Naturlehre, Naturwissenschaft, Physick“ seines *Philosophischen Lexicons* die Wolffsche Definition übernommen: „Physick, Natur-Wissenschaft, Natur-Lehre ist derjenige Theil der Welt-Weisheit, darinnen man zeigt, was durch die Kräffte der Körper (körperlichen Dinge) möglich ist, oder was durch Kräffte der Körper geschehen kann, Oder: Die Wissenschaft der Natur ist, wenn man die Ursachen untersucht, von denen was geschieht“ (Meißner 1737, 398). Die Einordnung der Physik unter die Naturwissenschaften vollzog sich erst im Laufe des 19. Jahrhunderts mit der fortschreitenden Spezialisierung der Wissenschaften und Aufsplitterung in diverse Disziplinen und Subdisziplinen. Die heiklen Fragen nach dem Verhältnis zwischen dem Physischen und Psychischen, dem Materiellen und Geistigen, dem Körperlichen und Seelischen, des Toten und Lebendigen wurden im Zuge dieser Entwicklung anderen Fächern verantwortet, wie der Psychologie und Biologie. Dass es ganz so einfach weder war noch ist, zeigt die anhaltende Diskussion über Reduktionismus und Physikalismus in der Wissenschaftsphilosophie.

vermochte, für das 18. Jahrhundert weit aus weniger konstitutiv, als später behauptet wurde und bis heute gelehrt wird. Wolffs programmatischer Anspruch zielte auf eine Grundlegung wissenschaftlicher Erkenntnis, die streng genug sein sollte, um für Sicherheit und Gewissheit zu bürgen, und zugleich offen genug, um der Fallibilität menschlichen Wissens Rechnung zu tragen.⁵ Dass sich Empirie und Ratio nicht gegenseitig ausschließen, sondern wechselseitig bedingen, diese Feststellung zählte fast schon zum guten Ton jedweder philosophischer Grundlagenreflexion. Johann Jakob Scheuchzer beispielsweise sah es deshalb für berechtigt an, die Physik als eine Wissenschaft zu bezeichnen, „weil sie auf gewissen und sichern Grund-Sätzen beruhet, und auf der Vernunft und Erfahrung, als auf zwoen festen Säulen stehet“ (Scheuchzer 1701, 1).⁶

⁵ Wie u. a. Clemens Schwaiger feststellt, „plädiert Wolff für ein ständiges Zusammenwirken zwischen Vernunft und Erfahrung im Prozeß des Erkennens. Die ‚Ehe‘ von Empirie und Ratio gilt ihm als heilig, und zwar in jeder Art von Erkenntnis. Mit eindringlichen Worten macht sich Wolff für das Ideal des ‚connubium rationis et experientiae‘ stark, ja rückt es in den Mittelpunkt seiner wissenschaftlichen Methodologie“ (Schwaiger 2011, 63). Schwaiger bemerkt dabei, dass nicht nur Wolff für eine Synthese von Empirie und Ratio plädierte: „Die Leitvorstellung einer Synthese empirischer und rationaler Elemente war als solche zu jener Zeit freilich nichts aufregend Neues mehr, sondern kann fast schon als Gemeinplatz frühneuzeitlicher Philosophie gelten“ (Schwaiger 2011, 64f.). Lothar Kreimendahl pflichtet dem bei und betont, dass Wolff „keinen rationalistischen Monismus“ vertreten hat: „Nun ist das Rationalismus/Empirismus-Schema nicht nur ganz allgemein in die Kritik geraten, sondern seine Sachadäquation hinsichtlich der Wolffschen Philosophie wird mit besonderer Nachdrücklichkeit in Zweifel gezogen. Denn Wolff selbst hat seine Philosophie durchaus nicht allein auf der Vernunft, der ‚ratio‘, begründet gesehen, sondern der Erfahrung, der ‚experientia‘, erhebliche Anteile daran zugebilligt“ (Kreimendahl 2007, 96). In seinem Aufsatz „Empiristische Elemente im Denken Christian Wolffs“ geht Kreimendahl der Frage nach, wie sich Wolff „die Ehe der vermeintlich so ungleichen Partner“ (ebd.), der Empirie und der Ratio, vorgestellt hat.

⁶ Johann Jakob Scheuchzer, nicht Wolff, hat im Übrigen den Ausdruck „Naturwissenschaft“ ins Deutsche eingeführt. Von Scheuchzer stammt das erste Lehrbuch, das die Physik als Naturwissenschaft betitelt. Seine *Physica, oder Natur-Wissenschaft* (Scheuchzer 1701) diente Wolff als terminologisches Vorbild. Allerdings hatten Wolff und seine Schule einen entscheidenden Anteil an der Etablierung und Popularisierung dieser Fachbezeichnung. In seiner Studie *Vernakuläre Wissenschaft: Christian Wolffs Bedeutung für die Herausbildung und Durchsetzung des Deutschen als Wissenschaftssprache* (Menzel 1996) hat Walter Menzel gezeigt, dass Wolffs Neubestimmung des Wissenschaftsbegriffs Voraussetzung für die allmähliche Verdrängung des Ausdrucks „Naturlehre“ durch „Naturwissenschaft“ war. Wolff selbst unterschied hingegen nicht weiter zwischen „Naturwissenschaft“, „Naturlehre“ und „Physik“. Auffallend ist, dass in den Titeln der ersten deutschsprachigen Lehrbücher zur Physik, die zu Beginn des 18. Jahrhunderts erschienen, von „Physica“, „Physic“, „Physick“ bzw., zu gut deutsch, von „Naturwissenschaft“ oder „Naturlehre“ die Rede war, nicht von „Naturphilosophie“. Man grenzte sich durch die Wortwahl demonstrativ von der traditionellen *philosophia naturalis* ab, um das experimentelle und technisch-praktische Erkenntnisinteresse dieser Wissenschaft zu betonen. De facto war und blieb diese aber „eine philosophische Wissenschaft, ihr Erkenntnisinteresse theoretisch“ (Lind 1992, 15).

4.3 Zwischen *Ratio* und *Empirie*

Die Philosophie des 18. Jahrhunderts hat viele Gesichter. Ihr Profil als rationalistisch, dogmatisch, universalistisch und fundamentalistisch zu porträtieren und diesem Bild einen Empirismus, Skeptizismus, Partikularismus und Relativismus als Antagonismen entgegenzuhalten, käme einer Karikatur gleich.

Die einen waren der Meinung, es gibt Prinzipien wissenschaftlicher Erkenntnis, die absolut gültig und apodiktisch gewiss sind. Die anderen bezweifelten dies. Die einen waren davon überzeugt, dass nur eine metaphysische Grundlegung wissenschaftlicher Erkenntnis deren Sicherheit und Gewissheit verbürge. Die anderen hielten die Rückführung wissenschaftlicher Erkenntnis auf mathematische Grundsätze nach axiomatisch-deduktivem Vorbild für hinreichend, die Metaphysik für überflüssig.

Als unzutreffend erweist sich auch, die deutsche Aufklärung als rationalistisch, die englische als empiristisch und die französische als skeptisch zu charakterisieren. Zwar mag die deutsche Aufklärung gegenüber empiristischen Argumenten vorsichtiger als die englische, gegenüber Religion und Glaube weniger feindlich als die französische Aufklärung und insgesamt weniger politisch gewesen sein. Die nationale wie internationale Auseinandersetzung mit der Philosophie Wolffs seitens seiner Anhänger und Gegner liefert jedoch ein eindringliches Zeugnis vom weiten Spektrum an Positionen und Meinungen. Ein Beispiel unter vielen ist der „aufgeklärte Antirationalismus“ (Bronisch 2010, 177) Christian Thomasius', dessen Eklektizismus Werner Schneiders als „kompromißlerisch“ bezeichnet hat, um zum Ausdruck zu bringen, dass „Thomasius gerade in den Punkten, die man allgemein als die Hauptaspekte der Aufklärung ansieht, eher halbherzig“ (Schneiders 1989, 13) war.

Die Thomasius-Schule, zu deren Vertreter Andreas Rüdiger Adolf Friedrich Hoffmann und Christian August Crusius gezählt werden, gilt als „die wichtigste Gegenbewegung zur Wolffschen Philosophie“ (Franke 2006, 36). Thomas Franke zufolge einte die Protagonisten „der thomasianischen Richtung des Frühempirismus, die im übrigen ganz eklektisch verfahren und in vielerlei Hinsicht voneinander abweichende philosophische Lehren verfassten,“ die Überzeugung „der sinnlichen Beschränktheit und Unvollkommenheit des menschlichen Erkenntnisvermögens“ (ebd.).

Die daraus resultierende Nichtobjektivierbarkeit der Erkenntnis, die Vielfalt möglicher Betrachtungsweisen ein und desselben Gegenstandes und die unhintergrehbare Standpunktgebundenheit wissenschaftlicher Theoriebildung hat insbesondere Johann Martin Chladenius herausgestellt, dessen Philosophie der „Sehpunkte“ aus einer kritischen Auseinandersetzung sowohl mit Thomasius

als auch mit Wolff resultiert.⁷

In der Geschichtswissenschaft und -philosophie war und ist Chladenius kein Unbekannter. Sein Name steht für eine epochale Wegscheide: Chladenius brach mit der Tradition, wonach die Hermeneutik der Logik unterzuordnen war.⁸ Aufgrund mangelnder deduktiver Beweiskraft wurde der Hermeneutik nur ein sekundärer Status zugewiesen. Chladenius legte „erstmalig in der Geschichte der Historik den Versuch einer erkenntnistheoretischen Fundierung der Geschichtswissenschaft“ (Lau 1999, 48) vor, indem er die Hermeneutik von der Logik durch eine Neubestimmung des Begriffes der Gewissheit abgrenzte.

Chladenius hielt die in der Logik vorherrschende Lehrmeinung, dass nur das, was beweisbar ist, auch gewiss sei, für zu eng und in der Praxis vielfach für unbrauchbar. Zwar folge aus Beweisbarkeit Gewissheit, doch folge daraus nicht: „wo keine Demonstration ist, da ist auch keine Gewißheit“ (Chladenius 1752, § 4).

Als Kriterium für Gewissheit forderte Chladenius nicht Beweisbarkeit. Als gewiss solle das angesehen werden, was sich in der wissenschaftlichen Forschungspraxis bewährt habe. An dieser Stelle ließ sich Chladenius einen Seitenhieb gegen den neuen „Abgott“ (Chladenius 1748, 1), gegen die Wahrscheinlichkeitstheorie, nicht nehmen.

Die Wahrscheinlichkeitstheorie stand damals hoch im Kurs, wie u. a. der Blick in Johann Heinrich Zedlers *Grosses vollständiges Universal-Lexicon Aller Wissenschaften und Künste* zeigt. Die Physik wird hier unter dem Eintrag „Natur-Lehre, Natur-Kunde, Natur-Wissenschaft, Physick, Physica, Philosophia naturalis“ als „eine Lehre der Wahrscheinlichkeit“ (Zedler 1740, Sp. 1147)

⁷ Chladenius stellte seine Theorie der „Sehe-Punkte“ bzw. „Gesichtspunkte“ erstmals in seiner *Einleitung zur richtigen Auslegung vernünftiger Reden und Schriften* (Chladenius 1742) vor. Ausführlich wird diese dann in seiner Abhandlung *Allgemeine Geschichtswissenschaft: Worinnen der Grund zu einer neuen Einsicht in allen Arten der Gelahrtheit gelegt wird* (Chladenius 1752) behandelt. Chladenius' Gedanken gelten als Pionierleistung auf dem Weg zu einer modernen historischen Hermeneutik, die den Perspektivismus und Pluralismus der Geschichtswissenschaft unterstreicht. Chladenius übertrug das ursprünglich aus der Optik stammende Prinzip der Perspektive als methodenleitende Maxime auf die Hermeneutik. Trotz Anlehnung an Leibniz, demzufolge die Welten in einer Vielheit unterschiedlicher Gesichtspunkte und Standpunkte strukturiert sind, übernahm Chladenius Leibniz' Metaphysik des monadologischen Perspektivismus nicht. Chladenius' Perspektivismus war lebensweltlich, pragmatisch und wissenschaftssoziologisch orientiert und entbehrte eines metaphysischen Überbaus. Von Hans Proesler wurde Chladenius bereits 1954 „als Wegbereiter der Wissenssoziologie“ ausgezeichnet (Proesler 1954). In der Tat berücksichtigte Chladenius bei seiner Thematisierung der Standortgebundenheit historischer Betrachtungen nicht nur die raum-zeitliche Position des Betrachters, sondern auch dessen körperliche und seelische Disposition sowie seine Eingebundenheit in gesellschaftliche, soziale und kulturelle Netzwerke.

⁸ Herausgearbeitet hat diesen Bruch mit der Tradition u. a. Claudia Henn in ihrem Aufsatz „Sinnreiche Gedanken‘. Zur Hermeneutik des Chladenius“ (Henn 1976).

vorgestellt und die Kausalerklärung als deren genuine Aufgabe bestimmt. Weil erstens „in der Physick aus den Würckungen die Ursach erkannt werde“ und zweitens „von einer Ursach mehrere, auch oft gantz andere Würckungen als sonst herrühren könnten, auch von einer Würckung mehrere Ursachen angegeben werden,“ sei „zu schliessen, daß diese Erkenntniß nicht ganz gewiß, noch demonstrativ, sondern nur wahrscheinlich seyn müßte“ (ebd., Sp. 1148).

Die Vertreter der Wahrscheinlichkeitstheorie, darunter Martin Kahle und Peter Ahlwardt⁹, würden, so Chladenius, die *logica probabiliū* als Methode zur Lösung aller Fragen in der Wissenschaft preisen und lehren und damit eine falsche und trügerische Hoffnung nähren. In seinen *Vernünfftigen Gedanken von dem Wahrscheinlichen und desselben gefährlichen Mißbrauche* (Chladenius 1748), eine Sammlung von Abhandlungen, die Chladenius ursprünglich unter dem bedeutungsschwangeren Titel *Idolum Seculi: Probabilitas* auf Lateinisch veröffentlichen wollte¹⁰, legte dieser dar, warum Überlegungen zur Wahrscheinlichkeit zur Klärung der Gewissheitsproblematik in den Wissenschaften nur bedingt beitragen (können). Diese beruhten auf der Annahme: Je wahrscheinlicher eine Erkenntnis ist, desto näher komme sie der Wahrheit, „so daß durch das Wachsthum, das bey der Wahrscheinlichkeit stets zunimmt, die erwünschte Gewißheit endlich zum Vorschein käme“ (Chladenius 1748, 147).

Nur unter der Voraussetzung, dass Wahrscheinlichkeit ein bestimmter Grad der Gewissheit bzw. von der Gewissheit nur gradweise verschieden sei, lasse sich Wahrscheinlichkeit, respektive Probabilität, als mathematisch berechenbares zahlenmäßiges Verhältnis auf einer Skala zwischen „0“ („Ungewissheit“) und „1“ („Gewissheit“) bestimmen.¹¹ Chladenius hielt dem entgegen, dass Wahrscheinlichkeit als „eine ganz andere Art der Erkenntniß“ (Chladenius 1748, 152) aufzufassen sei als Gewissheit. Um dies klar zu machen, führte Chladenius eine Reihe von Beispielen an, u. a. folgendes (ebd., 134–136):

Wir können unmöglich bey Erkenntniß des Zukünftigen auf eine an-

⁹ Chladenius' Kritik richtete sich gegen Ludwig Martin Kahles Schrift *Elementa logicae probabiliū methodo mathematica in usum scientiarum et vitae adornata* (Kahle 1735) und gegen Peter Ahlwardts *Vernünfftige und gründliche Gedancken von den Kräfften des menschlichen Verstandes und deren Gebrauch in der Erkenntniß der Wahrheit* (Ahlwardt 1741).

¹⁰ Die deutsche Übersetzung stammt von Urban Gottlieb Thorschmid, einem Schüler Chladenius'.

¹¹ In diesem Zusammenhang erweist sich Chladenius als exzellenter Sprachkritiker. Er stellt heraus, dass „wahrscheinlich“ sowohl „probabile“ („glaubhaft“) als auch „versimile“ („wahr-scheinlich“, „dem Wahren ähnlich“) bedeuten kann: „Die Wörter wahrscheinlich, probabile, versimile werden in der neuen Theorie der Wahrscheinlichkeit sehr gemißbraucht“ (Chladenius 1748, 133f.). Nicht weniger problematisch sei die Verwechslung der subjektabhängigen Wahrscheinlichkeit von Hypothesen über zukünftige Ereignisse mit der objektimmanenten Wahrscheinlichkeit dieser Ereignisse selbst.

dere Art zur Gewißheit gelangen, als wenn wir den gegenwärtigen Zustand der Dinge genauer einsehen lernen. Denn dadurch werden wir in Stand gesetzt, das Zukünftige zu erforschen. Die Wahrscheinlichkeit aber ist hierzu gar nicht nöthig; sondern wir müssen uns theils eine Theorie von Dingen machen, mit welcher wir umgehen; theils müssen wir die einzelnen Dinge genau betrachten, von welchen der Erfolg abhängt. Wir sehen z. E. daß diejenigen, welche physikalische Versuche anstellen, und sich in dieser Kunst keine Fertigkeit erworben haben, nicht nur öfters ungewiß sind, was sie vornehmen sollen; sondern wir merken auch, daß sie ihre Sachen zuweilen sehr schlecht ausführen, und ihre Ungeschicklichkeit verathen; indem sie nicht im Stande sind, das versprochene Schauspiel der Natur vorzustellen. Ein Anfänger, der diese Versuche ansieht, schwebt also in lauter Ungewißheit, ob der gegenwärtige Versuch nach Wunsche von statten gehen werde, oder nicht. Wie soll er sich nun hierbey verhalten? Soll er etwa zu den Lehren der Wahrscheinlichkeit seine Zuflucht nehmen? Dies wollen wir niemanden rathen.

Chladius' Perspektivismus und dessen unorthodoxe Neubestimmung des Begriffes „Gewissheit“ konnte sich gegenüber der wahrscheinlichkeitstheoretischen Interpretation des Hypothesenbegriffs, wie sie auch Christian Wolff oder du Châtelet vertraten, nicht durchsetzen. Denn diese Interpretation versprach bei aller erfahrungsbedingten Fehlbarkeit und Offenheit menschlicher Erkenntnis dennoch deren Fundierung auf dem Prinzip des zureichenden Grundes, das gemeinsam mit dem Prinzip des Widerspruchs einen universellen ontologischen Determinismus gewährleistete, auf dem sich bauen ließ. Würde das Prinzip des Widerspruchs nicht gelten, ließe sich alles Beliebige folgern. Würde das Prinzip des zureichenden Grundes nicht gelten, würde die Welt in einem Chaos versinken. Nichts ließe sich planen, berechnen, prognostizieren. Der Wissenschaft würde gleichsam der Boden unter den Füßen weggezogen. Jegliche Möglichkeit, überhaupt etwas zu erklären, zu verstehen, zu erkennen und auszusagen, wäre zunichte gemacht. (Dass chaotische Prozesse deterministisch und indeterministische Ereignisse verursacht sein können, lag weit außerhalb des damaligen Denkhorizonts.)

Gegenüber dem destruktiven Effekt der Verneinung des Prinzips des zureichenden Grundes und des Prinzips des Widerspruchs hob du Châtelet die konstruktive Relevanz beider Prinzipien hervor. Es gibt wohl kein eindringlicheres Bild, als dasjenige von der Wissenschaft als Hausbau, welches den programmatischen Anspruch der *Institutions physiques* du Châtelets versinnbildlicht, dem Entdeckungs- und Begründungszusammenhang in gleicher Weise gerecht

zu werden und Wege aufzuzeigen, zwischen Skeptizismus und Dogmatismus sowie zwischen Empirie und Ratio zu vermitteln.

4.4 Zur Architektonik wissenschaftlicher Erkenntnis

Im Vorwort der *Institutions physiques* verglich du Châtelet in einem metaphorischen Bild die Physik mit einem Gebäude: Die Prinzipien seien das Fundament, die Hypothesen das Gerüst dieses Gebäudes (Du Châtelet 1742, XI):

La Physique est un Bâtiment immense, qui surpasse les forces d'un seul homme; les uns y mettent une pierre, tandis que d'autres bâtissent des aîles entières, mais tous doivent travailler sur les fondemens solides qu'on a donnés à cet Edifice dans le dernier siècle, par le moyen de la Géométrie, & des Observations; il y en a d'autres qui levent le Plan du Bâtiment, & je suis du nombre de ces derniers.

Die Metapher des Hausbaus zählt zu einem alten Topos wissenschaftlicher Grundlagenreflexion und zur Begleitprosa vieler Vorworte, Präambeln, Festreden und Forschungsprogramme.¹² Der Vergleich der Wissenschaft mit einem Gebäude eignet sich par excellence, um Aspekte der Genesis und Geltung wissenschaftlicher Erkenntnis zu thematisieren.¹³

Die metaphorische Deutung der Wissenschaft als „Bauunternehmen“ findet als Leitbild ihren Niederschlag im philosophischen Konzept einer Architektonik wissenschaftlicher Erkenntnis. In Friedrich Kirchners *Wörterbuch der philosophischen Grundbegriffe* wird „Architektonik“ wie folgt definiert (Kirchner 1907):

Architektonik (gr. architektonikos = zur Baukunst gehörig) heißt die Systemlehre oder die Kunst, ein wissenschaftliches Lehrgebäude aufzuführen.

¹² Von der Gebäudemetapher im Kontext philosophischer und wissenschaftlicher Methodenreflexion ist das Gebäude als Metapher in der Architektur und Architekturtheorie zu unterscheiden. Ein Beispiel für letzteres sind Bauten mit Gitterkonstruktionen, die Bienenwaben oder Spinnennetzen „nachempfunden“ sind.

¹³ In diesem Kontext kommt der Metapher von der Wissenschaft als Bau mehr als eine rhetorische Funktion zu. Am Beispiel der Mechanik Newtons und ihrer Weiterentwicklung im 18. Jahrhundert lässt sich die methodenleitende und theorienkonstitutive Funktion dieser Metapher demonstrieren und rekonstruieren. Vanessa Albus hat in ihrem Buch *Weltbild und Metapher: Untersuchungen zur Philosophie im 18. Jahrhundert* die These aufgestellt, „daß die Metaphernwahl eines Autors Rückschlüsse auf sein philosophischen Weltbild zuläßt“ (Albus 2001, 9).

Diese Definition geht auf Immanuel Kant zurück. Dieser bestimmte die Architektonik als „die Kunst der Systeme“ und „Lehre des Scientifischen in unserer Erkenntnis überhaupt“.¹⁴ Im dritten Hauptstück der transzendentalen Methodenlehre, der „Architektonik der reinen Vernunft“, ist zu lesen (Kant *KrV*, A832/B860):

Ich verstehe unter einer Architektonik die Kunst der Systeme. Weil die systematische Einheit dasjenige ist, was gemeine Erkenntnis allererst zur Wissenschaft, d. i. aus einem bloßen Aggregat derselben ein System macht, so ist Architektonik die Lehre des Scientifischen in unserer Erkenntnis überhaupt, und sie gehört also nothwendig zur Methodenlehre.

Die *Kritik der reinen Vernunft* sollte, wie Brigitte Falkenburg zusammenfasst, für Kants „geplante systematische Metaphysik soviel wie eine Propädeutik sein. Um beim architektonischen Bild zu bleiben: sie sollte ihr das Fundament sichern“ (Falkenburg 2005, 118f.). Kants Anspruch, der Metaphysik zum „sicheren Gang einer Wissenschaft“ (Kant *KrV*, B VII) zu verhelfen und sie auf den felsenfesten Grund gewisser Prinzipien der Erkenntnis zu stellen, war nicht neu. Bereits Christian Wolff hatte die Reformation der Metaphysik als *scientia architectonica* proklamiert.¹⁵ „Scientia architectonica“, das war für Wolff gleichbedeutend mit der Ontologie (Wolff 1729–1735, 349):

Esti autem quae de usu Philosophiae primae dicta sunt, eam satis commendent, atque palam faciant, cur scientia Architectonica dictatur, cum notiones ontologiae eodem munere fungantur, quod Architecto convenit.

¹⁴ Der Sinn und die Bedeutung, die Rolle und Funktion, die Vorgeschichte und die Wirkung der Architektonik der Kantischen Philosophie ist ein Forschungsthema für sich, auf das hier nicht detailliert eingegangen werden kann. Als weiterführende Lektüre sei u. a. der von Jürgen Stolzenberg und Hans Friedrich Fulda edierte Sammelband *Architektonik und System in der Philosophie Kants* (Stolzenberg/Fulda 2001) empfohlen sowie die Einzelstudien von Tassilo Eichberger *Kants Architektur der Vernunft: zur methodenleitenden Metaphorik der Kritik der reinen Vernunft* (Eichberger 1999) und von Ina Goy *Architektonik oder die Kunst der Systeme. Eine Untersuchung zur Systemphilosophie der „Kritik der reinen Vernunft“* (Goy 2007).

¹⁵ Die Bedeutung der von Wolff proklamierten Neubestimmung der Metaphysik als *scientia architectonica* für die Philosophie Kants wurde wiederholt betont und umfassend untersucht. Als einschlägig gilt u. a. Jean École's *La Métaphysique de Christian Wolff* (École 1990). Bereits Magdalena Aebi, eine Schweizer Philosophin und Kant-Kritikerin des frühen 20. Jahrhunderts, stellte den bedeutsamen Einfluss Wolffs und der Wolffianer auf Kants Kritizismus heraus: „Kant hielt seine Vorlesungen über Metaphysik bekanntlich nach dem Handbuch *Baumgartens* ab, das eine scharfe Systematisierung des Wolffschen Systems darstellte“ (Aebi 1947, 33). Lesenswert ist auch der Vergleich zwischen Wolff und Kant, den Robert Schnepf in „Metaphysik und Metaphysikkritik in Kants Transzendentalphilosophie“ (?) anstellt.

Die Ontologie wiederum war für Wolff gleichbedeutend mit der „Ersten Philosophie“ (lat. *philosophia prima*). So heißt es gleich im ersten Paragraphen der *Philosophia prima sive ontologia* (Wolff 1730, § 1):

Ontologia seu Philosophia prima est scientia entis in genere, seu quatenus ens est.

Wolffs Reformprogramm der Philosophie bestand nicht darin, Altbekanntem, der Metaphysik, einen neuen Namen, nämlich „Ontologie“, zu geben. Weder hat Wolff den Begriff „Ontologie“ in die philosophische Sprache eingeführt noch war er der erste, der die Ontologie als allgemeine Metaphysik (lat. *metaphysica generalis*) von der speziellen Metaphysik (lat. *metaphysica specialis*) abgrenzte.¹⁶ Schließlich war auch der von Wolff gebrauchte Begriff „architektonisch“ nicht originell. Bekannt und viel zitiert ist die im Mittelalter weit verbreitete Vorstellung und Darstellung von Gott als Architekt des Universums (lat. *deus architectus mundi*), der „alles nach Maß, Zahl und Gewicht geordnet“ hat, wie es im alttestamentarischen apokryphen Buch der Weisheit heißt (Weis 11, 21).¹⁷ In dieser Zeit verband sich das Bild von Gott als Architekten der Welt mit der Vorstellung von der Welt als Maschine, der *machina mundi*, zum Gott als Architekten des Weltenmechanismus (*architectus divinus machina mundi*). Dieser Tradition folgend sprach Leibniz in seiner *Monadologie* von „Gott als Architekt der Maschine des Universums“ bzw. als « Architecte de la Machine de l’univers » (Leibniz 2002, § 87).

Das Pathos der neuzeitlichen Naturwissenschaft speiste sich aus einem nicht geringen Teil aus der Ansicht, die Weltordnung (lat. *systema mundi*) mittels der gottgegebenen Vernunft erfassen zu können. Was Wolffs Neubestimmung der Metaphysik als Wissenschaft auszeichnet, war deren unerlässliche Bindung an den architektonischen Systemgedanke.

Wolff übersetzte „Systema mundi“ mit „Weltgebäude“ und nannte als Beispiele das Ptolemäische, das Tychonische und das Kopernikanische System. Wo in den lateinischen Werken von „systema“ die Rede ist, spricht Wolff in seinen deutschen Schriften von einem „Bau“ bzw. „Gebäude“. Folgerichtig lautet „Systema mundi“ zu Deutsch „Weltgebäude“. „Welt“ war für Wolff aber

¹⁶ Bereits Rudolf Göckel: *Lexicon philosophicum quo tanquam clave philosophiae fores aperiuntur* (Göckel) und Jacob Lorhard: *Ogdoas Scholastica, continens Diagraphen Typicam artium: Grammatices (Latinae, Graecae), Logices, Rhetorices, Astronomices, Ethices, Physices, Metaphysices, seu Ontologiae* (Lorhard 1606) haben den Begriff Ontologie in dieser Weise verwendet.

¹⁷ Schon in Platons *Timaios* tritt Gott als Handwerker bzw. Demiurg (altgriech. δημιουργός) auf (Halfwassen 2000). In der mittelalterlichen Buchmalerei ist die ikonographische Darstellung Gottes als Architekt derart häufig zu finden, dass sich in der Kunstgeschichtsschreibung die Rede von dem *architectus mundi* als *terminus technicus* für einen eigenen Bildtypus eingebürgert hat.

nicht gleichbedeutend mit Himmel und Erde, mit dem, was man dem heutigen Sprachverständnis nach unter „Weltall“ oder „Universum“ versteht. „Welt“ meinte Wolff zufolge ganz allgemein (Wolff 1734b, Sp. 1321):

eine Reihe möglicher Dinge, die miteinander verknüpft sind. Es sind aber diejenigen mit einander verknüpft, wenn ein jedes unter ihnen den Grund in sich enthält, warum das andere neben ihm zugleich ist, oder auf dasselbe folgt.

Für Wolff war die Architektonik Kunst und Wissenschaft zugleich. Sie diene der Heuristik (lat. *ars inveniendi*) und der Begründung (lat. *ars iudicandi*), der Konstruktion und Rekonstruktion wissenschaftlicher Erkenntnis. Als „die Kunst, ein wissenschaftliches Lehrgebäude aufzuführen“ (Krug 1827, 177), wie es in Wilhelm Traugott Krugs *Allgemeinem Handwörterbuch der philosophischen Wissenschaften* heißt, hatte sie eine methoden- und forschungsleitende Funktion. Daneben kam ihr die Aufgabe der „Darstellung der Wissenschaften“ (ebd.) zu. Modern gesprochen war also die *scientia architectonica* nichts anderes als eine Meta-Wissenschaft. Entsprechend bezeichnete Jakob Friedrich Fries in seinem *Grundriss der Logik* die Architektonik als „die Lehre vom System aller menschlichen Wissenschaften“ (Fries 1811, § 111) und Gottlob Benjamin Jäsche in seiner *Einleitung zu einer Architektonik der Wissenschaften* diese als „die Wissenschaft des Systems menschlicher Wissenschaften“ (Jäsche 1816, § 1).¹⁸

Du Châtelets „Bauplan“ für die Physik war nach dem Vorbild Wolffs als Architektonik konzipiert. Wo in den *Institutions physiques* von einem « système » die Rede ist, da von einem „Lehrgebäude“ in der Steinwehr-Übersetzung. Wo es im Französischen « fabrique du Monde » oder « construction de cet Univers » heißt, so steht im Deutschen „Bau der Welt“.¹⁹ Vielleicht noch stärker als Wolff hob du Châtelet aber zugleich die Beschränktheit des menschlichen

¹⁸ Von dieser Definition ausgehend hatte Johann Heinrich Lambert in seinen beiden Hauptwerken, dem *Neuen Organon oder Gedanken über die Erforschung und Bezeichnung des Wahren und dessen Unterscheidung vom Irrthum und Schein* (Lambert 1764) sowie in der *Anlage zur Architectonic, oder, Theorie des Einfachen und des Ersten in der philosophischen und mathematischen Erkenntnis* (Lambert 1771) eine umfassende Lehre von der Philosophie als System entwickelt. Schon Robert Zimmermann widmete diesem Thema eine eigenständige Publikation: *Lambert. Der Vorgänger Kant's: Ein Beitrag zur Vorgeschichte der Kritik der reinen Vernunft* (Zimmermann 1879). Zur „Systemkonzeption bei Wolff und Lambert“ vergleiche man auch den gleichnamigen Aufsatz von Violetta L. Waibel (Waibel 2007).

¹⁹ Wolff definierte den Systembegriff über den von ihm geprägten Terminus des „Zusammenhangs miteinander verknüpfter Wahrheiten (lat. *nexus veritatum*). So heißt es in der *Philosophia rationalis sive Logica methodo scientifica pertractata*: „Systema enim dicitur veritatum inter se & cum principiis suis connexarum congeries“ (Wolff 1728a, § 889).

Erkenntnisvermögens hervor. Eine allumfassende und vollständige Einsicht in die Zusammenhänge der Welt und Wirklichkeit bleibe dem Menschen verwehrt. Er vermag das Ganze nicht zu überschauen. Oder, wie du Châtelet sich ausdrückt: „Wir können das große Gemälde der Welt, das « tout ce grand tableau de l’Univers », nicht übersehen (Du Châtelet 1742, § 27):

Il est vrai que nous ne pouvons voir tout ce grand tableau de l’Univers [...] car il faudroit pour cela se représenter l’Univers entier, & pouvoir le comparer avec tous les autres Univers possibles, ce qui un attribut de la Divinité.

Der Ausdruck « tableau de l’Univers » bzw. « tableau de la nature », auch « tableau physique », zählt zu einem feststehenden Topos in der französischsprachigen Philosophiegeschichte. Torsten König hat in seinem Buch *Naturwissen, Ästhetik und Religion in Bernardin de Saint-Pierres Études de la Nature* eruiert, dass « tableau » „jede Art von beschreibender ‚Zusammenschau‘ oder ‚Aufstellung mehrerer Gegenstände in einem Bezugsrahmen‘ meint, häufig konnotiert mit der Bedeutung von ‚übersichtlicher Gesamtdarstellung‘“ (König 2010, 105).²⁰ Vor diesem Hintergrund griff du Châtelet die von Leibniz’ vorgebrachte Konzeption eines « éternel Géomètre » auf (Du Châtelet 1742, § 131):

Ainsi, dans le système de Mr. de Leibnits on peut proposer ce problème: l’état d’un Élément étant donné, en déterminer l’état

²⁰ In diesem begriffsgeschichtlichen Kontext steht im Übrigen Alexander von Humboldts methodologische Leitidee eines „Naturgemäldes“. Man vergleiche dazu Hermann Noacks Aufsatz „Naturgemälde und Naturerkenntnis. Alexander von Humboldts ‚Kosmos‘ in problemgeschichtlicher Rückschau“ (Noack 1976). Wenn Wolf Balthasar Adolf von Steinwehr als Übersetzung für « tableau » das deutsche Wort „Gemälde“ wählte, darf man sich nicht davon irreleiten lassen, dass im heutigen Sprachgebrauch ein Gemälde ein klassischer Gegenstand der Kunst und Kunstwissenschaft ist, worunter man in der Regel ein von einem Maler mit Pinsel, Palette und Staffelei geschaffenes Werk der bildenden Kunst assoziiert. Die Steinwehr-Übersetzung erschließt sich vor dem Hintergrund der Wolffschen Terminologie, derzufolge „ein Gemälde nichts anderes ist, als eine Vorstellung einer gewissen Sache auf einer Taffel oder ebenen Fläche“ (Wolff 1720, § 404). Wolff gebraucht das Gemäldebeispiel als eines unter vielen im Rahmen seiner Ästhetik des Schönen und Vollkommenen. Trotz Anlehnung an Leibniz’ Ausführungen zur „perfectio“ und „harmonia“ ist die Distanzierung vom monadologischen Grundgedanken Leibniz’ auffällig. Diese schlägt sich auch in Wolffs Einführung des Begriffes „Vorstellung“ als deutsche Übersetzung des lateinischen „repraesentatio“ und dessen strikte Unterscheidung von „Gedanke“ und „Begriff“ nieder. Wer sich eine Sache gedanklich vorstellt, z. B. die Sonne „entweder durch ein Bild, als wenn ich sie selber gegenwärtig sähe oder durch blossе Worte“ (Wolff 1713, § 4), der verfüge über einen Begriff von einer Sache: „Einen Begriff nenne ich eine jede Vorstellung einer Sache in unseren Gedanken“ (ebd.), ist in der *Deutschen Logik* zu lesen.

passé, présent, & futur de tout l'Univers: la solution de ce problème est, à la vérité, réservée à l'éternel Géomètre.

Du Châtelet führt hier vollständige universelle Berechenbarkeit (und prinzipielle Entscheidbarkeit) so vor, als handle es sich um ein mathematisch-mechanisches Problem im Sinne eines „Gegeben – Gesucht – Lösung“, doch fügt sie sofort hinzu, dass die Lösung dieser Aufgabe Gott, dem « éternel Géomètre », vorbehalten und damit für den Menschen praktisch unlösbar sei.

In seiner Abhandlung « Vue du Leibnitianisme », die 1783 im achten Band der *Œuvres d'histoire naturelle et de philosophie* erschien, schrieb der Schweizer Biologe und Naturforscher Charles Bonnet fast wortgleich zu du Châtelet (lediglich das Wort « élément » ist durch das Wort « monade » ersetzt), nachdem er einige Seiten zuvor ihre *Institutions physiques* als « excellent Ouvrage » über die « Philosophie de Leibnitz ou de son Disciple le célèbre Wolf » (Bonnet 1783a, 93) vorgestellt hatte (ebd., 93):

Il disoit encore; que l'Éternel Géomètre resolvoit sans cesse ce Problème: L'état d'une Monade étant donné, en déterminer l'état passé, présent & futur de tout l'Univers.

Pierre-Simon Marquis de Laplace, der 1749, im Todesjahr du Châtelets, geboren wurde, griff aus der Lektüre Bonnets besagte Stelle auf und entwarf in seinem *Essai philosophique sur les probabilités* seine später als „Laplace-scher Geist“²¹ bekannt gewordene Vorstellung einer allwissenden Intelligenz, Sinnbild für den ontologischen Determinismus und Mechanizismus (Laplace 1814, 3):

Une intelligence qui, pour un instant donné, connaîtrait toutes les forces dont la nature est animée et la situation respective des êtres qui la composent, si d'ailleurs elle était assez vaste pour soumettre ces données à l'analyse, embrasserait dans la même formule les mouvements des plus grands corps de l'univers et ceux du plus léger atome: rien ne serait incertain pour elle, et l'avenir comme

²¹ Der Ausdruck „Laplace-scher Geist“ wurde erst von Emil Du Bois-Reymond eingeführt (Du Bois-Reymond 1872). Laplace behauptete, der « esprit humain » sei ein « faible esquisse » einer « intelligence », für die nichts ungewiss sei (« ne serait incertain »). Die erste deutsche Übersetzung des *Essai philosophique sur les probabilités* stammt von Friedrich Wilhelm Tönnies (Laplace 1819). Sie erschien wenige Jahre nach der Erstausgabe des französischen Originals. Tönnies wählte für das französische « intelligence » das deutsche Wort „Verstand“, für das französische « esprit » das Wort „Geist“. Du Bois-Reymond drehte in seiner Übersetzung der besagten Stelle das Verhältnis zwischen « intelligence » und « esprit » um: « intelligence », nicht « esprit », heißt bei ihm „Geist“, der « esprit » hingegen „Verstand“.

le passé serait présent à ses yeux. L'esprit humain offre dans la perfection au'il a su donner à l'astronomie une faible esquisse de cette intelligence.

Für Laplace war die Annahme, dass jede Ursache ihre Wirkung hat und insofern jedes Ereignis eindeutig bestimmt ist, ein „evidentes Prinzip“ (« le principe évident »). Laplace sprach auch von einem „Axiom“ (« axiome ») und mit ausdrücklichem Verweis auf Leibniz vom Prinzip des zureichenden Grundes (« principe de la raison suffisante »). Diese Stelle, die den Entwurf des Laplaceschen Geistes vorbereitet, wird gerne überlesen (ebd., 2f.):

Les événements actuels ont avec les précédents une liaison fondée sur le principe évident, qu'une chose ne peut pas comencer d'être, sans une cause qui la produise. Cet axiome, connu sous le nom de *principe de la raison suffisante*, s'étend aux actions mêmes que l'on juge indifférentes. La volonté la plus libre ne peut, sans un motif déterminant, leur donner naissance; car si, toutes les circonstances des deux positions étant exactement semblables, elle agissait dans l'une et s'abstenait d'agir dans l'autre, son choix serait un effet sans cause: elle serait alors, dit Leibnitz, le hasard aveugle des épicuriens.

Das Wort „Zufall“ bedeutete für Laplace nichts anderes, als dass wir Menschen, weil wir naturgegeben endlich und begrenzt sind, nicht alles wissen und wissen können, mithin keine allumfassende Kenntnis haben (können). Wir irren uns und müssen uns irren können, um zu neuen Erkenntnissen zu gelangen.²²

²² Dass Fragen der Wahrscheinlichkeit und des Zufalls Fragen sind, die die menschliche Erkenntnis, nicht die „Natur der Dinge“, betreffen, hob John Playfair in seiner Rezension über den *Essai Philosophique sur les Probabilités* im *Edinburgh Review* als Voraussetzung der Wahrscheinlichkeitsauffassung Laplaces' hervor: „It is to the imperfection of the human mind, and not to any irregularity in the nature of things, that our ideas of chance and probability are to be referred. [...] Contingency and versimilitude are therefore the offspring of human ignorance [...] so that nothing but information sufficiently extensive, and a calculus sufficiently powerful, is wanting to reduce all things to certainty“ (Playfair 1814, 320). Dass der Zufall „in Wirklichkeit nur der Ausdruck für die Mangelhaftigkeit unseres Wissens“ sei, meinte auch noch Hermann von Helmholtz: „So besteht für unseren Gesichtskreis noch der Zufall, aber er ist in Wirklichkeit nur der Ausdruck für die Mangelhaftigkeit unseres Wissens und die Schwerfälligkeit unseres Combinationsvermögens. Ein Geist, der die genaue Kenntnis der Thatsachen hätte und dessen Denkopoperationen schnell und präcis genug vollzogen würden, um den Ereignissen voranzueilen, würde in der wildesten Launenhaftigkeit des Wetters nicht weniger, als im Gange der Gestirne, das harmonische Walten ewiger Gesetze anschauen, das wir nur vorraussetzen und ahnen“ (Helmholtz 1875, 164).

Man hätte viele bis heute kursierende Missverständnisse und Missdeutungen des Laplaceschen Geistes vermeiden können, wenn man seine Vorgeschichte genauer zur Kenntnis genommen hätte, die über Bonnet und du Châtelet zu Leibniz führt. Vom metaphysischen Determinismus Leibniz' zum physikalischen Gesetzesdeterminismus Laplaces war es kein kleiner Schritt, sondern ein längerer Weg, auf dem eine Verschiebung der Problemstellung erfolgte, bedingt durch den Erfolg der Mechanik Newtons.

Die programmatische Intention, die du Châtelet mit ihrem „Bauplan“ für die Mechanik verfolgte, zielte nicht darauf ab, eine „Gesamtschau“ über dieses „unermessliche Gebäude“ zu geben, sondern die Bedingungen der Möglichkeit dieser Wissenschaft zu klären, um auf diesem Wege eine Heuristik an die Hand zu geben, die, einem Kompass (frz. « boussole ») gleich, eine Orientierungshilfe im Labyrinth möglicher Erkenntniswege bieten sollte.²³ Wissenschaftliche Erkenntnis wird über die Methode von Versuch und Irrtumsberichtigung qua Hypothesen gewonnen, indem sukzessive Hypothesen, die das Widerspruchs- oder Kausalprinzip verletzen, ausgemerzt werden. Von diesem methodologischen Credo ausgehend zeigte du Châtelet, welche Konsequenzen sich daraus für die Lehrsätze der Mechanik Newtons ergaben.

4.5 Prinzipien und Hypothesen: Fundament und Gerüst

4.5.1 Die Herausforderung: *Hypotheses non fingo*

Es gibt wohl keinen Satz in den *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, über den mehr geschrieben und diskutiert wurde als über Newtons Aussage „Hypotheses non fingo“ am Ende des *Scholium Generale*. Dort heißt es (Koyré/Cohen 1972, 763f.):

Hactenus phaenomena caelorum & maris nostri per vim gravitatis exposui, sed causam gravitatis nondum assignavi. Oritur utique haec vis a causa aliqua, quae penetrat ad usque centra solis & planetarum, sine virtutis diminutione; [...] Rationem vero harum gravitatis proprietatum ex phaenomenis nondum potui deducere, & hypotheses non fingo. Quicquid enim ex phaenomenis non deducitur, *hypothesis* vocanda est; & hypotheses seu metaphysicae, seu physicae, seu qualitatum occultarum, seu mechanicae, *in philosophia experimentalis* locum non habent. In hac philosophia pro-

²³ Um genau zu sein, sprach du Châtelet dem Prinzip des zureichenden Grundes die Funktion eines Kompasses zu: « mais il me semble qu'il nous a fourni dans le principe de la raison suffisante, une boussole capable de nous conduire dans les sables mouvans de cette science » (Du Châtelet 1742, XII).

positiones deducuntur ex phaenomenis, & redduntur generales per inductionem. Sic impenetrabilitas, mobilitas, & impetus corporum, & leges motuum & gravitatis innotuerunt. Et satis est quod gravitas revera existat, & agat secundum leges a nobis expositas, & ad corporum caelestium et maris nostri motus omnes sufficiat.

Die Auslegung dieser Textpassage stellt bis heute eine Herausforderung dar. Die Interpretationen sind so zahlreich und bunt wie die Bilder über Newton und sie verraten in der Regel mehr über den Interpreten als über Newton. Beispielhaft wird dies deutlich, wenn man sich die Auffassung der Empiristen und Positivisten des 19. Jahrhunderts vergegenwärtigt.²⁴ Newtons „Hypothesen non fingo“ besagte in ihren Augen, dass es nicht die Aufgabe der Wissenschaft sei, etwas (kausal) zu erklären, sondern (funktional und operational) zu beschreiben. Newtons „Unschuldsbeteuerung“, kein Wort über die Ursache der Gravitation verloren zu haben, wurde als Musterstück einer Metaphysikkritik vorgeführt – ob zu Recht, darf nach dem heutigen Stand der Newton-Forschung bezweifelt werden. Newton selbst war allerdings nicht ganz unschuldig, als Anti-Metaphysiker ausgegeben zu werden. An dieser Stelle lohnt ein näherer Blick auf die *Regulae Philosophandi* am Anfang des dritten Buches *De mundi systemate*.²⁵ Die erste Regel fordert (Koyré/Cohen 1972, 550):

Causas rerum naturalium non plures admitti debere, quam quae & verae sint & earum phaenomenis explicandis sufficiant.

Die erste Regel stellt Newtons Version des ontologischen Sparsamkeits- bzw. Ökonomieprinzips dar: Die Natur ist einfach, und weil sie es ist, habe auch die

²⁴ Viel zitiert ist Gustav Robert Kirchhoffs Bemerkung am Beginn der Vorrede zu seinen *Vorlesungen über Mechanik*, es sei die Aufgabe der Mechanik, „die in der Natur vor sich gehenden Bewegungen zu beschreiben, und zwar vollständig und auf die einfachste Weise zu beschreiben. Ich will damit sagen, daß es sich nur darum handeln soll, anzugeben, welches die Erscheinungen sind, die stattfinden, nicht aber darum, ihre Ursachen zu ermitteln“ (Kirchhoff 1876, III).

²⁵ In der ersten Ausgabe (1687) sprach Newton noch von (insgesamt neun) Hypothesen. In der zweiten Ausgabe ist der Hypothesenbegriff gestrichen. Stattdessen wird eine Liste von Regeln und Phänomenen präsentiert. Die ersten beiden Hypothesen der ersten Ausgabe werden als erste und zweite Regel übernommen. Eine dritte Regel wird in der zweiten Ausgabe von 1713, eine weitere vierte Regel in der dritten Ausgabe von 1726 hinzugefügt. Die Hypothesen V–IX der ersten Ausgabe werden als Phänomene aufgelistet. Phänomen I entspricht jetzt der Hypothese III, Phänomen II kommt neu hinzu und die Phänomene III–VI stimmen mit den Hypothesen VI–IX der ersten Ausgabe überein. Man vergleiche dazu weiterführend Maurizio Maumiani: “To Twist the Meaning: Newton’s *Regulae Philosophandi* Revisited” (Maumiani 2001).

Erklärung der Phänomene dem Sparsamkeitsprinzip zu genügen. Von Newton wird an dieser Stelle ausdrücklich die Wahrheit der Ursachen gefordert.²⁶

Folglich fordert die erste Regel, dass die Ursachen notwendig und zugleich hinreichend für die Wirkungen sind. So lautet die Interpretation Steffen Ducheynes: “Rule I then asserts that causes shown to be necessary *and* sufficient of their effects, *and such causes alone*, are to be kept minimal” (Ducheyne 2012, 113). Denn eine Ursache, die für das Eintreten eines Ereignisses notwendig ist, ist notwendig wahr, wenn sie wahr ist. Ist eine Ursache nicht nur notwendig, sondern auch hinreichend für das Eintreten eines Ereignisses, liegt eine Äquivalenz von Ursache und Wirkung vor. Dem entspricht das traditionelle Verständnis von Kausalität als Äquivalenzrelation. An dieser Stelle lohnt ein Blick auf die du Châtelet-Übersetzung (Du Châtelet 1759, II: 2):

Il ne faut admettre de causes, que celles qui sont nécessaires pour expliquer les Phénomènes.

Newtons *Regula I* wird nicht wortgetreu wiedergegeben. Statt von „Ursachen der natürlichen Dinge“ (lat. „*causas rerum naturalium*“) ist schlicht von Ursachen (frz. « causes ») die Rede. Sprach Newton davon, dass nicht mehr Ursachen in Frage kommen sollen, als wahr und hinreichend für die Erklärung der Phänomene sind, heißt es im Französischen, dass nur solche Ursachen angenommen werden dürfen, die notwendig sind, um die Phänomene zu erklären. Doch das ist nicht daselbe. Solange man nicht weiß, ob eine für ein Ereignis notwendige Bedingung auch hinreichend für das Eintreten des Ereignisses ist, solange bleibt offen, ob diese Bedingung das Ereignis bewirkt hat. Der Schluss von der Wirkung auf die Ursache ist unter diesen Umständen zwar möglich, aber unter keinen Umständen absolut sicher und gewiss. Die Äquivalenz von Ursache und Wirkung lässt sich empirisch nicht beweisen (weder verifizieren noch falsifizieren). Dies hindert freilich nicht daran, die Gültigkeit des Kausalprinzips vorauszusetzen.

²⁶ Diese *vera causa*-Klausel ist ein Beispiel unter vielen, welches die gängige Meinung, Newton wollte mit seinem „Hypotheses non fingo“ seine Abneigung gegenüber metaphysischen Präsuppositionen und seine Skepsis gegenüber Kausalerklärungen zum Ausdruck bringen, als fraglich ausweist. Die im 19. und 20. Jahrhundert dominierende Wissenschaftstheorie wollte das Ökonomieprinzip nicht als ein ontologisches Prinzip, sondern als eine rein praktische Regel verstanden wissen, frei von metaphysischen Implikationen. Steht man vor der Wahl mehrerer möglicher miteinander konkurrierender Theorien, die zueinander äquivalent sind, soll man diejenige bevorzugen, die ein und denselben Sachverhalt am einfachsten beschreibt. William L. Harper hat anhand einiger lehrreicher Beispiele zur damaligen Diskussion u. a. über die Zentripetalbeschleunigung klargestellt, “that such a simplistic empiristic view is unable to do justice to the empirical support the agreement of these measurements provides for Newton’s inference to identify the centripetal force maintaining the moon in its orbit with terrestrial gravity“ (Harper 2011, 174).

Newton war metaphysischer Realist. Er war davon überzeugt, dass das Kausalprinzip ein Naturgesetz *ist*. Zugleich vertrat er aber einen empiristisch-experimentellen Induktivismus. Dass das Kausalprinzip nicht als Induktionsprinzip taugt, mithin der Schluss von den Wirkungen auf die Ursachen fehlbar und irrtumsanfällig ist, schien Newton einiges Kopfzerbrechen bereitet zu haben. Deutlich wird dies anhand eines Vergleichs des Wortlautes der zweiten Regel in der ersten Ausgabe der *Principia* mit dem in der zweiten und dritten Ausgabe. In der ersten Ausgabe aus dem Jahre 1687 wird, wie Steffen Ducheyne ausdrücklich hervorhebt, die ontologische Behauptung aufgestellt, dass Wirkungen der gleichen Art gleiche Ursachen *haben* (Ducheyne 2012, 114):

Ideoque effectum naturalium ejusdem generis eadem sunt causae.

In der autorisierten Endversion aus dem Jahre 1726 stehen die Zusätze „assignandae“ und „quatenus fieri potest“ (Koyré/Cohen 1972, 550):

Ideoque effectum naturalium ejusdem generis eadem assignandae sunt causae, quatenus fieri potest.

Die zweite Regel besagt also in der späteren Fassung nicht, dass Wirkungen der gleichen Art gleiche Ursachen *haben*, sondern dass Wirkungen der gleichen Art gleiche Ursachen *zuzuschreiben* sind, *soweit dies möglich ist*. Aufgrund dieser Einschränkung lässt sich nicht ohne weiteres behaupten, durch *Regula II* werde das Kausalprinzip in seiner klassischen Form „gleiche Ursachen – gleiche Wirkungen“ (Gleichförmigkeitsprinzip) formuliert. Das „ideoque“ am Anfang des Satzes kündigt zwar an, dass die zweite Regel aus der ersten folgt oder, besser gesagt, ein Korollar zur ersten Regel darstellt. Der Hiatus zwischen dem Kausalprinzip als ontologisches Postulat und unser begrenztes Wissen um Kausalzusammenhänge bleibt allerdings offen.

Strittig ist auch, wie Newton die Phrase „effectum naturalium ejusdem generis“ verstanden wissen wollte. Offensichtlich wird mit der postulierten Gleichartigkeit von Ursache und Wirkung nicht daselbe zum Ausdruck gebracht wie durch die klassische Sentenz „causa aequat effectus“, was so viel meint wie dass die Ursache der Wirkung entspricht, sei es in dem Sinne, dass die Ursache der Wirkung gleich ist, sei es in dem Sinne, dass die Ursache der Wirkung ähnlich ist oder schließlich, dass sich Ursache und Wirkung zueinander proportional verhalten.

Die dritte Regel stellt eine Richtlinie für die Erforschung der Eigenschaften (lat. *qualitas*) von Körpern dar (Koyré/Cohen 1972, 552):

Qualitates corporum quae intendi & remitti nequeunt, quaeque corporibus omnibus competunt in quibus experimenta instituere licet, pro qualitatibus corporum universorum habendae sunt.

Die dritte Regel erinnert an die traditionelle Unterscheidung zwischen essentiellen und akzidentiellen Eigenschaften. Essentiell bzw. wesentlich meint diejenige Eigenschaft, die einem Körper (allgemein: einem Gegenstand, Objekt) notwendig zukommt. Eine akzidentielle Eigenschaft ist eine Eigenschaft, die ein Körper (allgemein: ein Gegenstand, Objekt) zwar haben kann, aber nicht haben muss. (Ein Beispiel: Jeder Körper ist träge. Trägheit zählt somit zu den essentiellen Eigenschaften eines Körpers. Aber nicht jeder Körper ist notwendig fest. Die Festigkeit eines Körpers ist entsprechend eine akzidentielle Eigenschaft.) Newton hütete sich auch hier, ontologische Aussagen über die Eigenschaften zu treffen. Nur solche Eigenschaften, die sich experimentell für alle Körper bestätigen lassen, dürfen nach Newton für universelle Eigenschaften gehalten werden. Die vierte Regel lautet (Koyré/Cohen 1972, 555):

In philosophia experimentalis, propositiones ex phaenomenis per inductionem collectae, non obstantibus contrariis hypothesibus, pro veris aut accurate aut quamproxime haberi debent, donec alia occurrerint phaenomena, per quae aut accuratiores reddantur aut exceptionibus obnoxiae.

Die vierte Regel besagt, dass die durch Induktion gewonnenen Aussagen über Naturerscheinungen auch im Fall einander widersprechender Hypothesen entweder für wahr oder zumindest für annähernd wahr gehalten werden sollen, solange sie nicht durch andere Naturerscheinungen entweder genau wahr (exakt) werden oder durch welche ihr Geltungsbereich eingeschränkt wird.

Einmal mehr lohnt der Blick auf die du Châtelet-Übersetzung. Im Lateinischen taucht das Wort „accuratus“ zweimal auf: Im ersten Teil des Satzes wird behauptet, man solle induktive Aussagen für wahr im Sinne von „genau wahr“ oder für „annähernd wahr“ halten. Im zweiten, konditionalen Teil erscheint „accuratus“ als Komparativ „accuratior“. Die englische Übersetzung mit „more exact“ bzw. die deutsche Übersetzung mit „noch genauer“ ist naheliegend, aber in Anbetracht des Vorsatzes verwirrend. Denn eine Aussage kann nicht genauer wahr sein als exakt wahr. Um Newton nicht zu unterstellen, an dieser Stelle Unsinn geschrieben zu haben, bleibt nur die Möglichkeit, „genauer“ als „näher an der Wahrheit“ zu deuten.

Demgegenüber fällt auf, dass im Französischen „accuratus“ mit „exakt“ (frz. « exactement ») wiedergegeben wird, „accuratiores“ hingegen mit „vollkommen bestätigt“ (frz. « confirment entièrement »).²⁷ Diese Modifikation ist für die

²⁷ Die vierte Regel lautet nach der du Châtelet-Übersetzung: « Dans la Philosophie expérimentale, les propositions tirées par induction des phénomènes doivent être regardées malgré les hypothèses contraires, comme exactement ou à peu près vraies, jusqu'à quelques autres phénomènes les confirment entièrement ou fassent voir qu'elles sont sujettes à des exceptions » (Du Châtelet 1759, II: 5).

Beantwortung der Frage nach dem Newtonschen Verständnis der induktiven Methode folgenreich und aufschlussreich zugleich.

Newtons *Regulae Philosophandi* werden gemeinhin als Schulbeispiel für die induktive Methode der Verallgemeinerung empirischer Einzelfälle zu allgemeingültigen Naturgesetzen vorgeführt: Naturgesetze sind hypothetische Allaussagen, die durch passende Generalisierung endlich vieler singulärer Fälle induktiv gewonnen werden und als begründet gelten, wenn sie möglichst vielen Nachprüfungen standhalten. Ein Beispiel unter vielen ist Brigitte Falkenburgs Interpretation der Regel I als „Prinzip der ontologischen Sparsamkeit“, der Regel II als „ein Analogieprinzip, dem die theoretische Erklärung beim Regreß auf die Ursachen der Phänomene unterliegt“, der Regel III als „Universalitätsprinzip“ und der Regel IV als „Falsifikationsprinzip“ (Falkenburg 2000, 43f.).

Newton vertrat aber keinen Falsifikationismus, in dessen Rahmen Naturgesetze als hypothetische Allaussagen im Lichte empirischer Prüfung zu deuten wären. Bei den induktiv erschlossenen und axiomatisch-deduktiv begründeten Bewegungsgesetzen handelte es sich in den Augen Newtons um wahre und unzweifelbar gewisse Prinzipien.²⁸

In seinem Vorwort zur zweiten Ausgabe der *Principia* von 1713 beschrieb Roger Cotes ausführlich Newtons Methode. Newton sei es gelungen, das Gravitationsgesetz aus den Phänomenen abzuleiten. Er habe damit der experimentellen Philosophie eine solide Grundlage gegeben. Die experimentelle Philosophie, heißt es, unterscheide sich von der scholastischen und der cartesischen Naturphilosophie dadurch, dass sie weder an Worten haften noch Hypothesen ersinne, aus denen sich die möglicherweise den Naturvorgängen zugrundeliegenden Mechanismen erklären lassen, sondern von bestimmten ausgewählten Phänomenen ausgehe und aus diesen analytisch die Naturkräfte und die Gesetze der Kräfte ableite, um von dort über induktive Verallgemeinerung, der Synthesis, zur Konstitution der übrigen Phänomene zu gelangen. Als Vorbild für die experimentelle Philosophie Newtons nennt Cotes das zweigliedrige Verfahren der Analysis und Synthesis der antiken Geometer (Koyré/Cohen 1972, 20):

Duplici itaque methodo incedunt, analytica & synthetica. Naturae vires legesque virium simpliciores ex selectis quibusdam phaenomenis per analysisin deducunt, ex quibus deinde per synthesisin reliquorum constitutionem tradunt.²⁹

²⁸ Eine exzellente Untersuchung zu Newtons Methode hat Niccolò Guicciardini mit seinem Buch *Isaac Newton on Mathematical Certainty and Method* (Guicciardini 2009) vorgelegt. Speziell zu den *Regulae Philosophandi* vergleiche man auch den Aufsatz Quayshawn Spencers: „Do Newton’s Rules of Reasoning Guarantee Truth [...] Must They?“ (Spencer 2004).

²⁹ Im achten Band der von Derek T. Whiteside herausgegebenen *Mathematical Papers*

Die Kenntnis von Analysis und Synthesis als komplementäre Methoden der Heuristik und Begründung zählte damals zum allgemeinen Bildungsgut. Viel zitiert und rezipiert wurde Pappos von Alexandria. In Pappos' *Mathematischen Sammlungen*, den sog. *Συναγωγή* (ca. 340 n. Chr.), die auch Newton bekannt waren, heißt es (Pappus 1877, II: 634, 11–23):

ἀνάλυσις τοίνυν ἐστὶν ὁδὸς ἀπὸ τοῦ ζητουμένου ὡς ὁμολογουμένου διὰ τῶν ἐζῆς ἀκολούτων ἐπὶ τι ὁμολογούμενον συνθέσει. ἐν μὲν γὰρ τῇ ἀναλύσει τὸ ζητούμενον ὡς γεγονός ὑποθέμενοι τὸ ἐξ οὗ τοῦτο συμβαίνει σκοπούμεθα καὶ πάλιν ἐκεῖνου τὸ προηγούμενον, ἕως ἂν οὔτως ἀναποδίζοντες καταστήσωμεν εἰς τι τῶν ἤδη γνωριζομένων ἢ τάξιν ἀρχῆς ἐχόντων. καὶ τὴν τοιαύτην ἔφοδον ἀνάλυσιν καλοῦμεν, οἷον ἀνάπαλιν λύσιν. ἐν δὲ τῇ συνθέσει ἐξεῖ [ἐνταῦθα] προηγούμενα κατὰ φύσιν τάξαντες καὶ ἀλλήλοις ἐπισυνθέντες, εἰς τέλος ἀφικνούμεθα τῆς τοῦ ζητουμένου κατασκευῆς καὶ τοῦτο καλοῦμεν σύντεσιν.³⁰

War die Methode der Analysis und Synthesis in der Antike ein geometrisches Verfahren, erwies sich die spätere Parallelisierung der Grund-Folge- mit der Ursache-Wirkungs-Relation als folgenreich für das neuzeitliche Projekt einer Mathematisierung und Mechanisierung der Physik. Jacopo Zabarella, ein bekannter Vertreter des Paduaner Renaissance-Aristotelismus, hatte der

of Isaac Newton ist das Vorwort Newtons zu einer intendierten, aber nicht erschienenen Neuauflage der *Principia* aufgenommen. In diesem um 1710 zu datierenden Vorwort geht Newton selbst ausführlich auf die Methode der Analysis und Synthesis ein: „Veteres duplici methodo tractabant res Geometricas, Analysis scilicet et Synthesi, seu Resolutione et Compositione ut ex Pappo liquet. Per Analysis investi[ga]bant Propositiones suas et per Synthesin demonstrabant inventas ut in Geometriam addmitterentur. Laus enim Geometriae in ejus certitudine consistit. [...] Utilis est Analysis ad veritates inveniendas, sed certitudo inventi examinari debet per compositionem Demonstrationis“ (Newton 1981, 488).

³⁰ Zur besseren Verständlichkeit und Leserfreundlichkeit (als Ausnahme) hier die Übersetzung nach Jürgen Schönbeck: „Die Analysis betrachtet das Gesuchte, als wäre es zugestanden, und schreitet von da in aufeinanderfolgenden Schlüssen zu etwas vor, das der Synthese als Ausgangspunkt dient: in der Analyse nimmt man das Gesuchte als geleistet an und untersucht, woraus es sich ergibt, was davon wieder die Ursache ist, und so fort, bis man rückwärtsschreitend zu etwas schon Bekanntem oder zur Klasse der ersten Grundsätze Gehörigem gelangt: eine solche Methode nennen wir Analyse, weil sie eine rückwärtsschreitende Lösung ist. Bei der Synthese dagegen kehrt man das Verfahren um: man nimmt das Endergebnis der Analyse als bereits geleistet an, man macht die bisherigen Voraussetzungen nun in der gegebenen Reihenfolge zu Folgerungen und kommt über sie Schritt für Schritt schließlich zum Gesuchten: das nennen wir Synthese“ (Schönbeck 2003, 119). Zum Einfluss Pappos' auf Newton vergleiche man Markus Schmitz' Artikel „Zur Rezeption von Pappos' Mechanik durch Isaac Newton und zu aus dieser resultierenden begründungstheoretischen Aporien der neueren Physik“ (Schmitz 2007).

analytischen Methode (lat. *demonstratio quia*) eine Entdeckungs- bzw. Erfindungsfunktion (lat. *inventio*) und der synthetischen Methode (lat. *demonstratio propter quid*) eine Begründungsfunktion (lat. *verificatio*) zugeschrieben. Nach Zabarella bestand die heuristische Funktion der analytischen Methode darin, Unbekanntes aus Bekanntem zu ermitteln, was der Ermittlung der Ursachen aus den Wirkungen entspricht. Die demonstrative oder synthetische Methode zielt hingegen auf die Erkenntnis der Dinge durch ihre Ursachen.³¹ Dass sich die Folgen zu ihren Gründen wie die Wirkungen zu ihren Ursachen verhalten, diese Lehrmeinung übernahm Galileo Galilei in Anknüpfung an die Paduaner Schule.³² Galilei interpretierte die analytische Methode (lat. *doctrina resolutiva*, ital. *metodo risolutivo*) als eine Gewinnung von Sätzen zur Erklärung beobachtbarer Phänomene und die synthetische Methode (lat. *doctrina compositiva*, ital. *metodo compositivo*) als umgekehrtes Verfahren.³³

Auch Newton fasste die Analysis als die Erforschung der Ursachen auf, die den Wirkungen zugrunde liegen, und die Synthesis als den Schluss von beobachtbaren Wirkungen auf Ursachen. Im Anschluss an die Wiedergabe der Regel IV aus Newtons *Principia* fügte Johann Samuel Traugott Gehler im dritten Band seines *Physikalischen Wörterbuchs* erläuternd hinzu (Gehler 1790e, 459f.):

Der Physiker verfährt analytisch, wenn er aus gesammelten zweckmäßigen Phänomenen das, was sie gemein haben, absondert, um daraus Naturgesetze herzuleiten, oder zur Kenntniß der Ursachen zu gelangen; synthetisch, wenn er aus bekannten Naturgesetzen oder erwiesenen Ursachen die Folgen für gegebne einzelne Fälle herleitet.

Bekannt und viel zitiert ist Newtons eigene Beschreibung seines wissenschaftlichen Methodenideals, welche er im Fragenkatalog seiner *Opticks* gibt (Newton 1730, 380f.):

³¹ Als grundlegende und viel zitierte Studie über die sog. Schule von Padua gilt John Herman Randalls Buch *The School of Padua and the Emergence of Modern Science* (Randall 1961).

³² Die Beziehung, die durch die Begriffe der Ursache und Wirkung festgelegt wird, bezeichnet man als Kausalität. Die Begriffe des Grundes und der Folge beziehen sich hingegen auf die Begründung und Rechtfertigung von Aussagen bzw., im engeren Sinne, auf den logischen Beweis. Ob letztlich auch Gründe Ursachen sind, ist eine zentrale Streitfrage in der Philosophie des Geistes, die hier nicht behandelt werden kann. Festzuhalten ist, dass in der Philosophie der Neuzeit die Ansicht vorherrschte, dass das Weltgeschehen durchgängig kausal *wie* rational determiniert ist, mit anderen Worten, dass sich die Folgen zu ihren Gründen wie die Wirkungen zu ihren Ursachen verhalten.

³³ Nähere Ausführungen dazu finden sich in Jürgen Mittelstraß' Aufsatz „Galilei als Methodologe“ (Mittelstraß 1995).

As in Mathematicks, so in Natural Philosophy, the Investigation of difficult Things by the Method of Analysis, ought ever to precede the Method of Composition. This Analysis consists in making Experiments and Observations, and in drawing general Conclusions from them by Induction, and admitting of no Objections against the Conclusions, but such as are taken from Experiments, or other certain Truths. For Hypotheses are not to be regarded in experimental Philosophy. And although the arguing from Experiments and Observations by Induction be no Demonstration of general Conclusions; yet it is the best way of arguing which the Nature of Things admits of, and may be looked upon as so much the stronger, by how much the Induction is more general. And if no Exception occur from Phaenomena, the Conclusion may be pronounced generally. But if at any time afterwards any Exception shall occur from Experiments, it may then begin to be pronounced with such Exceptions as occur. By this way of Analysis we may proceed from Compounds to Ingredients, and from Motions to the Forces producing them; and in general, from Effects to their Causes, and from particular Causes to more general ones, till the Argument end in the most general. This is the Method of Analysis: And the Synthesis consists in assuming the Causes discover'd, and establish'd as Principles, and by them explaining the Phaenomena proceeding from them, and proving the Explanations.

Dass Naturgesetzen der Status von wahren und unzweifelbar gewissen Prinzipien zukomme, die durch die Analyse gefunden werden und „sich in der nachfolgenden Synthese als Axiome erweisen, ohne sich noch als solche beweisen zu müssen“, ist nach Helmut Pulte „methodologisch betrachtet, ein reiner Glaubenssatz Newtons“ (Pulte 2005, 122). Newton war sich darüber im Klaren, dass er seine Behauptung, seine Bewegungsgesetze seien zweifelsfrei wahr und gewiss, nicht letztgültig beweisen, sondern bestenfalls argumentativ gut begründen konnte. Von dem Wahrheitsgewissheitsanspruch nahm Newton allerdings nicht Abstand.

Es wurde wiederholt betont, dass Newtons „Hypotheses non fingo“ der apodiktischen Absicherung der eigenen Forschungsarbeit vor dem Hintergrund seines Anticartesianismus diene. Newton wollte sich damit von den spekulativen metaphysischen Annahmen über verborgene Ursachen (lat. *qualitates occultae*) distanzieren, die er in den mechanistischen Kernthesen seines großen Antipoden Descartes vorzufinden glaubte.³⁴

³⁴ Im deutschsprachigen Raum haben allen voran Gernot Böhme (Newton 1988) und Friedrich Steinle (Steinle 1991) den Einfluss Descartes' auf Newton herausgestellt.

Mit Nachdruck beteuerte Newton, keine Antwort auf die Frage nach der Ursache der Gravitation gegeben zu haben noch geben zu wollen, weil sich diese Frage nicht definitiv beantworten lasse. Man könne zwar wie Descartes Hypothesen darüber aufstellen, doch seien und blieben diese spekulativ – im Gegensatz zu dem von ihm aufgestellten Gravitationsgesetz, welches die Phänomene wahrheitsgemäß erkläre.³⁵

Kritiker warfen Newton vor, inkonsequent zu sein. Nach Johann Ulrich Ewertz beispielsweise war die Gravitationstheorie, „obgleich Newton erklärt hat: *hypotheses non fingo*, rein hypothetisch“ (Ewertz 1836, XX) und um keinen Deut besser als die metaphysischen Annahmen und spekulativen Hypothesen über okkulte Qualitäten seiner Zeitgenossen und Vorgänger, weshalb die Mechanik Newtons „nicht als vollkommen abgerundet und abgeschlossen angesehen werden kann“ (ebd., XVII). Einige gingen sogar noch einen Schritt weiter, indem sie behaupteten, „daß Newton die okkulten Qualitäten der Alten, die doch Descartes so siegreich bekämpft haben sollte, wieder aus ihrem Grabe erwecken wollte“ (Littrow 1835, 49). Zu diesen zählten keine geringeren als Gottfried Wilhelm Leibniz oder Christiaan Huygens.

Der Erklärungserfolg des Gravitationsgesetzes sprach jedoch für Newton und die Newtonianer. Vor diesem Hintergrund entwickelte sich Newtons einstiger „Kampf gegen die Hypothesen“ (Kondylis 2002, 230) zu einem *Kampf um Hypothesen*. An dieser Stelle den Rationalismus mit seiner Betonung einer prinzipientzistischen Absicherung wissenschaftlicher Erkenntnis als Gegenbewegung zum Empirismus und dessen Verteidigung eines hypothetischen Fallibilismus zu sehen, wäre nicht nur deshalb verfehlt, weil Newtons *philosophia naturalis* sowohl als Musterbeispiel für eine „Experimentalphilosophie“ gilt als auch für eine deduktiv-axiomatisch aufgebaute Theorie von universellem Erklärungsanspruch.³⁶ Dieses beliebte Schema der Philosophiegeschichtsschreibung ist im Falle Newtons auch deshalb deplatziert, weil „Bilderbuchrationalisten“

³⁵ Dass für Newton das Gravitationsgesetz keine Hypothese, sondern ein axiomatisches, wahres und evidentes Prinzip war, geht u. a. unmissverständlich in einem Brief an Roger Cotes vom 28. März 1713 hervor: „as in Geometry, the word Hypothesis is not taken in so large sense as to include the Axioms & Postulates; so in experimental Philosophy, it is not to be taken in so large a sense as to include the first Principles or Axioms which I call the laws of motion. These Principles are deduced from Phenomena & made general by Induction: which is the highest evidence that a Proposition can have in this philosophy“ (Newton 1975, 396f.).

³⁶ Aus begriffslogischen Gründen spricht zwar nichts dagegen, Empirismus und Rationalismus einander gegenüberzustellen. Empirismus und Rationalismus verneinen sich allerdings nicht gegenseitig. Die Negation von „empirisch“ lautet „nicht-empirisch“, nicht „rational“. Und die Negation von „rational“ lautet „nicht-rational“, nicht „empirisch“. Nicht alles, was unter „nicht-empirisch“ fällt, ist notwendig „rational“. Nicht alles, was „nicht-rational“ ist, ist notwendig „empirisch“ usw. Analoges gilt für die Begriffspaare „analytisch“ und „synthetisch“, „apriorisch“ und „aposteriorisch“, „deduktiv“ und „induktiv“ u. ä.

des 18. Jahrhunderts wie Christian Wolff und seine Schule bei aller Kritik an Newton dessen Gravitations- und Bewegungslehre nicht ablehnten, sondern Wege ihrer sicheren Begründung suchten, die bei Newton rein programmatisch war und blieb. Nach Helmut Pulte zielten die diversen Begründungskonzepte der Mechanik Newtons, wie sie von Christian Wolff, Ludwig Philipp Thümming, Georg Bernhard Bilfinger, Johann Peter Reusch oder Christian August Crusius vorgeschlagen wurden, darauf ab, die *Axiomata, sive leges motus* auf metaphysische Prinzipien zurückzuführen (Pulte 2005, 158f.):

So wuchs mit fortschreitendem empirischen Erfolg des Newtonianismus das Interesse der Cartesianer und Leibnizianer daran, Newtons *axiomata* im Sinne ihrer jeweiligen Programme umzudeuten und sicher zu begründen. In Deutschland läßt sich von Wolff und anderen Philosophen wie Thümmig, Bilfinger, Reusch und Crusius eine Traditionslinie rationalistischer Begründung der Newtonschen *Principia* bis hin zu Kants Versuch einer transzendentalen Begründung in den *Metaphysischen Anfangsgründen der Naturwissenschaft* (1786) ziehen, denen die Überzeugung gemeinsam ist, daß die mathematischen Grundgesetze der Bewegung weder durch Mathematik allein noch durch Erfahrung, sondern vor allem durch metaphysische Argumente angemessen zu rechtfertigen seien.

Wollte man die (von Helmut Pulte beschriebene) philosophiehistorische Entwicklung der Mechanik im 18. Jahrhundert auf einen Nenner bringen, so lautete dieser: „weg von der metaphysischen Grundlegung hin zur Mathematisierung der Physik“. Doch ganz so einfach war es nicht. Heute wird den Newtonschen Axiomen ein privilegierter Status zuerkannt. Damals galten diese als eine Möglichkeit unter vielen, Bewegungsgesetze zu formulieren. Man hielt sie nicht für unumstößliche Wahrheiten, sondern, im Gegenteil, für revisions- und verbesserungsbedürftig und zudem für wenig originell. Das Trägheitsprinzip wurde René Descartes zugeschrieben, das Wechselwirkungsprinzip mit Galileo Galilei in Verbindung gebracht. Ob Newtonianer, Leibnizianer, Cartesianer, ob Pieter van Musschenbroek oder Willem Jacob 's Gravesande, ob die Bernoullis oder Leonhard Euler, ob Christian Wolff oder Georg Bernhard Bilfinger, sie alle präsentierten ihre Versionen der Bewegungsgesetze. Wolff selbst sprach vom „grosse[n] Mathematicus in Engelland Herr Newton“ und von demselben „tiefsinnige[n] Werck“ (Wolff 1723, § 357).³⁷ Ohne Wenn und Aber akzeptier-

³⁷ Schon Heinrich Gustav Steinmann hob in seiner Dissertation *Über den Einfluß Newtons auf die Erkenntnistheorie seiner Zeit* hervor, dass Wolff „Newton zweifellos gut gekannt und seine Bedeutung unbefangenen eingeschätzt“ (Steinmann 1913, 57) und stets „ein sehr ruhiges, objektives Urteil über Newton bewahrt“ (ebd., 56) habe. Die Zahl aktueller Studien über

te Wolff Newtons Gravitationsgesetz.³⁸ Allerdings hielt er Newtons Postulat einer hypothesenfreien Wissenschaft für unangebracht, zumal dieser selbst seiner Forderung nicht nachkam. In seinen *Elementa matheseos universae* führte Wolff als ein ausgezeichnetes Beispiel für eine Hypothese der Newtonianer (lat. „hypotheses Newtonianas“) die Gravitation an: „exemplum habemus in motu gravium“ (Wolff 1741, 257), ist dort zu lesen.

Dass Hypothesen als ein unverzichtbares Werkzeug und Hilfsmittel der Theoriebildung nicht wegzudenken und auch nicht wegzudiskutieren sind, war ein deutlicher Bruch zu Newton. Diese Ansicht teilte Wolff mit seinen Anhängern und Gegnern, mit Fachgelehrten aus dem Inland und Ausland, mit Georg Bernhard Bilfinger, Ludwig Philipp Thümming, Willem Jacob 's Gravesande, Leonhard Euler und nicht zuletzt mit Émilie du Châtelet. Bei allen Differenzen war man sich darüber einig, dass es sich bei Newtons *Axiomata, sive leges motus* um keine Prinzipien im Sinne von unumstößlichen Wahrheiten handle.

Im Zusatz zu den *Commercium Epistolicum*³⁹ beteuerte Newton, er habe die Lehrsätze der *Principia* zwar synthetisch präsentiert, aber mittels der Analysis

Wolffs Newton-Interpretation ist überschaubar gering. Martina Lorenz gab vor rund zwanzig Jahren in der Zeitschrift *Historia Scientiarum* einen Überblick über ihre Dissertationsschrift „Der Anteil Christian Wolffs an der Rezeption von Grundprinzipien der Newtonschen Physik in Deutschland zu Beginn des 18. Jahrhunderts: ein Beitrag zum Verhältnis von Physik und Frühaufklärung“ (Lorenz 1986). Vor dem Hintergrund der florierenden Newton-Forschung wären viele dort vertretenen Thesen revisionsbedürftig. Horst-Heino von Borzeszkowski und Reante Wahsners Beitrag „Christian Wolff's Mechanical Philosophy: A Comparison with Isaac Newton's Mechanics“ (Borzeszkowski/Wahsner 2001) zeugt von keiner tiefgehenden Einarbeitung in die Wolff-Forschung. Casper Hakfoorts Einordnung Wolffs als Leibnizianer zwischen Descartes und Newton in seinem Aufsatz „Christian Wolff tussen Cartesianen en Newtonianen“ (Hakfoort 1982) ist auch nicht wirklich originell.

³⁸ So schrieb Wolff in seinen *Vernünfftigen Gedancken von den Würckungen der Natur*, kurz *Deutsche Physik* genannt: „Es hat aber Newton erwiesen, daß die Schwere abnimmet in der Proportion, wie das Quadrat von der Weite von der Erde zunimmet, und die Geschwindigkeit des Falles auf eben diese Weise abnimmet, wie die Schwere“ (Wolff 1723, § 357).

³⁹ Newtons Bericht zu den *Commercium Epistolicum* erschien 1715 anonym unter dem Titel „An Account of the Book entituled *Commercium Epistolicum* Collini & aliorum“ in den *Philosophical Transactions*, dem Organ der Royal Society, deren Präsident Newton war. Hintergrund war der Prioritätsstreit mit Leibniz. Zur öffentlichen Konfrontation kam es, als John Keill, Mitglied der Royal Society und Anhänger Newtons, 1708 Leibniz im Journal der Royal Society des Plagiats bezichtigte. Leibniz erhob dagegen einen förmlichen Einspruch und bat die Royal Society um Schutz vor Keill. Eine von der Royal Society eingesetzte Untersuchungskommission entschied 1712 jedoch gegen Leibniz, ohne diesen anzuhören oder auch nur nach seiner Darstellung der Dinge zu befragen. Der Abschlussbericht des Komitees wurde sogar von Newton selbst (anonym) verfasst und als *Commercium Epistolicum* Anfang 1713 veröffentlicht. Leibniz hatte bis zum Herbst 1714 keine Gelegenheit, ihn zu lesen, und erfuhr nur durch einen Brief von Johann I Bernoulli, der sich auf eine Kopie des Berichts bezog, die sein Neffe Nicolaus aus Paris mitgebracht hatte, von seinem Inhalt.

gewonnen (Newton 1715, 206):

By the help of the new *Analysis* Mr. Newton found out most of the Propositions in his *Principia Philosophiae*: but because the Ancients for making things certain admitted nothing into Geometry before it was demonstrated synthetically, he demonstrated the Propositions synthetically, that the System of the Heavens might be founded upon good Geometry. And this makes it now difficult for unskilful men to see the Analysis by which those Propositions were found out.

Diese Bemerkung aus Newtons Kommentar im Zusatz zu den *Commercium Epistolicum* hat für breiten Diskussionsstoff gesorgt. Wollte Newton *post festum* schönreden, was er *de facto* nicht geleistet hat? Emil Fellmann zufolge hat Newton der Meinung Vorschub geleistet (Fellmann 1975, 117f.),

die in den Kernstücken der *Principia* verwendeten Beweismethoden seien im wesentlichen Fluxionsanalysis, geschickt verkleidet im Gewande konventioneller synthetischer-geometrischer Beweise [...], doch will das nicht viel heißen, da dies während der größten Hitze des Prioritätsstreits mit Leibniz geschehen ist.

In der Tat sprechen gute Gründe dafür, dass Newton vor dem Hintergrund des Prioritätsstreits mit Leibniz viel daran lag, sich gegenüber der Kritik zu rechtfertigen, wie es denn kommt, dass er seine Fluxionsmethode an entscheidenden Stellen in seinen *Principia*, etwa bei der Herleitung des Bewegungsgesetzes, nicht anwandte, aber behauptete, er hätte bereits vor Leibniz und unabhängig von diesem eine analytische Methode zur Lösung des Tangenten- und Quadraturproblems⁴⁰ entwickelt und diesem brieflich mitgeteilt.

Newton hat keine unveröffentlichte Version seiner *Principia* in Form der Fluxionsanalysis verfasst und später in die Sprache synthetisch-geometrischer Konstruktionsverfahren rückübersetzt. Will man dem *principle of charity* Gönne tun, ist Newtons Beteuerung, er habe die meisten seiner Sätze der *Principia* "by the help of the new *Analysis*" gefunden, jedoch auch ganz anders zu deuten.

Worum es Newton in seinen *Principia* ging, war die sichere Grundlegung der Bewegungslehre auf unzweifelbar wahren Prinzipien, den *Axiomata, sive leges motus*. Die Analysis vermochte diese Grundlegung nicht zu leisten. Sie

⁴⁰ Unter dem „Tangentenproblem“ ist das Problem gemeint, zu einer gegebenen Kurve die berührenden Geraden zu finden. Die inverse Operation ist das Quadraturproblem, den Flächeninhalt innerhalb einer gegebenen Kurve zu ermitteln.

war dem Begriff und der Sache nach eine heuristische Methode. Ein einfaches Beispiel: Ist die Wegstrecke bekannt, die ein Körper in einer bestimmten Zeit zurücklegt, lässt sich für den Fall der geradlinig gleichförmigen Bewegung dessen Geschwindigkeit als erste Ableitung der Weg-Zeit-Funktion berechnen. In anderen Worten: Gegeben sind Weg und Zeit, gesucht ist die Geschwindigkeit eines Körpers. Die Lösung liefert die Analysis. Über die Ursache der Geschwindigkeit gibt sie keine Auskunft. So nützlich sie als „Problemlösekunst“ (lat. *ars inveniendi*) ist, sichert erst die synthetische Methode die geforderter Wahrheit und Gewissheit der Resultate und erlaubte darüber hinaus Ursachenforschung, so die Ansicht Newtons.

Diese Überzeugung entsprach der herkömmlichen Deutung der analytischen und synthetischen Methode als zueinander komplementäre Verfahren der Entdeckung und Begründung, wie im vorangehenden Kapitel ausführlich dargelegt worden ist. Zur Zeit Newtons galt die mathematische Analysis als ein Anwendungs- und Fallbeispiel einer umfassenden Methodenlehre, der analytische Methode, zu deren Komplement die Synthesis gehörte. Entsprechend unterschied Newton zwischen einem synthetischen und analytischen Part der Fluxionsmethode: „estque haec methodus vel synthetica vel analytica“ (Newton 1981, 454).

So gesehen ist es falsch, Newtons synthetische Methode mit der geometrischen und die analytische Methode mit der Differential- und Integralrechnung gleichzusetzen und als zwei sich ausschließende Verfahren zu entkoppeln. Und doch ist diese Gegenüberstellung nicht verkehrt. Denn „Analysis“ war damals auch das Kürzel für die analytische Geometrie, an deren Entwicklung René Descartes entscheidenden Anteil hatte. Newton hielt nicht viel vom Cartesischen Programm einer Geometrisierung der Mechanik und der Algebraisierung und Arithmetisierung der Geometrie. Dieses Programm lief auf einen Reduktionismus hinaus: auf den Anspruch der Reduktion der Physik auf die Geometrie und der Geometrie auf Arithmetik und Algebra⁴¹, was voraussetzte, dass der mathematische Begriff „Größe“ (lat. *quantitas*) nichts anderes meint als Descartes' *substantia extensa* bzw. *res extensa*. In den *Principia philosophiae* ist zu lesen (Descartes 1644, II: 8):

Quantitatem et numerum differre tantum ratione a re quanta et numerata. Quippe quantitas a substantia extensa in re non differt, sed tantum ex parte nostri conceptus, ut et numerus a re numerata.

Gegen die Gleichsetzung des Größenbegriffs mit der ausgedehnten Substanz, die die arithmetische Darstellbarkeit des physikalisch-geometrischen Kontinu-

⁴¹ Klar herausgestellt und scharf kritisiert hat dies Ernst Cassirer, u. a. in seiner Dissertation *Descartes' Kritik der mathematischen und naturwissenschaftlichen Erkenntnis* (Cassirer 1899).

ums bezweckte, machte Newton geltend, dass Ausdehnung nicht nur im räumlichen, sondern auch im zeitlichen Sinne zu verstehen ist, d. i. die Dauer, und deshalb Ausdehnung kein Synonym zu Räumlichkeit sein kann. „Die Zeit“, so stellte Heinrich-Gustav Steinmann prononciert fest, „spielt in geometrischen Erwägungen bei ihm [Newton] häufig eine große Rolle, ihr „gleichmäßiges Fließen“ wurde ihm zum Prototyp der stetigen Variablen“ (Steinmann 1913, 20). Salopp gesagt, setzte Newton an die Stelle des Cartesischen Raum-Kontinuums das „Raum-Zeit-Kontinuum“ als Bedingung der Möglichkeit für seine Mechanik der Kräfte. Sowohl Descartes als auch Newton hielt Leibniz entgegen, dass Raum und Zeit relationale Größen sind. Für Leibniz war nicht Raum und Zeit, auch nicht die Materie das Absolutum „hinter“ der Bewegung, sondern die Kraft.

Die bis heute als metaphysisch gescholtenen Fragen um das „Wesen“ von Raum und Zeit, Materie, Kraft und Bewegung waren tief verwurzelt mit dem damaligen Verständnis von Mathematik als Größenlehre. Das Ringen um einen einheitlichen Größenbegriff, aus dem sich alles Zählbare *und* Messbare erschließen ließ, zeigte sich in besonderer Schärfe bezüglich der kontroversen Rechtfertigung der Infinitesimalmathematik. Sowohl Newtons Fluxionsmethode als auch Leibniz' Differentialkalkül boten die Möglichkeit eines rechnerischen Umgangs mit den sog. Infinitesimalia. Beide Methoden hatten sich aber dem Vorwurf zu stellen, etwas ungerechtfertigterweise als gegeben vorauszusetzen: die Zählbarkeit und Messbarkeit des Unendlichkleinen.

4.5.2 Die Crux mit den unendlich kleinen Größen

Mathematik war bis weit in das 19. Jahrhundert hinein Größenlehre. Gemäß der damals weit verbreiteten und allgemein anerkannten Definition bedeutete „Größe“ (lat. *quantitas*), was sich vermehren oder vermindern lässt. So ist im ersten Theil von Leonhard Eulers *Vollständiger Anleitung zur Algebra* der Lehrsatz zu lesen, dass „die Mathematik überhaupt nichts anderes ist, als eine Wissenschaft der Größen“ (Euler 1770, I: § 2). Im Paragraphen zuvor wird „Größe“ wie folgt definiert (ebd., § 1):

Alles dasjenige wird eine Größe genannt, welches einer Vermehrung oder Verminderung fähig ist, oder wozu sich noch etwas hinzusetzen oder davon wegnehmen läßt.

Ein anderes Beispiel: In Christian Wolffs *Vollständigem Mathematischem Lexicon* ist zu lesen (Wolff 1734b, Sp. 586):

Größe, Quantitas, ist dasjenige, womit die sämtlichen mathematischen Wissenschaften umzugehen pflegen, und wird darunter alles

verstanden, was sich vermehren und vermindern läßt.⁴²

Entsprechende Formulierungen werden in anderen europäischen Fachsprachen gegeben. In den *Elémens d'arithmétique, d'algèbre et de géométrie* Jean-Mathurin Mazéas' steht beispielsweise (Mazéas 1758, § 2):

On appelle *Grandeur* ou *Quantité*, tout ce qui est susceptible de plus ou de moins; tout ce qui peut être augmenté ou diminué, *par exemple*, l'Etendue, le Mouvement, &c.

Als letztes Beispiel sei aus Willem Jacob 's Gravesandes *Matheseos universalis elementa* zitiert (Gravesande 1727, § I):

Quantum dicimus omne id, quod augeri & minui potest. Ut Extensio, Tempus, Motus, Velocitas, &c.⁴³

„Größe“ oder „auantitas“ wurde in „quantitas continua“ und „quantitas discreta“ untergliedert. Für „quantitas continua“ gebrauchte man auch das Wort „magnitudo“, für „quantitas discreta“ das Wort „multitudo“. Der „quantitas continua“ wurde die Eigenschaft „mensurabilis“, der „quantitas discreta“ die Eigenschaft „numerabilis“ zugewiesen. Diese Klassifikation geht auf Aristoteles zurück. *Quantitas* heißt bei ihm ποσόζ. Eine kontinuierliche Größe nannte Aristoteles μέγεθος, deren Maß bestimmte er als μετρητόν; eine diskrete Größe nannte Aristoteles πλήθος, deren Maß ἀριθμητόν (Aristoteles *Met.*, V: 12, 1020a 7–11).

Dieser Systematik folgend wurde die Arithmetik (Rechenkunst) als die Lehre von den diskreten Größen, die Geometrie (Messkunst) als die Lehre von den kontinuierlichen bzw. stetigen Größen vorgestellt.⁴⁴

⁴² Ein weiteres Beispiel: Basilius Christian Bernhard Wiedeburgs *Abhandlung von den mathematischen Verhältnissen und ihrer Größe* beginnt mit folgendem Satz: „Eine Größe, ist vom Ursprung der Mathematic, bis auf unsere Zeiten, fast einmüthig dasjenige genennet worden, was sich vermehren und vermindern läßt (Wiedeburg 1750, § 1). Noch über hundert Jahre später war diese Definition gang und gäbe, wie der Blick in einschlägige Nachschlagewerke zeigt, so in Ludwig Hoffmanns *Mathematisches Wörterbuch*: „Quantität ist die Eigenschaft der Dinge, dass sie vermehrt oder vermindert werden können“ (Hoffmann 1866, 622).

⁴³ In der englischen Übersetzung *The Elements of Universal Mathematics, or Algebra*, die ein Jahr später erschien, lautet dieser Paragraph: „Every thing that can be increased or dimished, we say has Quantity: as Extension, Time, Motion, Velocity, &c.“ (Gravesande 1728, § I).

⁴⁴ Diese Klassifikation war bis Anfang des 20. Jahrhunderts weit verbreitet. Sie findet sich z. B. in dem *Lehrbuch der Arithmetik und Algebra* des bayerischen Gymnasialprofessors Franz Minsinger (Minsinger 1832) und sogar noch in Felix Kleins *Elementarmathematik vom höheren Standpunkt aus* (Klein 1933).

Aus der Unterscheidung zwischen diskreten und kontinuierlichen Größen resultierte ein Problem, welches man das „vor-Cantorsche Kontinuumsproblem“ nennen kann, besser bekannt als „Zenonische Paradoxien“. Erst nach Wahl einer Einheit kann die kontinuierliche Größe durch Proportionen diskreter Größen approximiert werden. Dass dieser Approximationsprozess potentiell unendlich ist, war seit der pythagoreischen Entdeckung der Inkommensurabilität von Streckenlängen klar.

Der Beweis der Inkommensurabilität von Streckenlängen erlaubte es, auf die Irrationalzahlen zu schließen. Mit diesem Schluss war aber die Existenz von Irrationalzahlen keineswegs bewiesen. Dass beispielsweise die Seite und Diagonale eines Quadrats inkommensurabel sind, heißt (zunächst nur), dass es geometrische Größenverhältnisse gibt, die kein gemeinsames Maß haben, nicht, dass die Quadratwurzel $\sqrt{2}$ eine irrationale Zahl ist.

Von irrationalen Zahlen zu sprechen, wäre in der Mathematik der alten Griechen in gleicher Weise eine *contradictio in adiecto* gewesen wie der Ausdruck „rationale Zahl“ ein Pleonasmus.⁴⁵ Irrationalität als eine mögliche Eigenschaft von Zahlen war *per definitionem* ausgeschlossen. Nichts anderes meinte Michael Stifel, wenn er in seiner *Arithmetica integra* zu dem Schluss kam, dass Euklid leugnete, dass irrationale Zahlen Zahlen seien (Stifel 1544, 104f.). Und nichts anderes stellte Friedrich von Drieberg in seiner Untersuchung über *Die Arithmetik der Griechen* (Drieberg 1819, 139) fest, es sei falsch zu behaupten, dass bei Euklid die irrationale Zahl eine Zahl sei.⁴⁶

Auch wenn die Existenz der Irrationalzahlen offen und anfechtbar war und blieb, war deren Einführung kein Willkürakt, sondern erfolgte mittels Näherungsverfahren. Es handelte sich dabei um analogische Verfahren gemäß der antiken Proportionentheorie. Diese erwiesen sich für das neuzeitliche Programm einer Geometrisierung der Mechanik und der Algebraisierung und Arithmetisierung der Geometrie als unverzichtbar. Die Methode Eudoxos' von Knidos zur Approximation von Kreisen durch Polygone zur Bestimmung der Kreiszahl π ist ein Beispiel für das Näherungsverfahren der sog. Exhaustionsmethode. Nach ihrem Vorbild konnte Newton und Leibniz, um zwei bekannte Protagonisten der Infinitesimalmathematik zu nennen, die Tangentensteigung bestimmen

⁴⁵ „Warum haben die Griechen die Irrationalzahlen nicht aufgebaut?“ (Scholz 1928) Diese Frage, die Heinrich Scholz in der Hitze des mathematischen Grundlagenstreits Anfang des 20. Jahrhunderts zu beantworten suchte, wurde und wird immer wieder gestellt. Die jeweilige Antwort darauf lässt in der Regel bessere Rückschlüsse auf den „Zeitgeist“ des Interpreten zu als auf das Mathematikverständnis der Griechen. Ein Beispiel par excellence ist Helmut Hasse und Heinrich Scholz' Co-Produktion *Die Grundlagenkrise der griechischen Mathematik* (Hasse/Scholz 1928).

⁴⁶ In Euklids *Elementen* bzw. in den *Στοιχεῖα* wird „Zahl“ als die aus Einheiten zusammengesetzte Vielheit definiert: „Ἀριθμὸς δὲ τὸ ἐκ μονάδων συψχειμενον πλῆθος“ (Euklid *Elem.*, VII, Def. 2).

und damit die Bahngeschwindigkeit eines Körpers berechnen.

Sowohl Newton als auch Leibniz wiesen dabei nach, dass Differentiation und Integration inverse Operationen sind. Damit konnte aus der Länge einer Strecke mittels Zeitintervallen die Geschwindigkeit, also die Ableitung, berechnet und umgekehrt aus einer gegebenen Geschwindigkeit die Länge der Strecke bestimmt, d. i. die Stammfunktion erstellt werden. Es blieb ein Problem: Was berechnete die Einführung der infinitesimalen Größen?

Newton warnt in dem *Scholium*, welches auf Lemma XI folgt, davor, dass seine Theorie der ersten und letzten Verhältnisse keine Aussage darüber mache, ob es erste und letzte Größen, d. i. Indivisibilia, gibt. Man dürfe nicht davon ausgehen, dass die „ultima magnitudines“ gegeben seien, wenn die „ultima ratio“ verschwindender Größen bekannt sei. Das wäre eine falsche Hypothese (Koyré/Cohen 1972, 87):

Contendi etiam potest, quod si dentur ultimae quantitatum evanescentium rationes, dabuntur & ultimae magnitudines; & sic quantitas omnis constabit ex indivisibilibus, contra quam *Euclides* de incommensurabilibus, in libro decimo Elementorum, demonstravit. Verum haec Objectio falsae innititur hypothesei.

Auf den ersten Blick scheint es, dass Newton durch diese Differenzierung dem heutigen Grenzwertbegriff sehr nahe kommt. Denn er fährt fort, dass er unter den letzten Verhältnissen nicht die Verhältnisse letzter Größen verstehe, sondern die Grenzen, welcher sich die Verhältnisse unbegrenzt abnehmender Größen ständig annäherten (ebd.):

Ultimae rationes illae quibuscum quantitates evanescent, revera non sunt rationes quantitatum ultimarum, sed limites ad quos quantitatum sine limite decrescentium rationes semper appropinquant.

Und doch wäre es falsch, Newtons „ultima ratio“ mit dem „Grenzwert“ im Sinne der heutigen Analysis gleichzusetzen.⁴⁷ Newtons Grenzwertbegriff steht in Zusammenhang mit seiner Lehre und Methode von den sog. Fluxionen.

Etymologisch geht dieser Ausdruck auf das lateinische *fluo, fluxi*: „fließen“, „strömen“ zurück. In der Scholastik war das Wort *fluxus* ein *terminus technicus*

⁴⁷ Begriffsgeschichtliche Zusammenhänge zwischen „Grenze“ und „erstes und letztes Verhältnis“ lassen sich bis zu den Vorsokratikern zurückverfolgen. Berühmt ist Aristoteles' bedeutungsschwangere und interpretationslastige Definition von „Grenze“ als das Letzte bzw. Äußerste und als das Erste eines Gegenstandes, außerhalb dessen nichts und innerhalb dessen alles ist: „Πέρασ λέγεται τό τε ἔσχατον ἐκάστου καί οὔ ἔζω μηδέν ἔστι λαβεῖν πρώτου καί οὔ ἔσω πάντα πρώτου“ (Aristoteles *Met.*, V: 17, 1022a).

für das Zeitmaß, also für die Größe der Dauer eines Ereignisses. Die Vorstellung von „Dauer“ als zeitliche Größe war und ist nicht selbsterklärend. Um Zeit messen zu können, benötigt man ein Maß. Das Ergebnis einer Messung wird als Zahlenwert angegeben. Aus dem Produkt von Zahlenwert und Zeitmaß ergibt sich der Messwert.

Messgrößen sind nun aber kontinuierlich, Zahlen diskret. Mit anderen Worten: Stetigkeit (der Bewegung) ist die Bedingung der Möglichkeit für die Zeitmessung, Diskretheit die Bedingung der Möglichkeit, um das Ergebnis der Zeitmessung zahlenmäßig bestimmen zu können. Das war das Kernproblem, welches dem Jahrhunderte langen Streit zugrunde lag, ob Bewegung als *forma fluens* oder als *fluxus formae* aufzufassen sei.⁴⁸ Und es war das Kernproblem der Größenlehre schlechthin, dem sich auch Newton und Leibniz zu stellen hatten, als beide darangingen, sich mit dem Tangenten- und Quadraturproblem zu befassen.

Sowohl Newton als auch Leibniz gelang der Nachweis, dass Differentiation und Integration inverse Operationen sind. Dieser Beweis, der heute als „Hauptsatz der Analysis“ bekannt und aus der Maßtheorie nicht mehr wegzudenken ist, ließ Newton und Leibniz den Ruf zuteil werden, die Differential- und Integralrechnung „entdeckt“ zu haben.⁴⁹ Damit konnte aus der Länge einer Strecke mittels Zeitintervallen die Geschwindigkeit, also die Ableitung, berechnet und umgekehrt aus einer gegebenen Geschwindigkeit die Länge der Strecke bestimmt, d. i. die Stammfunktion erstellt werden. Die Schreibweise für den Differentialquotienten „d“ und das Integralzeichen „f“ gehen auf Leibniz zurück. Newton bezeichnete die Ableitung einer Kurve (Tangente) als „Fluxion“, kurz $\dot{v}, \dot{x}, \dot{y}, \dot{z}$. Die Umkehrung der Fluxion, d. h. das Integral, wurde von Newton „Fluente“ genannt, kurz: v, x, y und z .

⁴⁸ Diese Problematik hat Anneliese Maier in ihrem Artikel „Die scholastische Wesensbestimmung der Bewegung als *forma fluens* oder *fluxus formae* und ihre Beziehung zu Albertus Magnus“ (Maier 1944) untersucht.

⁴⁹ In der Literatur ist oft zu lesen, Newton und Leibniz hätten unabhängig voneinander die Differential- und Integralrechnung entdeckt oder erfunden. Doch dies ist irreführend. Vielmehr haben beide unabhängig voneinander Methoden entwickelt, mit denen anhand geometrischer Beispiele bewiesen werden konnte, dass das, was heute „Differential“ genannt wird, ein Komplement zum Integral darstellt. Dieser Nachweis wäre ohne die Vorarbeit anderer nicht möglich gewesen. Auf den berühmten Prioritätsstreit zwischen Newton und Leibniz kann hier nicht eingegangen werden. Es gibt darüber eine Fülle an Literatur, in der neben den historischen und biographischen Hintergründen der Kontroverse die technischen Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen dem Leibnizschen *calculus differentialis* und der Newtonschen *methodus fluxionum* detailliert herausgearbeitet worden sind. Als Einstieg eignen sich die neueren Arbeiten von Niccolò Guicciardini „Newton’s Method and Leibniz’ Calculus“ (Guicciardini 2003), Alfred R. Hall *Philosophers at War: The Quarrel between Newton and Leibniz* (Hall 1980) und Domenico Bertoloni Meli *Equivalence and Priority: Newton versus Leibniz* (Meli 1993).

Dass Leibniz und Newton unabhängig voneinander zueinander äquivalente Methoden entwickelt haben, darüber besteht ein breiter Konsens, damals wie heute. Bereits Guillaume François Antoine l'Hospital kam im Vorwort seiner *Analyse des infiniment petits pour l'intelligence des lignes courbes* (L'Hospital 1696) zu diesem Schluss. Bei Johann Heinrich Zedler ist es lediglich eine Frage der Notation, ob man die Differential-Größen „mit dem vorgesetzten d “ wie Leibniz oder „mit einem obenübersetzten puncte“ wie Newton symbolisierte (Zedler 1733, Sp. 185ff.):

Dahero ist es auch erlaubt, die Differential-Größen mit dem vorgesetzten d , zu bezeichnen, und solche dem Verstande dadurch vorzustellen. Die bißher angeführte signatur hat Leibnitz eingeführet; hingegen die Engländer bezeichnen die differential-Größen mit einem obenübersetzten puncte.

„Weshalb denn nun ein Streit zwischen Leibniz und Newton?“ (Sohncke 1850, 348). Diese Frage, die sich Ludwig Adolf Sohncke vor über hundert Jahren wie viele vor und nach ihm stellte, hat bis heute nichts an seiner Brisanz verloren. Denn wenn es bei dem Streit nur um persönliche Rivalitäten und Eitelkeiten, um nationale Voreingenommenheiten, Parteilichkeit und Sympathisantentum, nicht jedoch um ernstzunehmende inhaltliche Probleme ging, dann hatte, in den Worten Sohnckes, dieser Streit „doch wahrlich keinen reellen, ins Wesen der Wissenschaft eingreifenden Sinn“ (ebd.). Doch diese Vermutung hält einer historischen Prüfung nicht stand.

Newton und Leibniz gewannen und rechtfertigten ihre Verfahren aus geometrischen Überlegungen zur Bewegung von Körpern in Raum und Zeit. Beide setzten, wie zu dieser Zeit üblich, die geometrische und raumzeitlichen Gegenstandsbezogenheit der Mathematik voraus. Die Meinungsverschiedenheiten zwischen Newton und Leibniz resultierten aus ihren divergenten Auffassungen von Raum und Zeit, Materie und Kraft. Ein Vergleich der Reaktionen Leibniz' und Newtons auf George Berkeleys Kritik macht dies beispielhaft deutlich.

Newton berechnete die Momentangeschwindigkeit, indem er eine unendlich kleine Größe, das Zeitintervall, gegen Null gehen ließ.⁵⁰ Als Symbol für dieses „Increment einer Fluxion“ gebrauchte Newton „ o “, unter der Voraussetzung: $o \neq 0$. Um die Ableitung zu erhalten, kam Newton aber nicht umhin anzunehmen: $o = 0$. George Berkeley warf Newton vor, einen logischen Widerspruch

⁵⁰ Um Newton zu zitieren: „Quantitates continuo fluxu crescentes vocamus fluentes & velocitates crescendi vocamus fluxiones, & incrementa momentanea vocamus momenta, et methodum qua tractamus ejusmodi quantitates vocamus methodum fluxionum et momentorum“ (Newton 1981, 454).

zu begehen.⁵¹

Nicht viel besser war es in den Augen Berkeleys um Leibniz' *calculus differentialis* bestellt. Auch Leibniz ließ bei seiner Kurvendiskussion, an jedem Kurvenpunkt das Steigungsdreieck anlegend, die jeweiligen Differenzen gegen Null gehen und erlaubte sich in einem weiteren Schritt den Fauxpas, durch Null zu dividieren: „ dy/dx “ mit „ $d = 0$ “. Die Pointe der Kritik Berkeleys fasste Heinrich-Gustav Steinmann in folgenden treffenden Worten zusammen (Steinmann 1913, 45):

Diesem Einwand [Berkeleys] liegt ein völlig richtiger Gedanke zu Grunde; solange die Größen endliche Werte haben, hat ihr Quotient niemals genau den Wert des Differentialquotienten, und wenn sie $= 0$ sind, so haben sie keinen angebbaren Quotienten mehr.

Der Fehler, den Newton ebenso wie Leibniz beging, war Berkeley zufolge die Division durch Null. Doch sowohl Newton als auch Leibniz bestritten diesen Fehler. Newton behauptete nicht, dass $o \neq 0$ und $o = 0$ *zugleich* gelte. Ihm zufolge handelte es sich um zeitlich versetzte Operationen, weil er geometrische Figuren als solche ansah, die durch Bewegung erzeugt würden.⁵² Leibniz' Antwort auf Berkeleys Kritik lautete, der Ausdruck „ dy/dx “ sei nur als Ganzes sinnvoll, zu lesen als „ dy nach dx “, nicht als „ dy durch dx “.⁵³

Auf den Einwand, wie Leibniz das Unendlichkleine als « indéfiniment » und als « incomparable » (Leibniz *GM IV*, 91) bezeichnen könnte, mit dem sich

⁵¹ Um Berkeley zu zitieren: „Nothing is plainer than that no just Conclusion can be directly drawn from two inconsistent Suppositions“ (Berkeley 1734, § XV). In der Notation der heutigen Logik: $\neg(A \wedge \neg A)$, mit $A := „o = 0“$.

⁵² Inwiefern dieses zeitliche Nacheinander durch die formale Sprache der klassischen Aussagen- und Prädikatenlogik und die ihr zugrundeliegende Boolesche Algebra adäquat dargestellt werden kann, ist übrigens umstritten. Die sogenannte Epsilontik, die im 19. Jahrhundert maßgeblich von Karl Theodor Wilhelm Weierstraß u. a. entwickelt worden ist, beruht jedenfalls auf dem Grundgedanken, den Limesbegriff auf den Begriff einer durch Quantoren statisch gebundenen Variablen zurückzuführen. Die dahinterstehende Intention, „the banishment of spatiotemporal intuition“ (Bell 2005, 148), ist unter Mathematikhistorikern gut bekannt, wird in der Lehrbüchern zur Analysis aber keiner Silbe gewürdigt.

⁵³ Diesen Unterschied hebt beispielsweise Erhard Scholz in seinem Artikel „G. W. Leibniz als Mathematiker“ (Scholz 2007) hervor. Neu ist der Schluss, zu dem Scholz gelangt, keineswegs. Schon in dem von Gabriel Christoph Benjamin Busch herausgegebenen *Handbuch der Erfindungen* wird im Eintrag „Differentialrechnung“ festgehalten, dass Leibniz und Newton „zu den Resultaten derselben auf verschiedenen Wegen“ (Busch 1805, 140) gelangten: „Leibniz dadurch, daß er die unendlich kleinen Größen verschiedener Ordnungen in Betrachtung zog [. . .]; Newton dadurch, daß er die mathematischen Größen so ansah, als wären sie durch Bewegung erzeugt“ (ebd., 140f.).

dennoch rechnen ließe, antwortete Leibniz, es handle sich beim Unendlichkleinen um eine hypothetische Fiktion bzw. eine fiktive Hypothese.⁵⁴

Als Fiktion sei sie insofern hypothetisch, als sie wohl begründet sei. Leibniz sprach von « fictions bien fondées » (ebd., 110). Mit „wohl begründet“ meinte Leibniz, dass das Unendlichkleine, gleichwohl eine Fiktion, ein „fundamentum in re“ besäße, die Monaden. Als Hypothese sei sie insofern fiktiv, als sie jenseits von Empirie und Erfahrung läge.

Leibniz machte dies durch eine Analogie klar. Das Differential sei mit den imaginären Wurzeln in der Algebra vergleichbar.⁵⁵ Beim Wurzelziehen oder Radizieren handelt es sich um eine Rechenoperation. Das Ergebnis dieser Operation bezeichnet man als Wurzel. In der Regel ist die Wurzel aus einer positiven ganzen Zahl irrational, angewandt auf negative Zahlen imaginär. Das Wurzelzeichen selbst ist kein Zahlzeichen, sondern ein Operationssymbol. Es bezeichnet keine Zahl oder Größe, sondern schreibt vor, wie mit einer Zahl bzw. Größe nach bestimmten Rechenregeln zu verfahren ist. Was für das Wurzelzeichen gilt, trifft auch auf Leibniz' Differentialsymbol zu. Es ist keine Zahl oder Größe, sondern ein Operationssymbol.⁵⁶

⁵⁴ Beispielsweise meinte Leibniz: „Cum videamus Hypothesin infinitorum et infinite parvorum praeclare consentire ac succedere in Geometria“ (Leibniz *AA VI*, 3, 475). Als einschlägige Quellengrundlage gilt Leibniz' Briefwechsel mit Pierre de Varignon zwischen den Jahren 1692 und 1702. Den Briefwechsel hat Carl Immanuel Gerhardt im vierten Band von *Leibnizens mathematische Schriften* (Leibniz *GM IV*) 1859 veröffentlicht. Ausschnitte daraus wurden unter dem Titel « Extrait d'une lettre de M. Leibnitz à M. Varignon contenant l'explication de ce qu'on a rapporté de luy, dans les Mémoires de Trévoux des mois de novembre et decembre derniers » in der Märzausgabe aus dem Jahre 1702 im *Journal des Sçavans* publik gemacht (Leibniz 1702), was nicht nur in der Pariser Akademie für Zündstoff sorgte. Man vergleiche dazu das Kapitel “The Foundational Debate in the Paris Academy of Sciences” in Paolo Mancosu Buch *Philosophy of Mathematics & Manual Practice in the 17th Century* (Mancosu 1996, 165–177).

⁵⁵ In einem Brief Leibniz' an Barthélémy Des Bosses vom 11. März 1706 ist zu lesen: „Ego philosophice loquendo non magis statuo magnitudines infinite parvas quam infinite magnas, seu non magis infinitesimas quam infinituplas. Utrasque enim per modum loquendi compendiosum pro mentis fictionibus habeo, ad calculum aptis, quales etiam sunt radices imaginariae in Algebra. Interim demonstravi, magnum has expressiones usum habere ad compendium cogitandi adeoque ad inventionem, et in errorem ducere non posse, cum pro infinite parvo substituere sufficiat tam parvum quam quis volet, ut error sit minor dato, unde consequitur errorem dari non posse“ (Leibniz 1839, 436).

⁵⁶ Der Unterschied liegt darin, dass Leibniz das Fiktive nicht als imaginär aufgefasst hat. Das Fiktive, nicht jedoch das Imaginäre, war für Leibniz transzendent. Deshalb bezeichnete Leibniz seine „nova mea methodo calculi differentialis“ (Leibniz *AA II*, 3, Nr. 75) auch als « calcul transcendant » (Leibniz *GM IV*, 105). Es überstieg in den Augen Leibniz' nicht nur die menschliche Sinnes- und Erfahrungswelt, sondern lag auch jenseits der menschlichen Einbildungs- und Vorstellungskraft. Die fiktiven, unendlich kleinen Größen seien, so Leibniz in einem Brief vom 3./13. September 1696 an Michel Angelo Fardella, „ultra imaginabilia“ (Leibniz *AA II*, 3, Nr. 75). Anderenorts, so in „De Artis Combinatoriae usu in Scientia

Wiederholt verwies Leibniz auf die heuristische und problemlösende Effizienz seines Differentialkalküls. Ein Beispiel ist die von ihm 1676 vorgeschlagene Lösung des Problems der Quadratur der Fläche unter der Hyperbel, welches Florimond de Beaune seinem Briefpartner Descartes 1638 gestellt hatte (Leibniz *AA VII*, 5, Nr. 90). Besonders in der späteren Zeit, als sich die Fronten im Streit um infinitesimale Größen verhärteten und Leibniz in namhaften Zeitschriften, wie im *Journal de Trévoux*, herausgefordert wurde, griff dieser zu eindringlichen Worten. In « Justification du Calcul des infinitésimals par celui de l'Algèbre ordinaire » aus dem Jahre 1702 meinte Leibniz, es sei angesichts der bewiesenermaßen erfolgreichen und erfolgversprechenden Anwendung seiner Methode geradezu lächerlich, wollte man von ihm verlangen, auf diese zu verzichten (Leibniz *GM IV*, 105):

Ce qui seroit ridicule de ne vouloir point faire et de se priver volontairement d'une des plus grandes utilités.

Allerdings ist einzuräumen, dass Leibniz zwar wiederholt betonte, er wolle sich auf metaphysische Streitigkeiten hinsichtlich der Existenz des Infinitesimals nicht einlassen⁵⁷. Leibniz' Pragmatismus und Instrumentalismus im Umgang mit den Infinitesimalia war aber nicht ontologisch neutral.⁵⁸

Generali“ (1683), behauptete Leibniz, die Mathematik sei die Wissenschaft der imaginären Gegenstände: „Mathesis est Scientia rerum imaginabilium“ (Leibniz *AA II*, 3, Nr. 123). Widersprach sich Leibniz hier nicht selbst? Hätte er nicht konsequenterweise sagen müssen: „Mathesis est Scientia rerum imaginabilium et rerum ultra imaginabilium“? Leibniz' Standpunkt bezüglich dem Rechnen mit unendlich kleinen Größen angemessen darzustellen und zu bewerten, ist nicht leicht. Oliver Deiser stellt diesbezüglich fest: „Die Haltung von Leibniz selber, der durch seine dx -Notation infinitesimale Größen scheinbar überall verwendet, ist komplex, über die Jahre hinweg nicht konstant, und bis heute umstritten“ (Deiser 2008, 133). Einen Einblick in die Diskussion vermitteln die Beiträge in dem von Antonio Lamarra herausgegebenen Symposiumsband *L'Infinito in Leibniz. Problemi e Terminologia* (Lamarra 1990) sowie die Artikel in dem von Ursula Goldenbaum und Douglas Jesseph herausgegebenen Sammelband *Infinitesimal Differences: Controversies between Leibniz and his Contemporaries* (Goldenbaum/Jesseph 2008).

⁵⁷ So äußerte sich Leibniz gegenüber Pierre de Varignon wie folgt: „qu'on n'a point besoin de faire dependre l'analyse Mathematique des controverses metaphysiques“ (Leibniz *GM IV*, 91).

⁵⁸ Sybille Krämer ist anderer Auffassung. Ihrer Meinung nach nahm Leibniz den frühen Kritikern der Infinitesimalmathematik, wie Bernard Nieuwentijt und George Berkeley, den Wind aus den Segeln. Denn diese argumentierten „auf der Grundlage einer denotativen Interpretation des Infinitesimalsymbolismus“ (Krämer 1991, 157). Das Leibnizsche Verfahren sei davon jedoch unabhängig: „Die Pointe der Leibnizschen infinitesimalen Verfahren ist es demgegenüber, daß das Operieren im infinitesimalen Kalkül unabhängig wird von der Frage nach dem Referenzgegenstand der Infinitesimalsymbole. [...] So kann das Differential zum Gegenstand regelgeleiteter mathematischer Operationen werden, ohne daß die Frage,

Im Leibnizschen Sinne waren Fiktionen der Entdeckung neuer *Wahrheiten* förderlich und nützlich, selbst im Falle des Auftretens von Widersprüchen.⁵⁹ Diese Argumentation setzt voraus, dass es Wahres gibt, welches für Leibniz Ideales war. Fiktionen waren keine Ideen, sondern Mittel zur „Ideenschau“, derer sich das menschliche Subjekt kraft seines Intellekts bediente.

Es ist die Idee, die dem Verstand gleichsam sein Objekt liefert. Im platonischen Sinne sind Ideen keine Schöpfungen, kein Produkt der *cogitatio*. Sie entstehen nicht im und durch den Vollzug des Denkens, sondern sind die Voraussetzungen dafür. Aus diesem Grund gilt der Platonismus auch als Spielart des objektiven Idealismus. Der menschliche Verstand, d. i. das Vermögen, Begriffe zu bilden und diese zu Urteilen zu verbinden, hat an den Ideen teil. Die Idee ist das Urbild eines Gegenstandes, von dem wir uns ein Abbild machen.

Aristoteles hielt Platon bekanntlich vor, seine Lehre von den Ideen als Vorbilder bzw. Musterbilder (altgriech. παραδείγματα) sei ein leeres Gerede (altgriech. κενολογεῖν) (Aristoteles *Met.*, I, 991a 20–22). Sie impliziere eine unnötige und irreführende Verdoppelung der Welt und Wirklichkeit (in eine veränderliche, phänomenale und sinnlich gegebene Welt und in eine unveränderliche Welt der Ideen). Platons „Teilhaber“ (altgriech. μέθεξις) als ein rein statischen Verhältnis der Teile zueinander und zum Ganzen verkenne die aktive und dynamische Rolle des Teilhabenden, der kraft *Poiesis* (altgriech. ποιησις) und *Mimesis* (altgriech. μίμησις) im Zusammenspiel von Wahrnehmen (altgriech. αἴσθησις) und Denken (altgriech. νόησις) die Gegenstände der Erkenntnis konstruiert, welches Aristoteles als poetische Metapher (altgriech. μεταφορὰς ποιητικὰς) bezeichnete (ebd.).

Stoff (altgriech. ὕλη) und Form (altgriech. εἶδος) verhalten sich, so Aristoteles, wie Möglichkeit und Wirklichkeit – besser, wie *Dynamis* (altgriech. δύναμις) und *Energeia* (altgriech. ἐνέργεια). *Dynamis* bezeichnete Aristoteles die Möglichkeit zur Verwirklichung, was später ins Lateinische mit *potentia*

ob dem Differential ein Referenzgegenstand entspreche, ob es also für eine wohlbestimmte Größe stehe, überhaupt beantwortet werden muß“ (ebd., 155ff.). In *Les Principes du Calcul infinitésimal* kritisierte René Guénon diese pragmatische Haltung bzw. diese « tendance pragmatiste » (Guénon 1946, 43). Leibniz habe zwar unendlich kleine Größen als Fiktionen bezeichnet, doch wollte er damit nicht einfach nur zum Ausdruck bringen, sie seien für das Rechnen und für das Lösen von Gleichungen effizient und nützlich. Nicht ohne Grund sprach Leibniz von « fictions bien fondées » (ebd.). „Wohl begründet“ meinte monadologisch begründet.

⁵⁹ In einem Brief an Guido Grandi vom 6. September 1713 meinte Leibniz: „quantitates illae calculi nostri extraordinariae sunt fictiones [. . .]; cum in calculo perinde sit ac si essent verae quantitates, habeantque fundamentum in re et veritatem quandem idealem ut radices imaginariae, quas non recte Prestetius, Analysta Gallus, contradictione laborare dicebat“ (Leibniz *GM IV*, 218). Mit „Analysta Gallus“ ist John Wallis gemeint, mit dem Leibniz zwischen 1695 und 1700 briefliche Korrespondenz führte.

übersetzt wurde. Potentialität meint ein Vermögen bzw. eine Fähigkeit bzw. Disposition zur Verwirklichung, Bewegung und Veränderung impliziert demzufolge mehr als Possibilität (Möglichkeit im logischen Sinne von Widerspruchsfreiheit). Die Realisierung oder, besser, die Verwirklichung (Vollzug) dieser Möglichkeit ist die Aktion bzw. die Aktualisierung. Was im Lateinischen *actio* bzw. *actus* heißt, lautet im Altgriechischen ἐνέργεια. Bedingung der Möglichkeit der Verwirklichung der *Form* im *Stoff*, der Formung, ist die Entelechie (altgriech. ἐντελέχεια), d. i. das Vermögen, sich selbst zu verwirklichen und auf ein Ziel zuzustreben.

Aus der Perspektive der aristotelischen Akt-Potenz-Lehre schließen sich das Kontinuierliche und das Diskrete, das potentiell und das aktuell Unendliche nicht aus, sondern bedingen sich gegenseitig. Diesen Gedanken griff Leibniz auf.⁶⁰ Monaden tragen als ausdehnungslose Punkte und als Kraftzentren die Möglichkeit zur Bewegung und Veränderung gleichsam in sich; sie vermögen, sich selbst zu verwirklichen und auf ein Ziel zuzustreben.⁶¹ Real ist, folgt man Leibniz, der momentane Kraftzustand der Monade, das Differential.⁶²

⁶⁰ Leibniz selbst sah seine Philosophie als Quintessenz der Lehren Platons, Aristoteles' und Demokrits: „Itaque Platonem Aristoteli et Democrito utiliter conjungendum censeo ad recte philosophandum“ (Leibniz 1707). Es ist daher durchaus treffend, Leibniz' Rationalismus als „reformierten Aristotelismus“ mit „platonischer Signatur“ (Leinkauf 2012, 191) zu interpretieren. Ähnlich ist bei George MacDonald Ross zu lesen: „Leibniz had always seen the true philosophy as lying in a reconciliation or 'harmony' of Platonism and Aristotelianism“ (Ross 1990, 138). Kuno Fischer ging im zweiten Band *Leibniz und seine Schule* seiner berühmten *Geschichte der neuern Philosophie* sogar soweit zu behaupten, man könne Leibniz' Monadologie auf die Formel „Plato, Aristoteles und die Scholastik“ (Fischer 1855, 347) bringen. Fischer schreibt: „So verbindet sich Leibniz gegen die abstracten Formbegriffe Plato's mit Aristoteles im Begriffe der Entelechie“ (ebd.). Natürlich adaptierte Leibniz aristotelisches und platonisches Gedankengut nicht einfach, sondern modifizierte es grundlegend, indem er dieses in seine eigene monadologische Substanzmetaphysik einbettete. Wie schon Gottfried Martin in seiner Studie *Platons Ideenlehre* (Martin 1973) herausgestellt hat, ist Leibniz' Platon-Rezeption sehr facettenreich. Hinzu kommt, dass die Überlieferungsgeschichte der Werke Platons komplex und schwierig ist. Platons Ideenlehre kann nur aus den verstreuten Angaben in Platons Dialogen und aus den kritischen Kommentaren fragmentarisch erschlossen werden. Ähnlich vielschichtig waren die Wege und Umwege der Edition, Kommentierung, Interpretation und Kritik der aristotelischen Werke, von der peripatetischen Schule über den Neuplatonismus und die Scholastik bis hin zur neuzeitlichen Philosophie.

⁶¹ Die wenigen Monographien über den Leibnizschen Entelechiebegriff, wie Hans G. Reinhard's kürzlich erschienene Publikation *Admirabilis transitus a potentia ad actum: Leibniz' Deutung des Aristotelischen Entelechiebegriffs* (Reinhard 2011), konzentrieren sich im Wesentlichen auf die Philosophie des Geistes (Leib-Seele-Problem), ohne auf den Zusammenhang zwischen Leibniz' monadologischen Platonismus, psychophysischen Parallelismus und mathematischen Fiktionalismus einzugehen. Dies gilt auch für Theodor Eberts Artikel „Entelechie und Monade. Bemerkungen eines aristotelischen Begriffs bei Leibniz“ (Ebert 1987).

⁶² Das Unendlichkleine ist, mit Hermann Cohen gesprochen, in der realen Größe, der Kraft, gegeben (Cohen 1883, 100). Auf Cohens Deutung der Infinitesimalmathematik New-

Des platonisch-aristotelischen Erbes war sich auch Newton bewusst. „Amicus Plato amicus Aristoteles magis amica veritas“. Mit diesem Leitspruch begann Newton seine *Questiones quaedam Philosophicae*, besser bekannt unter dem Titel *Certain Philosophical Questions* (Newton 1661).⁶³ Was folgte, war eine Auseinandersetzung mit den klassischen Fragen „Of the First Matter“, „Of Atoms“ etc., um schließlich unter der Titelei „Of Quantity“ die bekannten Zenonischen Paradoxien der Bewegung zu diskutieren, ob und wie das Veränderliche, das „Fließende“, idell, d. h. begrifflich-quantitativ zu erklären sei.

In seinem Buch *Die Gravitation und die philosophischen Grundlagen der Physik* pries Bruno Thüring „die Entdeckung der Ideen“ seitens der alten Griechen als einen „Schritt von unübersehbarer Bedeutung“ (Thüring 1967, 13). Denn dieser machte die Lehre von den Kreisbewegungen zuallererst möglich (ebd., 14):

Bei Aristoteles, der die Ideen „Formen“ nennt, findet sich auch schon ein wichtiger Ansatz zu einer ideellen Wissenschaft vom Veränderlichen in seiner Lehre von den Kreisbewegungen der Himmelskörper, von gewissen geradlinigen Bewegungen irdischer Körper (z. B. Fallbewegung), und in seinem Bewegungsgesetz für irdische Körper: *Geschwindigkeit = Kraft: Widerstand*.

Von Aristoteles' Bewegungslehre zur Theorie der Fallbeschleunigung und dem Gravitationsgesetz Newtons war es freilich noch ein weiter Weg. Ein grundlegender Unterschied lag darin, dass Aristoteles Ruhe als die Privation der Bewegung erachtete, nicht als deren Sonderfall. Dadurch ergaben sich Paradoxien, die mit der Entwicklung der neuzeitlichen Infinitesimalmathematik (und der Umdeutung von Geschwindigkeitszwischenstufen zum Zeit-Weg-Differential) gelöst werden konnten.

Die Crux war und blieb der Anspruch, das Verhältnis unendlich kleiner Größen im Augenblick ihres Verschwindens berechnen zu wollen. Leibniz behauptete nicht, ein Punkt sei eine unendlich kleine Linie.⁶⁴ Vielmehr wird im Augenblick der Verwirklichung des Potentiellen die unendlich kleine Linie zum

tons und Leibniz' und auf seinen Einfluss auf Ernst Cassirers *Philosophie der symbolischen Formen* (Cassirer 1929) kann hier nicht eingegangen werden. Das Thema wäre einer detaillierteren Untersuchung wert. Den weiterführenden Einfluss Cassirers auf Erwin Panofsky hat Babu Thaliath in seiner Studie *Perspektivierung als Modalität der Symbolisierung: Erwin Panofskys Unternehmung zur Ausweitung und Präzisierung des Symbolisierungsprozesses in der „Philosophie der symbolischen Formen“ von Ernst Cassirer* (Thaliath 2005) untersucht.

⁶³ Zur Traditionsgeschichte der Sentenz vergleiche man Henry Guerlacs Aufsatz „Amicus Plato and Other Friends“ (Guerlac 1978).

⁶⁴ So ist in *De minimo et maximo, de corporibus et mentibus* (1672–1673) zu lesen: „Pone punctum intelli lineam infinite parvam“ (Leibniz AA VI, 3, 100). „Intellegere“ heißt eben nicht „esse“.

ausdehnungslosen Punkt, die unendlich kleine Krümmung zur Geraden, die unendlich kleine Ungleichheit zur Gleichheit, die unendlich kleine Bewegung zur Ruhe. Es war der potentialistische und phoronomische Charakter der unendlichkleinen Größen, als „fließend“ metaphorisch versinnbildlicht, und die damit verbundenen Paradoxien der unendlichen Teilbarkeit, der die Kritiker der Infinitesimalmathematik immer wieder auf den Plan rief. Baden Powell sprach in seiner *History of Natural Philosophy from the Earliest Periods to the Present Time* von einer “bold metaphor” (Powell 1834, 300) und führte dies wie folgt aus (ebd., 303):

The idea of Newton was a singularly happy instance of the universal and exact applicability of his metaphor. When a function increases or decreases up to a certain point, and then again decreases or increases, at that point it is a maximum or minimum.

Sowohl Newton als auch Leibniz gewannen und rechtfertigten ihre Verfahren aus geometrischen Überlegungen zur Bewegung von Körpern in Raum und Zeit. Mathematische Theoriebildung und -konstitution stand damals in engem Zusammenhang mit der physikalischen Begrifflichkeit, bei Descartes durch die Vorstellung der Materie in Bewegung, bei Newton durch die Metapher vom Fließen der Zeit, bei Leibniz durch die Prämisse entelechischer Kräfte.

War für Leibniz sein Differentialkalkül der Schlüssel zur Lösung der Frage, wie die lebendige Kraft aus der toten Kraft entsteht, so bedeutete die Fluxionsrechnung für Newton den Zugang zur Berechnung beschleunigender Kräfte. Beide hatten sich dem Vorwurf der ungerechtfertigten Existenzannahme unendlich kleiner Größen zu stellen. Der Einwand gegen Leibniz lautete, dass seine Methode offen ließe, wie aus dem potentiell Unendlichkleinen der toten Kraft die lebendige Kraft in ihrer Wirklichkeit und Endlichkeit, aus der Summierung einer beliebigen Anzahl unendlich kleiner Kräfte eine endliche, messbare Größe entstehen sollte.

Gegen Newton wurde der Vorwurf erhoben, dass sein Verfahren auf einer fraglichen Definition beruhe, die das zu Definierende voraussetzt. Gemeint sind fließende Größen, sog. Fluenten, nach Newton diejenigen Größen, die durch Bewegung erzeugt werden. Als nicht weniger problematisch wurde es gesehen, die Momente der Fluenten, sog. Fluxionen, verschwindend zu nennen. Denn solange verschwindende Größen noch nicht verschwunden sind, haben sie kein letztes Verhältnis, sobald sie verschwunden sind, haben sie überhaupt keines mehr. Wie sollte eine Messung bei verschwindender Zeitdifferenz $\Delta t \rightarrow 0$ möglich sein? Jede Messung setzt das Vorhandensein einer Zeitdifferenz $\Delta t > 0$ voraus.

Solche Problemfelder der Leibnizschen und Newtonschen Differential- und Integralrechnung ziehen sich von Beginn an wie ein roter Faden durch die

Diskussionen, angefangen von Leibniz' Korrespondenz mit Pierre de Varignon zwischen 1692 und 1702 über Jean Baptiste le Rond d'Alemberts Disput mit Colin Maclaurin und der erbittert-polemischen Kontroverse zwischen George Berkeley und James Jurin bis hin zu Johann Heinrich Lamberts Briefwechsel mit Georg Jonathan von Holland. In einem Brief vom 2. Februar 1766 an Holland schrieb Lambert beispielsweise (Lambert 1782, Nr. XII):

Der Ausdruck verschwindende Größe ist mir immer uneigentlich und anstößig vorgekommen, weil man in der That nicht die Größe, sondern ihr Anwachsen und Abnehmen betrachtet. Das Unendliche sehe ich in Vergleichung des Endlichen als etwas heterogenes an.

Lamberts Kritik am Ausdruck der verschwindenden Größe bezieht sich hier nicht (nur) gegen Newton, sondern gegen den Begriff *per se*, der damals ein gängiger *terminus technis* der Infinitesimalrechnung war. Wie schon Newton und Leibniz betonten, dürfe man die Rede von einer verschwindenden Größe nicht wörtlich nehmen und sich darunter eine Größe vorstellen, die tatsächlich verschwindet. Vielmehr gehe es um das messbare und berechenbare Verhältnis zwischen endlichen und unendlich kleinen Größen, d. h. zwischen endlichen Größen und solchen, die kleiner als jede angebbare endliche Größe sind. Ob der spitzfindigen Argumente Leibniz' und Newtons war nicht ohne Weiteres einzusehen, dass und wie sich *quantitates heterogenae* vergleichen und berechnen ließen, zwischen denen, wie du Châtelet sagte, das Unendliche stehe (Du Châtelet 1742, § 535):

On voit déjà que la force morte et la force vive diffèrent entr'elles essentiellement, puisque l'une ne produit aucun effet, et que l'autre produit un effet réel, qui est le déplacement de l'obstacle; ainsi deux espèces de force sont des quantités hétérogènes, entre lesquelles il y a l'infini.

Solange die Mathematik nach dem Vorbild der antiken Proportionentheorie betrieben wurde, galt es als regelwidrig, heterogene (ungleichartige) Größen miteinander zu vergleichen, d. h. sie mit mathematischen Operationen in Gleichung zu setzen. Als Beispiel für heterogene, inkommensurable Größen galten Ruhe und Bewegung. Laut der aristotelischen Lehre bewegt sich ein Körper, wenn auf diesen eine Kraft wirkt. Ein Körper ruht, wenn auf diesen keine Kraft wirkt.⁶⁵ Auf diesem Erbe baute die scholastische Physik auf. So umstritten es

⁶⁵ Ob diese Darstellung der aristotelischen Bewegungslehre gerecht wird, ist in der Forschung umstritten. Spezielle Fallstudien wie diejenige von Benjamin Gleede *Platon und Aristoteles in der Kosmologie des Proklos: ein Kommentar zu den 18 Argumenten für die*

war, ob ein Körper (durch eine äußere Kraft) bewegt wird oder sich von sich aus (durch eine inhärente Kraft) bewegt, d. h. *quantum in se*, es wurde nicht in Frage gestellt, dass die Kraft die Ursache der Bewegung ist.

Der Begriff der mathematischen Größe involvierte nicht nur die Unterscheidung zwischen kontinuierlichen und diskreten sowie zwischen extensiven und intensiven Größen⁶⁶, sondern implizierte immer auch die Frage nach Raum, Zeit und Kausalität.

Die Kraft als Ursache der Bewegungsänderung zu verstehen, wird seitens der Wissenschaftsgeschichte und -philosophie als ein deutlicher Bruch gewertet, für den die Mechanik Newtons Pate steht. Ob Ruhe oder Bewegung, fortan galt beides als Zustand. Die Bedingungen für diesen Richtungswechsel wurden durch die Algebraisierung und Arithmetisierung der Geometrie geschaffen, die ehemals als heterogen angesehene Größen zu vergleichen gestattete.⁶⁷ Unterschieden wurde nun, ob ein Körper in seinem Zustand verharrt oder ob sich sein Zustand ändert, und gestritten wurde darüber, ob die Zustandsänderung, d. h. die zeitliche Änderung des Bewegungs- bzw. Ruhezustandes eines Körpers, kurz: dessen Beschleunigung, durch eine Kraft bedingt ist, und ob gegebenenfalls diese Kraft eine von außen angreifende oder eine inhärente Kraft ist.

Descartes hatte, ausgehend vom Postulat der Erhaltung der Bewegung, die *quantitas motus* als das Produkt von Ausdehnung und dem Betrag der Geschwindigkeit bestimmt. In kritischer Abgrenzung zu Descartes hatte Newton in seinen *Principia* die *quantitas motus* neu definiert als das Produkt von

Ewigkeit der Welt bei Johannes Philoponos (Gleede 2009) oder größere Rundumschläge wie derjenige von Klaus-Jürgen Grün *Vom unbewegten Bewegten zur bewegenden Kraft. Der pantheistische Charakter der Impetustheorie im Mittelalter* (Grün 1999) zeigen jedenfalls die Komplexität der Aristoteles-Interpretation und -Tradition, auf die hier mitnichten eingegangen werden kann.

⁶⁶ Als extensive Größen gelten in der heutigen Physik diejenigen Größen, die skalenabhängig sind, z. B. Masse und Volumen. Intensive Größen, z. B. Temperatur, sind hingegen skaleninvariant. Die Unterscheidung zwischen extensiven und intensiven Größen hat eine lange und komplexe, über die Physik hinausreichende Geschichte. Meines Wissens fehlt bis heute eine Monographie, die dieses Thema in seiner historischen Breite und inhaltlichen Tiefe im Schnittfeld von Philosophie und Wissenschaft untersucht. Erich Kleinschmidts Publikation *Die Entdeckung der Intensität: Geschichte einer Denkfigur im 18. Jahrhundert* (Kleinschmidt 2004) wird diesem Anspruch nicht gerecht. Darüber, dass der Autor Anneliese Maiers Pionierarbeit *Das Problem der intensiven Größe in der Scholastik* (Maier 1939) nicht zur Kenntnis nimmt, lässt sich angesichts der Fokussierung auf das 18. Jahrhundert hinwegsehen. Für eine fundiertere Einordnung des Themas in den mathematik- und physikgeschichtlichen Kontext wären Arbeiten wie Gernot Böhmes Artikel „Über Kants Unterscheidung von extensiven und intensiven Größen“ (Böhme 1974) zumindest hilfreich gewesen.

⁶⁷ Ein Beispiel: In dem auf Lemma X folgenden Scholium der *Principia* erläuterte Newton die Anwendung der Proportionenlehre auf die Vergleichung von „quantitates indeterminatae diversorum generum“ (Koyré/Cohen 1972, 81).

Masse (lat. *quantitas materiae*) und dem Geschwindigkeitsvektor und die Proportionalität zwischen der Bewegungsänderung (lat. *mutatio motus*) und der bewegendem Kraft (lat. *vis motrix*) konstatiert.⁶⁸

Newtons Theorie sah Raum und Zeit als absolute, substantiale Größen vor, Descartes' Theorie die Ausdehnung, Leibniz' Theorie die Kraft. Eine mathematisch fundierte, axiomatisch aufgebaute, in sich konsistente und experimentell gut bestätigte Theorie der Bewegung aufzustellen, war eine Herausforderung und eine Erblast, der sich die Generation nach Descartes, Newton und Leibniz zu stellen hatte. Vor diesem Hintergrund ist du Châtelets Antwort auf Newtons „Hypotheses non fingo“ zu lesen.

4.5.3 Du Châtelets Antwort

Um seiner Kritik an Newtons „Geometrical Metaphysics“⁶⁹ (Berkeley 1734, § 35) Nachdruck zu verleihen, griff George Berkeley zu einem viel zitierten architektonischen Topos (ebd.):

It must, indeed, be acknowledged, that he [Newton] used Fluxions, like the Scaffold of a building, as things to be laid aside or got rid of, as soon as finite Lines were found proportional to them. But then these finite Exponents are found by the help of Fluxions. Whatever therefore is got by such Exponents and Proportions is to be ascribed to Fluxions: which must therefore be previously understood. And what are these Fluxions? The Velocities of evanescent Increments? And what are these same evanescent Increments? They are neither finite Quantities, nor Quantities infinitely small, nor yet nothing. May we not call them the Ghosts of departed Quantities?

Berkeley warf Newton vor, die von ihm eingeführten unendlich kleinen Größen, „Fluxionen“ genannt, bildeten zwar das Gerüst seiner Methode, d. h. eine hypothetische Hilfskonstruktion. Aber dieses Gerüst sei alles andere als stabil.

⁶⁸ Geht man von der heutigen klassischen Mechanik aus, die die Kraft als Ursache der Beschleunigung und die Beschleunigung als deren Wirkung auffasst, hätte Newton statt von der *vis motrix* von der *vis acceleratrix* sprechen und sagen müssen, dass sich die beschleunigende Kraft zur bewegendem Kraft wie die Geschwindigkeitsänderung zur Bewegung bzw. zur Bewegungsgröße verhalte. Im Zusatz zu Definition VIII, die sich auf die Zentralkraft bezieht, stellt Newton hingegen fest, dass sich die beschleunigende Kraft zur bewegendem Kraft wie die Geschwindigkeit zur Bewegung verhalte: „Est igitur vis acceleratrix ad vim motricem ut celeritas ad motum. Oritur enim quantitas motus ex celeritate ducta in quantitatem Materiae, & vis motrix ex vi acceleratrice ducta in quantitatem ejusdem materiae“ (Koyré/Cohen 1972, 45).

⁶⁹ Der Ausdruck war zur damaligen Zeit nicht unüblich. Auch Leibniz sprach von „metaphysicam Geometriae (quam Caramuel Metageometriam vocaret)“ (Leibniz *GM IV*, 218).

Denn wie zuverlässig kann ein Gerüst sein, das aus „verschwindenden Inkrementen“ besteht, aus Größen, die weder endlich noch unendlich klein noch nichts sein sollen? Berkeley zufolge führte die Annahme der Existenz unendlich kleiner Größen auf einen Widerspruch. Du Châtelets Antwort auf die Herausforderung Berkeleys zeugt von einer kritischen Auseinandersetzung sowohl mit Newton als auch mit Leibniz: Wissenschaftliche Erkenntnis ist auf Hypothesenbildung angewiesen (*contra* Newton), soll sich aber nicht in Fiktionen versteigen (*contra* Leibniz). Sie fußt auf Prinzipien und stützt sich auf Hypothesen (Du Châtelet 1742, VIII):

Un des torts de quelques Philosophes de ce tems, c'est de vouloir bannir les Hypothèses de la Physique; elles y sont aussi nécessaires que les Echafauts dans une maison que l'on bâtit; il est vrai que lorsque le Bâtiment est achevé, les Echafauts deviennent inutiles, mais on n'auroit pu l'élever sans leur secours.⁷⁰

⁷⁰ Interessant ist die Rezeptionsgeschichte der Gerüstmetapher: Auf seiner italienischen Reise lernte Johann Wolfgang Goethe den Jesuiten François Jacquier kennen. Goethe berichtet in seiner Reisenotiz vom 25. Januar 1787 von der Begegnung mit Pater Jacquier auf der Trinità de' Monti in Rom (Goethe 1998, 166). Wie bereits erwähnt, hatte Jacquier, ein guter Freund du Châtelets und Voltaires, gemeinsam mit Thomas Le Seur Newtons *Principia* in drei Bänden neu herausgegeben und ausführlich kommentiert (Newton 1739–1742). Goethe kannte dieses Kompendium ebenso wie du Châtelets *Institutions physiques* und ihre *Principia*-Übersetzung. Es ist gut möglich, dass Goethe den Vergleich der Hypothesen mit einem Gerüst aus der Lektüre der *Institutions* du Châtelets übernommen hat: „Hypothesen sind Gerüste, die man vor dem Gebäude auführt, und die man abträgt, wenn das Gebäude fertig ist. Sie sind dem Arbeiter unentbehrlich; nur muß er das Gerüste nicht für das Gebäude ansehen“, so zu lesen in den *Maximen und Reflexionen* (Goethe 1982, 441). Es ist ebenso denkbar, mit Holger Helbig (Helbig 2004, 163) anzunehmen, dass Goethes Quelle Johann Joachim Winckelmanns Vorrede zur *Geschichte der Kunst des Alterthums* war. Winckelmann hob darin hervor, dass Hypothesen eine heuristisch wertvolle Stützfunktion übernehmen und so wichtig „sind wie das Gerüst zu einem Gebäude“ (Winckelmann 1764, § 21). Auch Winckelmann kannte du Châtelets Werk. Jedenfalls ist es dem Nationalheiligen Goethe zu verdanken, dass die Gerüstmetapher in der deutschsprachigen Philosophie zu einem Topos wurde. „Hypothesen sind aber wie Gerüste, die man zum Bauen braucht und abreißt, wenn das Gebäude vollendet ist“ (Troxler 1829, 167), schrieb beispielsweise Ignaz Paul Vital Troxler in seiner *Logik* Anfang des 19. Jahrhunderts. „Hypothesen sind Gerüste, die man vor dem Gebäude auführt, und die man abträgt, wenn das Gebäude fertig ist. Sie sind dem Arbeiter unentbehrlich; nur muß er das Gerüste nicht für das Gebäude ansehen“ (Frank 1917, 65), zitierte Philipp Frank Anfang des 20. Jahrhunderts Goethe. Bis heute wird die besagte Metapher gebraucht, so von Rüdiger Thiele: „Lassen Sie mich die naturwissenschaftliche Beschreibung des Weltgeschehens, wie es Hilbert vorgenommen hat, mit dem Bild eines im Aufbau befindlichen Hauses vergleichen, das hierfür notwendigerweise mit einem Gerüst versehen ist, enden. Je größer das Haus ist, desto wichtiger wird das Gerüst sein. Die Mathematik dient für den Aufbau des Gebäudes der theoretischen Physik als ein solches unerlässliches Gerüst, und die Variationsrechnung liefert wichtige Träger, Stützen

Du Châtelet stimmte Berkeley zu: Hypothesen haben eine Stützfunktion für eine Theorie, vergleichbar mit dem Gerüst eines Hauses. Sie sind ein fester Bestandteil der *ars inveniendi* bzw. der «art d’inventer» (ebd., § 71), unerlässlich für Erkenntnisgewinn und für wissenschaftliche Forschung (ebd., § 54):⁷¹

Ce seroit donc faire un grand tort aux sciences, & retarder infiniment leurs progrès que d’en bannir avec quelques Philosophes modernes, les hypothèses.

Man würde der Wissenschaft schaden und ihren Fortschritt hemmen, wenn man den Gebrauch von Hypothesen verböte oder darauf verzichtete. Zwar braucht man, sobald ein Haus fertiggestellt ist, das Gerüst nicht mehr. Aber es zeugte von anmaßender Naivität, würde man behaupten wollen, man hätte den Bau der Wissenschaft jemals beendet, vollendet oder abgeschlossen und die «grand ressort» gefunden.

Mit der Betonung der heuristischen Relevanz von Hypothesen ist noch nicht geklärt, was unter Hypothesen überhaupt zu verstehen ist. Hypothesen müssen gewisse Kriterien erfüllen, um als solche bezeichnet zu werden. Anhand dieser Kriterien lässt sich der Begriff „Hypothese“ definieren. Gemäß du Châtelet basieren diese Kriterien auf Prinzipien. Sie sind Bewertungsmaßstäbe für Hypothesen. Als solche fungieren das Prinzip des Widerspruchs und das Prinzip des zureichenden Grundes. Das Widerspruchsprinzip besagt (ebd., § 4):

On appelle *Contradiction*, ce qui affirme & nie la même chose en même tems; ce principe est le premier Axiome, sur lequel toutes les vérités sont fondées. [...] Cet Axiome est le fondement de toute certitude dans les connoissances humaines.

Mittels des Kriteriums der Widerspruchsfreiheit lasse sich, so du Châtelet, Unmögliches von Möglichem unterscheiden (ebd., § 5):

Il suit de ce que l’on vient de dire que l’Impossible est ce qui implique contradiction, & le possible ce qui ne l’implique point.

und Streben für diese Halterung. Trotzdem darf man das Gerüst nicht mit dem Bauwerk selbst verwechseln“ (Thiele 2005, 154).

⁷¹ Um die heuristische Relevanz von Hypothesen herauszustellen, führte du Châtelet eine Reihe von Beispielen an: Christiaan Huygens Hypothese des Saturnringes, die Keplergesetze, das kopernikanische Weltsystem, die Division mit Rest, das Differentialkalkül (ebd., § 58 f.). Die Beispiele machen deutlich, dass für du Châtelet Hypothesen auch in der Mathematik vorkommen. Im Gegensatz dazu war Immanuel Kant, dass die Mathematik neben der Metaphysik zu den Wissenschaften zählt die hypothesenfrei sind: „Es giebt Wissenschaften, die keine Hypothesen erlauben, wie z. B. die Mathematik und Metaphysik. Aber in der Naturlehre sind sie nützlich und unentbehrlich“ (Kant *AA IX*, 86).

Das Prinzip des Widerspruchs sei zwar das « fondement de toute certitude », aber nur hinreichend in Bezug auf notwendige Wahrheiten (frz. « vérités nécessaires »). Um kontingente Wahrheiten (frz. « vérités contingentes ») zu begründen, reiche es nicht aus (ebd., § 7). Man kann z. B. davon träumen, dass sich ein Stuhl in ein geflügeltes Pferd verwandelt, dass man Verstorbenen begegnet, Zeitreisen unternimmt u. dgl. Dies ist nichts Widersprüchliches. Aber in unserer Welt kann es dies alles nicht geben; denn es wäre kein zureichender Grund dazu vorhanden (ebd., § 9). Ohne dem Prinzip des zureichenden Grundes ließe sich eine fabelhafte Welt (frz. « monde fabuleux ») nicht von unserer realen Welt und Wirklichkeit (frz. « monde réel ») unterscheiden. Gleichwohl alles, was widerspruchsfrei ist, möglich ist, ist nicht alles, was möglich ist, wirklich. Da alles, was existiert, notwendig möglich ist, könne man von der Existenz eines Gegenstandes oder Sachverhalts auf seine Möglichkeit schließen, aber nicht von seiner Möglichkeit auf dessen Existenz (ebd., § 9):

Vous avez vu ci-deffus, que tout ce qui n'implique point contradiction est possible; mais il n'est pas actuel. Il est possible, par exemple, que cette table qui est quarrée devienne ronde, cependant cela n'arrivera peut-être jamais; ainsi tout ce qui existe étant nécessairement possible, on peut conclure de l'existence à la possibilité, mais non pas de la possibilité à l'existence. Afin qu'une chose soit, il ne suffit donc pas qu'elle soit possible, il faut encore que cette possibilité ait son accomplissement, & c'est ce qu'on appelle *Existence*.

Aus dem Prinzip des zureichenden Grundes folgen das Prinzip des nicht zu Unterscheidenden (frz. « principe des indiscernables ») und das Gesetz der Kontinuität (frz. « loi de continuité »). Ersteres besagt, dass es keine zwei (einfachen) Dinge geben kann, die in jeder Hinsicht voneinander ununterscheidbar sind. In Wirklichkeit ist jedes Einzelne und Einfache auch einzigartig.

In diesem Zusammenhang verweist du Châtelet auf folgende berühmte Anekdote: Als Leibniz mit der Kurfürstin von Hannover in den Gärten von Herrenhausen spazieren ging, soll er behauptet haben, man würde von den unzähligen Blättern der Bäume keine finden, die sich in jeder Hinsicht gleich sind. Vielleicht mögen dem einen oder anderen gewisse Blätter ähnlich vorkommen. Das bloße Auge kann täuschen, die Sinne trügen. Würden man das Mikroskop zur Hand nehmen, würde man leicht Unterschiede feststellen (ebd., § 12). Doch damit würde nur experimentell bestätigt, was vor aller Erfahrung, als deren Bedingung, bereits feststeht. Denn gäbe es zwei Dinge, die sich einander vollkommen ähnlich wären, würde dies das Kausalprinzip verletzen. Nicht Ähnlichkeits-Relationen, sondern Ursache-Wirkungs-Relationen seien für das

Da-Sein und So-Sein der Dinge konstitutiv. Eine bestimmte Wirkung kann niemals zwei verschiedene Ursachen haben, und umgekehrt. Wäre die Wirkung verschieden, so würde es sich auch um eine andere Ursache handeln.

Das *loi de continuité* besagt, dass alle Bewegung und Veränderung stetig und kontinuierlich ist. Die Natur macht keine Sprünge. „Natura non facit saltum.“ Oder, wie es in den *Institutions physiques* heißt: « c'est lui qui nous enseigne que rien ne se fait par saut dans la Nature » (ebd., § 13). Eine diskontinuierliche Bewegung sei, so du Châtelet, eine *contradictio ad iniectio*. Denn dies würde bedeuten, dass der Übergang von dem vorhergehenden zu dem darauffolgenden Zustand durch einen dritten Zustand zwischen dem einen und dem anderen möglich wäre. Das würde die Kausalkette, die Zeitreihe und die Zahlfolge außer Kraft setzen. Aus dem Kausalprinzip folgt wiederum dasjenige der Erhaltung.⁷² Im Kantischen Sinne handelt es sich beim Erhaltungsprinzip um ein regulatives Prinzip, welches eine Bedingung der Möglichkeit der empirischen Erforschung physikalischer Prozesse darstellt. Wie jedes Prinzip ist auch dasjenige der Erhaltung keine empirische Aussage a posteriori, welches aus experimenteller Beobachtung und Erfahrung gewonnen und bestätigt wird. Es ist (empirisch) weder verifizierbar noch falsifizierbar, sondern der wissenschaftlichen Theoriebildung und -begründung vorauszusetzen.

Du Châtelets Ausführungen zum Prinzip des Widerspruchs und dem Prinzip des zureichenden Grundes erinnern nicht zufällig an Leibniz. Explizit verweist du Châtelet auf dessen Arbeiten, so auf dessen *Essais de Théodicée* (Leibniz 1710) und auf den Briefwechsel mit Samuel Clarke (Leibniz 1989). Wie Leibniz unterschied du Châtelet zwischen notwendigen und kontingenten Wahrheiten anhand beider Prinzipien, wie Leibniz führte sie das Ununterscheidbarkeits- und das Kontinuitätsprinzip auf das « principe de la raison suffisante » zurück und wie Leibniz rechtfertigte sie dadurch das Rechnen mit unendlich kleinen Größen. Zwar gibt sie keine ausführliche Darstellung der Differential- und Integralrechnung Leibniz', doch trifft sie deren Kernpunkt, wenn sie feststellt, dass die Ruhe als eine sehr kleine Bewegung und die Gleichheit als eine unendlich kleine Ungleichheit zu verstehen sei (ebd., § 16).⁷³

⁷² Dass aus dem Kausalprinzip das Erhaltungsprinzip folgt, ist die gängige, aber nicht unumstrittene Auffassung. Man findet in der Literatur auch die umgekehrte Meinung, dass das Erhaltungsprinzip „die kausale Geschlossenheit der physischen Welt begründet“ (Ferber 2003, 139). Die Frage, ob das Kausalprinzip dem Erhaltungsprinzip vor- oder nachgeordnet ist, hängt, modern gesprochen, mit Fragen zur Raum-Zeit-Symmetrie bzw. mit der Invarianz physikalischer Gesetze unter Symmetrietransformationen zusammen.

⁷³ Streng genommen hätte du Châtelet an dieser Stelle von der Ruhe nicht als sehr kleiner Bewegung, sondern als unendlich kleiner Bewegung sprechen müssen: « de forte même qu'on peut considérer le repos comme un mouvement très-petit, & l'égalité comme une in'égalité infiniment petite » (Du Châtelet 1742, § 16).

Bei aller Leibniz-Nähe, darf man nicht vergessen, dass dieser über den „Mittelsmann“ Christian Wolff der Impulsgeber für du Châtelet war. Wolffs monumentales lateinisches Werk *Philosophia prima, sive ontologia* (Wolff 1730) beginnt mit einer ausführlichen Besprechung der Prinzipien des Widerspruchs und des zureichenden Grundes. Sie dienen als Kriterien, um Mögliches und Unmögliches zu bestimmen und voneinander abzugrenzen. Was einen Widerspruch enthalte, sei unmöglich, möglich hingegen, was keinen Widerspruch aufweise.⁷⁴ Im Anschluss wird dargelegt, warum das Prinzip des zureichenden Grundes ein „Rationem determinantem“ (ebd., § 85) sei, anhand dessen sich Bestimmtes von Unbestimmtem unterscheiden und für den Determinismus argumentieren lässt.

Erst jetzt, nach über hundert Seiten, kommt Wolff zum Kernpunkt seiner *Philosophia prima*, zum Begriff des Seienden („De notione entis“). Was unmöglich sei, könne nicht existieren. Was möglich sei, könne existieren.⁷⁵ Möglichkeit ist aber kein zureichender Grund für Existenz bzw. Wirklichkeit. Damit etwas, was möglich ist, auch wirklich wird, bedarf es einer Kraft. Wirklichkeit ist die „Erfüllung“ der Möglichkeit, wie in der *Deutschen Metaphysik*, den *Vernünftigen Gedancken von Gott, der Welt und der Seele des Menschen* zu lesen ist: „Und diese Erfüllung der Möglichkeit ist eben dasjenige, was wir Wirklichkeit nennen“ (Wolff 1720, § 14). Im Lateinischen heißt es: „Dicitur existentia etiam Actualitas“ (Wolff 1730, § 174).

Hinter dieser Argumentation steht nicht weniger als bei Leibniz der Gedanke eines zielbezogenen Strebens, welches allem, was es gibt, innewohnt. Der Gedanke selbst ist ein antikes Erbe und hat im aristotelischen Entelechiebegriff seine Vorbildfunktion. Wolffs damit verbundener Reformanspruch einer metaphysischen Grundlegung wissenschaftlicher Erkenntnis war jedoch weniger ein Bekenntnis zu Leibniz, als eine Antwort auf die Newtonsche Herausforderung.⁷⁶ Das machte Wolff für du Châtelet interessant, aber du Châtelet deshalb

⁷⁴ Um das lateinische Original zu zitieren: „Impossibile dicitur, quicquid contradictionem involvit“ (Wolff 1730, § 79). Hingegen: „Possibile est, quod nullam contradictionem involvit“ (ebd., § 85).

⁷⁵ Um erneut das lateinische Original zu zitieren: „Quod impossibile est, existere nequit“ (Wolff 1730, § 132). Hingegen: „Quod possibile est, illud existere potest“ (ebd., § 133).

⁷⁶ Man mag sich darüber streiten, ob sich tatsächlich „die methodische Grundlegung, auf die Wolff sehr viel Gewicht legt, [...] von Leibniz ziemlich unabhängig“ zeigt, wie Heinrich Gustav Steinmann meint. Wolffs eigenem Bekunden höre jedenfalls sein System dort auf, wo Leibniz' Lehre anfange, bei der Monadologie. Deshalb kommt Steinmann zu dem Schluss: „Man geht wohl nicht fehl in der Annahme, daß diese Ablehnung jeder Theorie über die inneren Zustände und Eigenschaften der materiellen Elemente, die ausdrückliche Beschränkung der Untersuchung auf das, was die demonstrative, d. h. die mathematische Physik notwendig an ihnen voraussetzt, auf den Einfluß Newtons und seiner Schule zurückgeht“ (Steinmann 1913, 60).

nicht zur Wolffianerin. Die Marquise erhoffte sich bei Wolff Klärungsansätze elementarer Fragen der Mechanik Newtons zu finden, die ihr die „eingefleischten“ Newtonianer in ihrem Umkreis, wie Voltaire oder Maupertuis, nicht bieten konnten. Die Bekanntschaft und Zusammenarbeit mit dem Schweizer Johann Samuel König hieß du Châtelet deshalb zunächst sehr willkommen, hätte es nicht den unschönen Plagiatsvorwurf Königs gegenüber der Marquise und die von Maupertuis gesponnenen Intrigen gegeben, die das Verhältnis beider schon bald überschatteten.

Diese Zwistigkeiten sowie der spätere Streit um das Prinzip der kleinsten Wirkung machten eine vorurteilsfreie und sachliche Auseinandersetzung mit den Inhalten der Beiträge, die du Châtelet in gleicher Weise wie König für die Forschung ihrer Zeit lieferten, nicht nur schwierig, sondern ließen eine solche in den Hintergrund treten. So fragmentarisch uns sowohl das Werk du Châtelets als auch dasjenige Königs erhalten geblieben ist, lässt sich anhand beider das stereotype Bild widerlegen, demzufolge sich in der Philosophie des 18. Jahrhunderts Empirismus und Rationalismus unversöhnlich gegenüberstanden und sich die Entwicklung der Mechanik fern ab dieses Kampfplatzes vollzog.⁷⁷

König legte in seiner Antrittsvorlesung an der friesländischen Universität Franeker am 26. April 1746 *Oratio inauguralis, de optimis Wolfiana et Newtoniana, philosophandi methodis: earumque amico consensu* (König 1749) am Beispiel der Methodenlehre Wolffs ausführlich dar: Induktion und Deduktion sind zwei sich wechselseitig bedingende Verfahren der Erkenntnisgewinnung und -begründung. Das sei laut König die Quintessenz der mathematischen Methode Wolffs, die mit Newtons Methode in seinen *Principia* konform gehe.⁷⁸ Man beginnt mit Definitionen (Erklärungen) und Axiomen (Grundsätzen), leitet daraus Theoreme (Lehrsätze) ab und löst so Problemata (Aufgaben); ihnen schließen sich Korollarien (Zusätze) und Scholien (Anmerkungen) an.

⁷⁷ Korrekterweise sollte man hinzufügen, dass heute ein breiter Konsens über die Vielschichtigkeit des Transformationsprozesses Leibnizschen und Newtonschen Gedankengutes und deren Konglomeration in der Philosophie und Wissenschaft des 18. Jahrhunderts besteht. Ein instruktives Beispiel ist Andre Charraks Studie *Contingence et nécessité des lois de la nature au XVIIIe siècle: La philosophie seconde des Lumières* (Charrak 2006), insbesondere das Kapitel « Les transformation des thèses leibniziennes au XVIIIe siècle ».

⁷⁸ Heinrich Gustav Steinmann zählt zu den wenigen Ausnahmen, die Königs Antrittsvorlesung zu würdigen wissen. In seiner Dissertation *Über den Einfluss Newtons auf die Erkenntnistheorie seiner Zeit* ist zu lesen: „Samuel König war es, der sich der stark befehdeten Wolff’schen Lehre annahm. Er faßte Wolff hauptsächlich von der empiristischen Seite auf und sah auch sehr wohl die Vereinbarkeit der Idee einer Universalwissenschaft mit der Newton’schen Auffassung. So wird es ihm nicht schwer in seiner Antrittsrede in Franeker zu zeigen, daß die beiden besten Methoden der Philosophie, die Wolff’sche und Newton’sche, völlig miteinander verträglich sind; das letzte Wort aller Methodenlehre bleibt auch für ihn die systematische Vereinigung von Induktion und mathematischer Deduktion“ (Steinmann 1913, 68f.).

Wolff selbst stellte seine Methode ausdrücklich in die Tradition des neuzeitlichen Ideals, *more geometrico* vorzugehen, d. h. nach dem Vorbild der antiken *Elemente* bzw. der *Στοιχεῖα* Euklids. Was wir heute als Axiome der euklidischen Geometrie bezeichnen, untergliederte Proklos, dessen Euklid-Kommentar aus dem 5. Jahrhundert n. Chr. eine maßgebliche Rolle für die Überlieferung und nicht zuletzt für die Rezeption seitens Wolffs spielte, in Definitionen, Postulate und Axiome.⁷⁹ Anhand der Definitionen (altgriech. ὅροι; lat. *definitiones*) werden Grundbegriffe (wie „Punkt“, „Linie“ und „Fläche“) eingeführt, mittels der Postulate (altgriech. αἰτηέματα; lat. *postulata*) Konstruktionsforderungen formuliert, z. B., dass von Punkt zu Punkt eine Strecke zu ziehen sei. Die Axiome (altgriech. κοινὰ ἔννοια; lat. *communes notiones*) unterscheiden sich von den Postulaten dadurch, dass sie keine Konstruktionsbedingungen stellen. Grosso modo handelt es sich um Aussagen über Verhältnisse zwischen Teilen zueinander und zum Ganzen, wie „Ein Teil ist kleiner als sein Ganzes“.⁸⁰

An dieser Klassifikation orientierte sich Wolff. Er deutete jedoch die euklidische Methode um. *Communes notiones* sind bei ihm „Grundbegriffe“, Axiome „Grundsätze“, Definitionen „Erklärungen“. Etwas zu erklären bedeutet, Folgen auf Gründe, Wirkungen auf Ursachen zurückzuführen. Da wir jedoch nie alle Ursachen und Gründe kennen, haben Erklärungen stets nur hypothetische Gültigkeit. Da Erklärungen neben den Grundbegriffen und Grundsätzen am Anfang eines deduktiven Systems stehen, fließen hypothetische Annahmen in die Axiomatik mit ein, verleihen ihr aber keinen ausschließlich hypothetischen Charakter. Denn sie bilden nur einen Teil der Axiome.

Du Châtelets Architektonik der wissenschaftlichen Erkenntnis verbindet Empirie mit Axiomatik. Ihre Metaphysik als Wissenschaft war, wie Ruth Hagen-

⁷⁹ Die Tradierung, Übersetzung und Kommentierung Euklids ist ein Forschungsfeld für sich. Hier sei nur so viel gesagt: Proklos las und kommentierte Euklid durch die Brille der platonischen Dialektik. In Abgrenzung zur Sophistik war für Platon die Kunst der Gesprächsführung (altgriech. διαλεκτικὴ τέχνη) eine Methode, um Erkenntnis zu gewinnen (altgriech. διαλεκτικὴ ἐπιστήμη). Sie diente der Erforschung der Prinzipien in gleicher Weise wie der Wahrheitsfindung und sie fiel mit „Ideenforschung“ zusammen. Der renommierte Mathematikhistoriker und Altphilologe Árpád Szabó hat in vielen Arbeiten, etwa in seinem Klassiker *Anfänge der griechischen Mathematik* (Szabó 1969), hervorgehoben, dass die axiomatische Methode der antiken Geometrie aus der Dialektik hervorging. Am Anfang eines Diskurses wird eine Behauptung aufgestellt, deren Richtigkeit man unterstellt und die man für zweifelsfrei wahr und gewiss hält. Szabó zufolge meinte „Axiom“ ursprünglich nichts anderes als eine allgemein anerkannte Annahme. Man darf allerdings nicht vergessen, dass im Fall der axiomatischen Methode vorausgesetzt wird, was im Fall der Dialektik für begründungs- und beweisbedürftig gehalten wird: die Wahrheit der Axiome.

⁸⁰ Zur Vertiefung eignet sich Markus Schmitz' Studie *Euklids Geometrie und ihre mathematiktheoretische Grundlegung in der neuplatonischen Philosophie des Proklos* (Schmitz 1997).

gruber sagt, als ein „offenes System“ bzw. als “open system” (Hagengruber 2012b, 22) konzipiert. Du Châtelet hielt eine zweifelsfrei sichere Grundlegung der Erkenntnis für möglich und wichtig, war aber ebenso davon überzeugt, dass Fehler und Irrtum Bedingung der Möglichkeit für Erkenntnisgewinn seien.

Zum einen soll die Grundlegung wissenschaftlicher Theorien auf einem sicheren Fundament erfolgen. Als Grundpfeiler, die die Tragfähigkeit einer Theorie gewährleisten, fungieren du Châtelet zufolge die Prinzipien des Widerspruchs und des zureichenden Grundes. Deren Gültigkeit setzte du Châtelet als *conditio sine qua non* wissenschaftlicher Theoriebildung voraus und explizierte deren Anwendung an Hand einer Reihe von Beispielen. Zum anderen soll der Theoriegenese als einer Methode von Versuch und Irrtumsberichtigung Beachtung geschenkt werden.

In diesem Zusammenhang wies du Châtelet Hypothesen einen „in-between status“ (Hayes 1999, 109) zwischen « expérience » und « démonstration » zu, wie Julie Candler Hayes sagt.⁸¹ In den *Institutions physiques* ist zu lesen (Du Châtelet 1742, § 56):

Ainsi, les Philosophes établissent des hypothèses pour expliquer par leur moyen les Phénomènes dont nous ne sommes point encore en état de découvrir la cause par l'Expérience, ni par la démonstration.

Die Prinzipien des Widerspruchs und des zureichenden Grundes begründen nach du Châtelet nicht nur die Erkenntnis. Sie sind regulative Leitlinien und Handlungsmaxime für die wissenschaftliche Forschung und Theorienkonstruktion im „Labyrinth des Kontinuums“⁸² und Prüfstein zur Richtigstellung von Hypothesen.⁸³ So bedeute das Prinzip des Widerspruchs als Handlungsregel (ebd., § 6):

⁸¹ Die Vermittlungsrolle zwischen Erkenntnis a priori und a posteriori stellt Ruth Hagengruber mit folgenden Worten heraus: “Hypotheses are the chosen instruments for approaching knowledge, as neither a priori nor a posteriori knowledge is sufficient for acquiring a more extensive understanding. Experience itself is not the archimedic starting point for gaining knowledge; it is a means to accomplish the a priori” (Hagengruber 2012b, 23).

⁸² Bekannt und viel zitiert ist Leibniz’ Brief vom 19. Januar 1706 an Burchard de Volder: „Nos vero idealia cum substantiis realibus confundentes, dum in possibilitium ordine partes acutales, et in actualium aggregato partes indeterminatas quaerimus, in labyrinthum continui contradictionesque inexplicabiles nos ipsi induimus“ (Leibniz *GP II*, 282).

⁸³ In seinem Ende des 19. Jahrhunderts erschienenen Artikel „Zur Geschichte der Schätzung der lebenden Kräfte“ im *Philosophischen Jahrbuch* hob Joseph Bach hervor, dass „namentlich die Befolgung der beiden Grundgesetze der Logik, des Gesetzes des Widerspruchs und des Gesetzes des hinreichenden Grundes“ die Marquise „bei jeder Gelegenheit als den Prüfstein zur Richtigstellung von Hypothesen in der Physik“ (Bach 1896, 413) gebrauchte. Der Titel des Aufsatzes ist missverständlich, da sich die Arbeit ausschließlich mit den *Institutions physiques* auseinandersetzt.

Il naît de la définition de l'impossible que je viens de vous donner, une règle bien importante, c'est que lorsque nous avançons qu'une chose est impossible, nous sommes tenus de montrer qu'on y nie, & qu'on y affirme la même chose en même tems, ou bien qu'elle est contraire à une vérité déjà démontrée.

Das Prinzip des zureichenden Grundes diene als „Kompaß“, der uns durch den Trieb sand der Metaphysik führe (ebd., XII):

mais il me semble qu'il nous fourni dans le principe de la raison suffisante, une boussole capable de nous conduire dans les fables mouvans de cette science.

Das Prinzip des zureichenden Grundes impliziert in seiner klassischen Auslegung einen ontologischen Determinismus in dreierlei Hinsicht. Erstens fordert es einen kausalen Determinismus, was heißt, dass jede Ursache eine Wirkung hat und dass gleiche Ursachen gleiche Wirkungen haben. Ursachen und Wirkungen können damit einander umkehrbar eindeutig zugeordnet werden, was die Grundlage der Mathematisierbarkeit physikalischer Kausalprozesse und deren Interpretation mittels Relation, Funktion und Abbildung liefert. Indeterministische Verursachung sowie unverursachte Ereignisse sind ausgeschlossen.

Zweitens besagt das Prinzip, dass jeder Grund eine Folge hat und drittens, dass jede Aussage wahr oder falsch ist. So gesehen stellt es die Bedingung und Voraussetzung dafür dar, dass die Frage nach Ursachen und Gründen und nach der Wahrheit von Behauptungen überhaupt berechtigt, die Suche danach sinnvoll und deren Erforschung zielführend ist. In Bezug auf Hypothesen bedeutet dies, dass diese wahr sein können. Sie sind der Wahrheit „fähig“. Sie können wahr sein, sie müssen es aber nicht sein. Sie können auch falsch sein.

Die Wahrheitsfähigkeit und damit ipso facto auch die Fallibilität von Hypothesen zeichnet diese aus als wahrscheinliche Aussagen, als « propositions probables » (ebd., § 57). Je weniger gut man eine Hypothese begründen kann, desto unwahrscheinlicher sei sie laut du Châtelet. Um so wahrscheinlicher sei sie, je mehr durch sie erklärt wird und desto besser sie sich bewährt hat.⁸⁴

⁸⁴ Derselben Meinung war Christian Wolff: „Wenn wir von einem Satze einigen Grund, jedoch keinen zureichenden haben: so nennen wir ihn wahrscheinlich“ (Wolff 1720, § 399). Gemäß Immanuel Kant können wir durch Hypothesen „nie zu einer apodiktischen Gewißheit, sondern immer nur zu einem bald größern, bald geringern Grade der Wahrscheinlichkeit in unserm Erkenntnis gelangen“ (Kant *AA IX*, 84). In den letzten Jahren und Jahrzehnten sind einige Bücher erschienen, die die unterschiedlichen Konzepte zur Hypothesenwahrscheinlichkeit im 18. Jahrhundert beleuchten, so die von Carlos Spoerhase, Dirk Werle und Markus Wild herausgegebene Sammelpublikation *Unsicheres Wissen: Skeptizismus und Wahrscheinlichkeit 1550–1850* (Spoerhase/Werle/Wild 2009) oder Rüdiger Cam-

Entweder ist die Hypothese als ganze zu verwerfen oder nur Teile von ihr (ebd., § 64). Als Beispiel für den ersten Fall führt du Châtelet die Hypothese an, dass sich die Sonne um die Erde dreht. Als Beispiel für den zweiten Fall nennt sie die Wirbeltheorie Descartes'. Sowohl Huygens als auch Newton haben gezeigt, dass gewisse Behauptungen der Wirbeltheorie Descartes' mit den Keplerschen Gesetzen inkompatibel sind. Daraus lasse sich jedoch nicht der Schluss ziehen, dass es keine Wirbel gibt, die als Ursache für die Bewegung ferner Massen in Frage kommen (ebd., § 65). Die Theorie Newtons sei im Vergleich zu derjenigen Descartes' aber die bessere, da sie ein und denselben Sachverhalt, wie die Gezeiten, auf Basis weniger unbegründeter (unbewiesener) Prämissen verständlicher erkläre (ebd., § 359).

Du Châtelets Kerngedanke war, die Bewegungsgesetze Newtons, die sie als Hypothesen ansah, auf ein einziges Prinzip zu fundieren, auf das Prinzip des zureichenden Grundes. Dieses Vorhaben scheiterte aber letztlich am absoluten Raum- und Zeitbegriff Newtons. Du Châtelet verwarf die Newtonsche Raum- und Zeitauffassung zugunsten des relationalen Raum- und Zeitbegriffes, da ihrer Meinung der absolute Raum und die absolute Zeit dem « principe de raison suffisante » widersprachen. Die Crux war: Die Möglichkeit der Feststellung sowohl des Trägheitsverhaltens als auch der geradlinigen Bewegung der Körper setzt ein absolutes Bezugssystem voraus, dessen Koordinaten absolute Orte und entsprechend absolute Abstände benennen. Analoges gilt für die Anordnung von Zeitmomenten und Länge von Zeitintervallen. Das Prinzip des zureichenden Grundes war, anders gesagt, zu schwach, um die Rotationsbewegung und damit das Auftreten zentrifugaler Kräfte bei der Kreisbewegung zu erklären. In folgendem Kapitel gilt es dies näher auszuführen.

pes Studie *Spiel der Wahrscheinlichkeit: Literatur und Berechnung zwischen Pascal und Kleist* (Campe 2002). Die Beiträge kommen übereinstimmend zu dem Ergebnis, dass Hypothesenwahrscheinlichkeit die Antwort auf das Humsche Problem der Induktion war, die Ausarbeitung einer mathematischen Theorie des induktiven Schließens, wie sie etwa von Jakob Bernoulli vorgelegt wurde, aber die Ausnahme blieb. Auch du Châtelet hat keine solche Theorie entwickelt.

5 Von der Metaphysik als Wissenschaft zur Bewegungslehre

Ging es im vorigen Kapitel darum, die Struktur und den Inhalt des architektonischen Programms, welches Émilie du Châtelet in ihren *Institutions physiques* entwickelt hat, vorzustellen und zu diskutieren, richtet sich in diesem Kapitel der Fokus auf dessen Anwendungsrelevanz hinsichtlich der Grundgesetze und Grundbegriffe der Mechanik.

In der heutigen Schulphysik wird die klassische Mechanik als ein in sich konsistentes System von aufeinander aufbauenden Axiomen und Definitionen präsentiert, aus dem mit Hilfe mathematischer Ableitungen Theoreme zur Berechnung von beliebigen Bewegungsabläufen mit je spezifischen Anwendungsfällen gewonnen werden. Diese Lehrpraxis darf nicht darüber hinwegtäuschen, dass der axiomatische Status der Bewegungsgesetze und die Bedeutung der in ihnen enthaltenen Definitionen immer schon höchst umstritten war.

Du Châtelets Ansatz zeigt einen Weg auf, sich dieser Problematik lösungsorientiert zu nähern. Zu klären sind die Bedingungen und Kriterien, denen eine Formulierung der Axiome und Definitionen unterliegt. Du Châtelet zufolge war den Bewegungsgesetzen das Prinzip des zureichenden Grundes bzw., im engeren Sinne, das Kausalprinzip als Voraussetzung für deren Geltung zu unterstellen. Newton kritisierend schloss sie daraus auf die Unmöglichkeit einer Fernkraft und eines Kraftverlustes. Mit diesem Vorgehen stellte du Châtelet wichtige Weichen für die Weiterentwicklung der Mechanik im 18. Jahrhundert.

5.1 Von den Grundgesetzen der Mechanik

In den heutigen Lehrbüchern zur klassischen Mechanik gilt die Mechanik Newtons bzw., besser, die Newton-Mechanik, als das Standardmodell zur Berechnung und Vorhersage des Bewegungsverlaufes beliebiger materieller Objekte. Diese werden idealisiert durch Punkte im dreidimensionalen euklidischen Raum dargestellt. Ein Massenpunkt (Körper) verharrt im Zustand der Ruhe oder geradlinig gleichförmigen Bewegung, wenn keine Kraft auf ihn wirkt. Es gilt:

$$\vec{v} = \textit{konst. für } \vec{F} = 0$$

Wirkt auf den Massenpunkt (Körper) eine Kraft, wird er beschleunigt. Es gilt:

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

Mathematisch gesprochen suchen wir nach einer Differentialgleichung für die Bahnkurve $x(t)$, wobei die Beschleunigung \vec{a} die zweite Ableitung der Bahnkurve $x(t)$ nach der Zeit (Änderung der Geschwindigkeit) ist:

$$\vec{F}(x(t)) = m \frac{d^2}{dt^2} x(t) = \frac{d}{dt} m\vec{v}$$

Einem Urteil Albert Einsteins zufolge war „die klare Konzeption des Differentialgesetzes [...] eine der größten geistigen Taten Newtons“ (Einstein 1927, 273). In derselben renommierten Zeitschrift *Die Naturwissenschaften* hatte Arthur Haas einige Jahre zuvor Newtons *Principia* als Musterbeispiel für den axiomatisch-deduktiven Aufbau einer physikalisch-mathematischen Theorie nach euklidischem Vorbild hervorgehoben (Haas 1919, 744).¹

In den acht Definitionen (einschließlich dem *Scholium*) werden die Grundbegriffe der Mechanik festgelegt und spezifiziert: Materiequantität bzw. lat. *quantitas materiae* (Definition I), Bewegungsquantität bzw. lat. *quantitas motus* (Definition II), inhärente Kraft bzw. lat. *vis insita* (Definition III), eingedrückte Kraft bzw. lat. *vis impressa* (Definition IV), Zentripetalkraft bzw. lat. *vis centripeta* (Definition V). Die Definitionen VI–VIII beziehen sich auf die Zentripetalkraft. Newton charakterisiert die Zentripetalkraft quantitativ durch drei Maße: die absolute Größe (lat. *quantitas absoluta*), die beschleunigende Größe (lat. *quantitas acceleratrix*) und die bewegende Größe (lat. *quantitas motrix*). Im Zusatz zu Definition VIII stellt Newton fest, dass man diese Quantitäten der Kräfte auch als Bewegungskräfte (lat. *vires motrices*), Beschleunigungskräfte (lat. *vires acceleratrices*) und absolute Kräfte (lat. *vires absolutas*) bezeichnen kann.

Im Grunde genommen haben die Definitionen den Zweck, die Bedeutung von Materie und Kraft zu klären. In dem drauffolgenden *Scholium* werden „Zeit“ und „Raum“ (einschließlich „Ort“ und „Bewegung“) bestimmt. Nach

¹ Hans-Jürgen Treder zufolge liegt die Zielsetzung der *Principia* darin, „ein in sich konsistentes und möglichst vollständiges Axiomensystem aufzustellen, aus dem dann deduktiv alle physikalischen Gesetze als Lemmata herleitbar sind. Im Unterschied zu einem rein mathematischen Axiomensystem, aber durchaus in Übereinstimmung mit dem Vorbild der Axiomensysteme der Geometrie von Euklid bis Hilbert, verbindet Newton nun die in sein Axiomensystem eingehenden Definitionen (d. h. implizite Axiome) mit Meßvorschriften als demjenigen, was den mathematisch extensionalen Begriffen eine physikalisch inhaltliche Intention gibt“ (Tredner 1982, 281f.). Mit dieser Deutung modernisiert Treder Newton und macht ihn zu einem Vertreter des Strukturalismus, der aus den wissenschafts- und erkenntnistheoretischen Diskussionen des späten 19. und frühen 20. Jahrhunderts hervorging. Eine solche strukturalistische Auffassung, wonach die Mathematik das formale Gerüst für eine Theorie liefert, die physikalisch interpretiert wird, vertrat Newton sicher nicht.

dieser begrifflich-definitiven Vorbereitung werden die drei Axiome (lat. *Axiomata, sive leges motus*) formuliert. Diese nennen erstens die Bedingungen für die Erhaltung und zweitens für die Änderung des Zustandes eines Körpers. So besagt das erste Axiom, dass ein Körper dann im Zustand der Ruhe oder der geradlinig gleichförmigen Bewegung verharret, wenn er nicht durch eingedrückte Kräfte gezwungen wird, seinen Zustand zu ändern, und das zweite Axiom, dass die eingeprägte Bewegungskraft (lat. *vis motrix impressa*) proportional der Änderung einer Bewegung (lat. *mutatio motus*) ist. Das dritte Axiom gibt an, dass die Wirkungen, die zwei Körper aufeinander ausüben, immer gleich groß und von entgegengesetzter Richtung sind. Gefordert wird durch dieses Axiom nicht nur die Gleichheit von Kraft und Gegenkraft, wie oft zu lesen ist, sondern dass Kräfte nur von Körpern ausgehen und nur auf Körper wirken können. Die Kraftwirkung setzt die Existenz von mindestens zwei Körpern voraus.

Was in der Schulphysik als ein in sich konsistentes System von aufeinander aufbauenden, fest umrissenen Definitionen und Axiomen präsentiert wird, aus dem mit Hilfe mathematischer Ableitungen Theoreme zur Berechnung von beliebigen Bewegungsabläufen mit je spezifischen Anwendungsfällen gewonnen werden, erweist sich bei näherer Prüfung durchaus als fraglich. Denn die Grundbegriffe der klassischen Mechanik unterliegen dem Verdacht eines definitiven Zirkels und deren Axiome (einschließlich deren vorgeordnete Definitionen) demjenigen der Redundanz.

Konstatiert man, wie Newton, eine Proportionalität von Masse und Volumen bzw. definiert man Masse als Produkt von Dichte und Volumen, begeht man offenbar einen Zirkel, weil die Dichte definiert ist als Masse pro Volumen.² Um den Zirkel zu vermeiden schlug u. a. James Clerk Maxwell vor, Masse durch das Verhältnis von Kraft zur Beschleunigung zu definieren. Eine solche Definition muss aber eine vom Massebegriff unabhängige Definition der Kraft vorausset-

² Diesen Vorwurf richtete u. a. Ernst Mach gegen Newton: „Betreffend den Begriff ‚Masse‘ bemerken wir zunächst, daß die von Newton gegebene Formulierung, welche die Masse als die durch das Produkt des Volumens und der Dichte bestimmte *Quantität der Materie* eines Körpers bezeichnet, unglücklich ist. Da wir die Dichte doch nur definieren können als die Masse der Volumeneinheit, so ist der Zirkel offenbar“ (Mach 1883, 217). Mach sprach deshalb auch von einer „Scheindefinition“ (ebd., 269). Den Ausdruck adaptierte später Albert Einstein, der in dem Aufsatz „Newtons Mechanik und ihr Einfluß auf die Gestaltung der theoretischen Physik“ schrieb: „Verknüpfung von Kraft und Beschleunigung sind ihm [Newton] nur möglich durch Einführung des neuen Begriffes der Masse, der allerdings merkwürdigerweise durch eine Scheindefinition gestützt wird“ (Einstein 1927, 271). Ähnlich meint Bruno Thüning: „Wie sehr hier die Dinge im argen liegen, erkennt man an dem erstaunlichen Umstand, daß der die Mechanik charakterisierende Begriff der ‚Masse‘ auch bei Newton durch eine Zirkel-Definition eingeführt wird (Masse = Volumen mal Dichte, wobei ‚Dichte‘ keine hiervon unabhängige Definition erfährt) und daß sich bis auf den heutigen Tag der Masse-Begriff in physikalischen und astronomischen Schriften und Lehrbüchern mit einer Scheindefinition begnügen muß“ (Thüning 1967, 81).

zen. Nun wird aber gerade Kraft durch Masse und Beschleunigung definiert. Kraft kann nicht Definiens (der Masse) und zugleich Definiendum (durch die Masse) sein. Ernst Mach empfahl deshalb, das Massenverhältnis zweier Körper durch das negative reziproke Verhältnis ihrer Beschleunigungen unter der Wirkung derselben Kraft zu bestimmen, also über die Messung des Trägheitswiderstandes gegenüber bewegungsbeschleunigenden Kräften. Mach definierte dabei Massenverhältnisse als Beschleunigungsverhältnisse. Das Problem dieses Vorgehens liegt darin, dass hierfür ein Inertialsystem zugrundegelegt werden muss, zu dessen Definition man wiederum den Kraftbegriff braucht.³

Damit nicht genug. Vom Standpunkt der heutigen klassischen Mechanik müsste das Trägheitsgesetz, das zur Bestimmung kräftefreier Bewegung dient, ein Spezialfall des Bewegungsgesetzes sein: für $\vec{F} = 0$, folglich aus dem Bewegungsgesetz folgen.⁴ Das ist jedoch falsch. Um eine Beschleunigung messen zu können, braucht man ein Bezugssystem, das sich gleichförmig bewegt, und dieses bildet eben gerade das durch das Trägheitsgesetz definierte Inertialsystem. Das erste Gesetz macht also erst mit dem zweiten Sinn.⁵

Historisch gesehen sind diese Problemfelder nicht auf die Mechanik Newtons zurückzuführen, sondern auf die Entwicklung der Mechanik von der scholastischen Impetustheorie zur Trägheitsmechanik mit der Formulierung der Bewegungsgleichungen als Differentialgleichungen, der Definition der Kraft als das Produkt von Masse und Beschleunigung und dem Impuls- und Energieerhaltungssatz. Newton lieferte mit seinen *Principia* einen zweifellos wichtigen Beitrag auf dem Weg dorthin. Allerdings hatte er keine abgeschlossene Theorie

³ Zirkelfreie Definitionsvorschläge des Massebegriffs wurden später im Rahmen des formalen oder mengentheoretischen Axiomatisierungsprogramms der Physik (Hans Hermes, Günther Ludwig, Erhard Scheibe, Joseph D. Sneed, Wolfgang Stegmüller, Patrick Suppes u. a.) sowie seitens des Erlanger Konstruktivismus (Hugo Dingler, Peter Janich, Bruno Thüring u. a.) entwickelt. Bis heute wird darüber diskutiert, ob der Zirkularitätsvorwurf gerechtfertigt ist und, falls er es ist, wie sich der Zirkel vermeiden lässt.

⁴ Wiederum richtete bereits Ernst Mach diesen Vorwurf gegen Newton: „Geht man, die Statik als Spezialfall der Dynamik betrachtend, von der Tatsache aus, daß die Körper paarweise aneinander Gegenbeschleunigungen bestimmen, welche Paare voneinander *unabhängig* sind, definiert man das Massenverhältnis dynamisch durch das umgekehrte Beschleunigungsverhältnis, und fügt die Erfahrung hinzu, daß die Massenverhältnisse dieselben bleiben, ob sie direkt oder mittelbar gewonnen werden, so läßt sich hierauf die ganze Dynamik gründen. Hierbei reduziert sich Lex II auf die Tatsache der gegenseitigen Beschleunigung der Körper, bezw. auf eine willkürliche Maßdefinition, Lex I wird ein Spezialfall von Lex II und Lex III wird ganz überflüssig“ (Mach 1905, 175f.).

⁵ In eine ähnliche Richtung zielt die Kritik Hans Freudenthals: “In one of the textbooks I consulted the law of inertia is derived from a more or less dogmatic $F = ma$ by the reasoning that because of $F \neq 0$, the absence of force, thus $F = 0$, implies a vanishing acceleration a , thus uniform motion. Behold the physical law of inertia derived from a mathematical formula $F = ma$? Forget it” (Freudenthal 1993, 80).

der Mechanik vorgelegt, an deren bloßer mathematischen Verschönerung man im 18. Jahrhundert hätte arbeiten müssen, sondern einen Rohbau hinterlassen, der zahlreiche Umbau- und Erweiterungsmaßnahmen erforderte.⁶

Auf die Frage, warum Newtons *Principia* als revolutionär zu werten sind, wird oft die Antwort gegeben, dass in dieser Arbeit der Bewegungsbegriff neu bestimmt wird. Newton brach mit der Vorstellung, wonach Ruhe ein Zustand, Bewegung ein Prozess ist und das eine das andere ausschließt. Ruhe ist eine Sonderform gleichförmig geradliniger Bewegung und die Kreisbewegung ein Spezialfall gleichmäßig beschleunigter Bewegung. Bernard I. Cohen spricht folgerichtig von einer “equivalence between motion and rest” (Cohen 1964, 132).⁷

Dennoch wäre es vorschnell, in Newtons zweitem Axiom die Formel $\vec{F} \sim \Delta(m\vec{v})$, daraus die Beschleunigung als zweite Ableitung des Weges nach der Zeit und damit $\vec{F} = m\vec{a}$ hineinlesen zu wollen. Dass das zweite Newtonsche Axiom „weder in seiner ursprünglichen Formulierung noch aufgrund des Gebrauchs, den Newton von diesem Gesetz macht, die heute geläufige Interpretation rechtfertigen kann, wonach die *vis impressa* dem Produkt aus Masse und Beschleunigung proportional ist“ (Pulte 2005, 97), meint auch Helmut

⁶ Unter den Wissenschaftshistorikern besteht darüber heute weitgehend Einigkeit. So betont Helmut Pulte, „dass die klassische Mechanik in ihren Grundlagen keineswegs jene monolithische Struktur aufweist, die ihr auch heute noch in der Gegenüberstellung zur Relativitäts- und Quantenmechanik häufig angedichtet wird“ (Pulte 1989, 9). Ähnlich meint Peter M. Harman: “It is conventional to denote the physics of the period 1700-1900, from the *Principia* to the advent of the relativity and quantum theories, as ‘classical’ or ‘Newtonian’ physics. These terms are not, however, very satisfactory as historical categories. The contrast between classical and ‘modern’ physics is perceived in terms that highlight the innovatory features of physics after 1900: the abandonment of the concepts of absolute space and time in Einstein’s theory of relativity, and of causality and determinism in quantum mechanics. ‘Classical’ physics is thus defined by ‘non-classical’ physics. The definitions and axioms of *Principia*, Newton’s exposition of the concepts of absolute space and time, and his statement of the Newtonian laws of motion, are rightly seen as fundamental to the 17th-century mechanization of the world picture. But Newton’s statement of the laws of motion was not perceived as straightforward and unproblematic by 18th- and 19th-century physicists; there was diversity of opinion over the status and meaning of these mechanical laws. The critiques of the Newtonian concepts of space and time by Leibniz and Berkeley should not be viewed as examples of a philosophical opposition to the emerging orthodoxy of classical mechanics, and as prefiguring non-classical developments, but as indicative of the diversity of 18th-century systems of natural philosophy” (Harman 1988a, 75).

⁷ Ähnlich schreiben Igal Galili and Michael Tseitlin: “Newton fundamentally revised this view. In his first law of motion, he redefined the concept of state, incorporating in it both the ‘rest’ and the ‘rectilinear motion’. Thus ‘state’ integrated two very different concepts, in the view of the old science” (Galili/Tseitlin 2003, 54). Und Christiaan Joan Boudri hält fest: “In the modern concept of inertia there is no longer a resistance to motion as such – only a resistance to *change* of motion, expressed in the concept of inertial mass. This follows from the modern definition of inertia: the continuation of a uniform rectilinear motion, once acquired, in the absence of external influences” (Boudri 2002, 53).

Pulte.⁸ Fast schon prosaisch drückt sich Eduard Jan Dijksterhuis aus. Mit den Newtonschen Axiomen stünde es (Dijksterhuis 1956, 528):

wie mit den Kleidern des Kaisers im Märchen. Jeder sah sie, da er überzeugt war, daß sie da seien, bis ein Kind feststellte, daß der Kaiser nichts anhatte. So hat man im einleitenden Kapitel von Newtons *Principia* stets das Axiom ausgesprochen gesehen, daß eine konstante Kraft eine zu ihr proportionale konstante Beschleunigung verursacht (man las dann *mutatio* in Axiom II als Veränderungsgeschwindigkeit und formulierte es in moderner Zeichenschrift als $\vec{K} = d/dt(m\vec{v})$, woraus für konstantes m tatsächlich $\vec{K} = m\vec{a}$ folgt. Wenn man aber die von Newton gegebenen Grundlegung mit kindlicher Unbefangenheit, also unter Ausschaltung von allem, was man schon weiß und daher zu finden erwartet, durcharbeitet, so zeigt es sich, daß sie die wichtigste Grundlage für die klassische Mechanik keineswegs enthält.

Newtons *mutatio motus*, von der in Lex II die Rede ist, bezieht sich nicht auf den Differentialquotienten des Impulses nach der Zeit, sondern auf die impulsive Kraft, die eine momentane Änderung der Geschwindigkeit beschreibt. Modern gesprochen handelt es sich schlicht um den Impuls.⁹ Doch auch dies ist streng genommen nicht treffend. Newtons geometrische Methode zur Berechnung der Größe der *vis impressa* beruhte auf der Idee einer infinitesimalen Approximation der kontinuierlichen durch die diskrete Kraft. Eine impulsive Kraft, d. h. eine momentane Änderung der Geschwindigkeit, ist im Rahmen dieses mathematischen Modells als eine Reihe von in unendlich vielen, in gleichen Zeitintervallen ausgeübten Impulsen zu interpretieren. Pointiert erklärt Werner Kutschmann (Kutschmann 1983, 13):

⁸ Im Konsens mit Bernard I. Cohen: “the second law states that a ‘change in motion’ is proportional to ‘the motive force impressed’ and adds that this change in motion is directed alone ‘the straight line in which this force is impressed.’ Some commentators have added a word or phrase to Newton’s law so as to have it read that the rate of ‘change in motion’ (or the change in motion per unit times) is proportional to the force. This alteration would make Newton’s second law read like the one found in today’s physics textbooks. Newton, however, did not make an error here. He chose his words very carefully. In his formulation of the second law, Newton was explicitly stating a law for impulsive forces, not for continuous forces” (Cohen 2002, 65).

⁹ Zu diesem Schluss kommen u. a. Michel Blay: “On this assumption an impressed motive force is not a force in the modern sense of the term but an impulse” (Blay 2001, 226), und Brian D. Ellis: “In other words, Newton’s concept of motive force is much nearer to our present-day concept of impulse (product of force and time) – the only difference being that whereas we regard impulse as a derived notion within our systems of mechanics, Newton here treats his concept of motive force as a primitive concept” (Ellis 1962, 274).

Das Modell des sukzessiven in kleine Zeiteinheiten wirkenden Stoßes wird nämlich zur approximativen Behandlung der kontinuierlich wirkenden Fernkraft verwandelt. Diese wird in einer Folge von Stößen mathematisch dargestellt, deren zeitliche Abfolge sich einem Grenzwert unendlich kleiner Zeiteinheiten nähert. Im Grenzübergang – dies zeigt Newton im „Lemma X“ seines Kapitels über die mathematische Methode der „Principia“ – ist die punktuelle instantane Wirkung der kontinuierlichen Kraft gleich der Wirkung eines einmaligen Kraftstoßes in diesem Moment.

Geht man von der heutigen Terminologie aus, derzufolge es sich bei der *quantitas motus* um den Impuls und der *quantitas materiae* um die Masse handelt, ist der diskrete, impulsive Kraftstoß mit der kontinuierlich beschleunigenden Kraft inkompatibel.¹⁰ Das Problem der Diskrepanz zwischen dem Diskreten und Kontinuierlichen, das die Geschichte der Mathematik seit ihrer Bestimmung als Größenlehre begleitete, tritt hier in voller Schärfe zutage und zeigt einmal mehr, wie unzutreffend es wäre, die Arithmetik der Geometrie und die Geometrie der Mechanik vorzuordnen.

Des Wurzels Übel war die Cartesische Bestimmung der Ausdehnung als Substanz, weil mit ihr die Reduktion der Größe auf Extension behauptet wird.¹¹ Newtons *Axiomata, sive leges motus* waren eine bewusste und für die damalige Leserschaft bekannte Anspielung auf Descartes' *Regulae quaedam sive leges naturae* der *Philosophiae Principia*.¹² In kritischer Distanzierung zu Descartes

¹⁰ Welche Schwierigkeiten dies den Interpreten bereitet, zeigen folgende Zitate: Joan Christiaan Boudri stellt fest “that forces in Newton can occur in the form of both force of impact and continuous force. A force of impact is that force which is produced in a collision of bodies. It is assumed to exert its action instantaneously: with no lapse of time. The measure of its action was the change in the quantity of motion: $\Delta(mv)$. Continuous forces – i. e. attraction, repulsion, pressure and traction – do however act within time. The measure of their action is the rate of change: $d(mv)/dt$, that is: mass times acceleration” (Boudri 2002, 61). Auch Manuel A. Sellés (2006) unterscheidet zwischen $\vec{K} = \Delta(m\vec{v})$ laut zweitem Gesetz und $\vec{K} = \Delta(m\vec{v})/\Delta t$ laut Definition VIII. Der Unterscheidung entsprechen laut Autor zwei Modelle zur Berechnung der Zentripetalbeschleunigung: das polygonale und das parabolische.

¹¹ Descartes ging allerdings nicht so weit, die Mathematik schlechthin zur Lehre von den extensiven Größen zu erklären. Dies hätte einen materialistischen Monismus zur Folge gehabt, den Descartes nicht vertrat. Einen kenntnisreichen Einblick in die Diskussion dieser Problematik im Schnittfeld der Cartesischen Philosophie der Mathematik und seiner Drei-Substanzen-Lehre (Gott, Materie, Geist) gibt Stephen Gaukroger in seinem Buch *Descartes: Philosophy, Mathematics and Physics* (Gaukroger 1980). Unter dem Blickwinkel *Nominalism and Constructivism in Seventeenth-Century Mathematical Philosophy* (Sepkoski 2007) behandelt David Sepkoski die Thematik bei Descartes.

¹² Newton hatte sowohl den Titel seines Werkes, *Principia mathematica*, als auch die

knüpfte Newton mit seinen Bewegungsgesetzen an die etablierte Unterscheidung zwischen extensiven und intensiven Größen und zwischen einer von außen auf den Körper wirkenden Kraft, der *vis impressa*, und einer Kraft, die dem Körper inhärent ist, der *vis insita*, an. Die *vis impressa* deutete Newton als aktives Prinzip, welches die Änderung des Bewegungszustandes des Körpers zur Folge hat. Diesem aktiven Prinzip stellte er als passives Prinzip die *vis insita* gegenüber, die er für die Erhaltung des Bewegungszustandes des Körpers verantwortlich machte. Mit einer detaillierten Sachkenntnis dieser inhaltlichen und historischen Zusammenhänge formuliert du Châtelet in ihren *Institutions physiques* die Bewegungsgesetze wie folgt (Du Châtelet 1742, § 229):

La force active & la force passive des Corps, se modifient dans leur choc, selon de certaines Loix que l'on peut réduire à trois principales.

PREMIÈRE LOI. Un Corps persévère dans l'état où il se trouve, soit de repos, soit de mouvement, à moins que quelque cause ne le tire de son mouvement, ou de son repos.

SECONDE LOI. Les changement qui arrive dans le mouvement d'un Corps, est toujours proportionel à la force motrice qui agit sur lui; car sans cela ce changement se seroit sans raison suffisante.

TROISIEME LOI. La réaction est toujours égale à l'action; car un Corps ne pourroit agir sur un autre Corps, si cet autre Corps ne lui résistoit: ainsi, l'action & la réaction sont toujours égales & opposées.

Auf den ersten Blick handelt es sich bei du Châtelets Bewegungsgesetzen um die Newtonschen Axiome. Das *première loi* beschreibt das Trägheitsverhalten eines Körpers, das *seconde loi* statuiert die Proportionalität zwischen der Änderung der Bewegung und der bewegenden Kraft und das *troisième loi* gibt das Wechselwirkungsprinzip wieder. Bei genauerer Betrachtung weichen du Châtelets *Lois de mouvement* aber von Newtons *Axiomata, sive leges motus* in signifikanter Weise ab, wie der Vergleich mit dem Originaltext in den *Principia* zeigt (Koyré/Cohen 1972, 54):

Bewegungsgesetze, *Axiomata, sive leges motus*, in kritischer Distanzierung von Descartes' *Principia philosophiae* und den dort formulierten *Regulae quaedam sive leges naturae* gewählt. Man vergleiche dazu Alexandre Koyrés Ausführungen in dem Kapitel "Newton and Descartes" in seinen *Newtonian Studies* (Koyré 1965).

LEX I. Corpus omne perseverare in statu suo quiescendi vel movendi uniformiter in directum, nisi quatenus illud a viribus impressis cogitur statum suum mutare.

LEX II. Mutationem motus proportionalem esse vi motrici impressae, & fieri secundum lineam rectam qua vis illa imprimitur.

LEX III. Actioni contrariam semper & aequalem esse reactionem: sive corporum duorum actiones in se mutuo semper esse aequales & in partes contrarias dirigi.

Du Châtelet spricht zu Beginn der Formulierung der Bewegungsgesetze explizit aus, was bei Newton als implizite Bedingung für die Geltung der Axiome mitzudenken ist: Die Kraft ist „ein unabdingbares ontologisches Prinzip bei Newton, das für die Kausalität aller Prozesse verantwortlich ist“ (Kutschmann 1983, 63). Als passives Prinzip ist die Kraft die Ursache dafür, dass ein Körper im Zustand der Ruhe oder der gleichförmig geradlinigen Bewegung verharret; als aktives Prinzip ist sie die Ursache für dessen Bewegungsänderung. Ersterer nannte Newton *vis insita*, zweitere *vis impressa*. Entsprechend erklärt das Trägheitsgesetz, Newtons erstes Axiom, den Zustand der Ruhe und gleichförmig geradlinigen Bewegung und Newtons zweites Axiom die Änderung dieses Zustandes. Im dritten Axiom, demzufolge die *actio* (eines Körpers) gegengleich der *reactio* (eines anderen Körpers) ist, wird kein neuer Krafttypus eingeführt, sondern die Beziehung zwischen beiden deutlich gemacht. Wie Ricardo Lopes Coelho in seinem Buch *Zur Konzeption der Kraft der Mechanik* herausstellt, handelt es sich bei dieser Beziehung um „die Äquivalenz der Reaktion, die natürlich von der Widerstand leistenden Kraft stammt, die gemäß der Definition eine dem Körper innewohnende Kraft ist, und der Aktion, durch die die eingedrückte Kraft definiert wird“ (Coelho 2001, 18).

Von der wechselseitigen Korrelation zwischen aktiver und passiver Kraft geht zwar auch du Châtelet aus (In der deutschen Übersetzung von Steinwehr ist von der „tätigen Kraft“ bzw. von der „leidenden Kraft“ die Rede.). Dennoch stimmt ihre Version der Bewegungsgesetze nicht mit derjenigen Newtons überein. Das erste Gesetz besagt bei ihr nicht, dass ein Körper dann im Zustand der Ruhe oder der gleichförmig geradlinigen Bewegung bleibt, wenn er nicht durch eine eingedrückte Kraft gezwungen wird, seinen Zustand zu ändern, sondern dass er in dem Zustand der Ruhe oder Bewegung verharret, wenn nicht eine Ursache (frz. « cause ») die Veränderung des jeweiligen Zustandes bewirkt. Bemerkenswerterweise hielt sich du Châtelet auch in ihrer späteren *Principia*-Übersetzung nicht an den Originaltext. In der Ausgabe von 1759 lauten die Axiome (Du Châtelet 1759, 17):

PREMIÈRE LOI. Tout corps persévère dans l'état de repos ou de mouvement uniforme en ligne droite dans lequel il se trouve, à moins que quelque force n'agisse sur lui, et ne le contraigne à changer d'état.

SECONDE LOI. Les changements qui arrivent dans le mouvement sont proportionnels à la force mortice, et se font dans la ligne droite dans laquelle cette force a été imprimée.

TROISIEME LOI. L'action est toujours égale et opposée à la réaction; c'est-à-dire, que les actions de deux corps l'un sur l'autre sont toujours égales, et dans des directions contraires.

Statt von eingepprägten Kräften (lat. *vires impressae*) ist im ersten Gesetz der *Principia*-Übersetzung du Châtelets von „Kraft“ (frz. « force ») und im zweiten Gesetz von der „bewegenden Kraft“ (frz. « force mortice ») die Rede. Lediglich im Nebensatz wird der von Newton verwendete Terminus technicus « force imprimée » wiedergegeben. In den *Institutions physiques* sind die Abweichungen zu Newton noch deutlicher. Hier wird im zweiten Gesetz die Proportionalität zwischen der Änderung der Bewegung und der bewegenden Kraft auf das Prinzip des zureichenden Grundes zurückgeführt: « car sans cela ce changement se seroit sans raison suffisante ». Würde die Bewegungsänderung nicht proportional zur bewegenden Kraft sein, würde diese ohne zureichenden Grund geschehen.

Das dritte Gesetz schließlich stellt fest, dass Wirkung (lat. *actio*) und Gegenwirkung (lat. *reactio*) zweier Körper aufeinander immer gleich groß und in entgegengesetzte Richtungen gerichtet sind.¹³ Die französische Übersetzung kommt dem lateinischen Original hier am nächsten. Die Modifikation in den *Institutions physiques* ist jedoch wiederum augenfällig. Die Äquivalenz von Wirkung und Gegenwirkung wird darauf zurückgeführt, dass jeder Körper der Bewegung Widerstand leistet.

Jedem der drei Bewegungsgesetze wird das Prinzip des zureichenden Grundes bzw., im engeren Sinne, das Kausalprinzip als Voraussetzung für deren Geltung unterstellt. Dahinter stand eine methodische Strategie, die du Châtelet in ihren *Institutions physiques* verfolgte. Das Prinzip diente der Marquise

¹³ Aus der Sicht der Alltagserfahrung ist diese Aussage nicht unbedingt einzusehen. Wenn beispielsweise ein Ball gegen eine Wand fliegt und wieder zurückprallt, wird in der Regel die Wand als unbeweglich und passiv, der Ball als bewegend und daher aktiv empfunden. Nach dem Prinzip der Gleichheit von *actio* und *reactio* übt hingegen nicht nur der Ball auf die Wand eine Kraft aus, sondern auch die Wand eine gleich große entgegengerichtete Kraft auf den Ball.

als forschungsleitende Maxime, aus welcher sie, Newton kritisierend, auf die Unmöglichkeit einer Fernkraft und eines Kraftverlustes schloss. Mit diesem Vorgehen stellte du Châtelet wichtige Weichen für die Weiterentwicklung der Mechanik im 18. Jahrhundert. Das Beispiel du Châtelets zeigt, wie unstritten der axiomatische Status der von Newton präsentierten Bewegungsgesetze damals war.

Weder das Trägheitsgesetz noch das Bewegungsgesetz noch das Wechselwirkungsgesetz galten als innovative Errungenschaften Newtons. Auch über deren genaue Formulierung war man sich uneins. In diesem Zusammenhang kann nicht oft genug daran erinnert werden, dass Pierre Louis Moreau de Maupertuis Leonhard Eulers Version des Newtonschen Bewegungsgesetzes, welche angeblich die früheste Präsentation der Formel $\vec{F} = m\vec{a}$ beinhaltet, Galileo Galilei zuschrieb (Pulte 1989, 152). Euler selbst sah im Übrigen sein Bewegungsgesetz keineswegs als grundlegend an, sondern verfolgte bei aller Distanz gegenüber den Leibnizianern und Wolffianern deren Ziel einer Vereinheitlichung der Newtonschen Gesetze durch deren Reduktion auf das Prinzip des zureichenden Grundes.¹⁴

Bei allen Vorzügen, die Newtons Theorie gegenüber ihren Vorgängern und Konkurrenten besaß – trotz ihres vereinheitlichen Erfolges der Keplerschen Theorie der elliptischen Sonnenumläufe mit den Galileischen Fallgesetzen und des Nachweises der universellen Gültigkeit des Gravitationsgesetzes –, die instantane Wirkung der Gravitation und die Annahme des stetigen Kraftverlustes im Universum wurden den Kriterien nicht gerecht, die eine mechanisch-deterministische Theorie zu erfüllen hatte. Man stand vor dem Dilemma, die Fernkraftwirkung und den Kraftverlust entweder theologisch oder überhaupt nicht begründen zu können.

Im Nachhinein betrachtet waren diese Rechtfertigungs- und Erklärungs-

¹⁴ Die Zurückführung der Bewegungsgesetze auf das Prinzip des zureichenden Grundes findet man als forschungsleitende Maxime auch bei vielen Vertretern der Leibniz-Wolffschen Schule (z. B. bei Ludwig Philipp Thümmig, Georg Bernhard Bilfinger, Johann Peter Reusch und bei Wolffs Kritiker Christian-August Crusius). Eric Watkins kommt zu dem Schluss, dass sich nationale Einteilungsschemata in eine typisch deutsche, französische und englische Philosophie mit ihren „Nationalhelden“ Leibniz, Descartes und Newton angesichts der hier geschilderten Problematik nicht aufrecht erhalten lassen: “Debate within the Berlin Academy of Sciences is standardly characterized as being between Newtonians and Wolffians. Forney and, at least early in his career, Sulzer were generally faithful in a broad sense to Wolff, whereas Maupertuis and Voltaire are famous for popularizing Newton in France. However, such a characterization is rather misleading and is certainly inappropriate for a discussion of the laws of motion, for it is far from clear what it means to be a Newtonian. [...] While there is some truth to the claim that Euler is a Newtonian, it is still fair to say, once again, like Maupertuis, Euler draws on a variety of traditions (Newtonian, Leibnizian, and Cartesian) in developing his own position” (Watkins 1997, 324ff.).

lücken der Mechanik Newtons ein Stimulus für deren Fortentwicklung zur analytischen Mechanik. Die Orientierung am Prinzip des zureichenden Grundes diene dabei als ein heuristisches Regulativ mit nicht zu unterschätzenden inhaltlichen Eingriffen in und Modifikationen der Bedeutung der Grundbegriffe der axiomatisch-deduktiv präsentierten Lehrsätze. Um dies verständlich zu machen und historisch zu rekonstruieren, reicht der Blick auf die Mathematisierung und Formalisierung der Physik im 18. Jahrhundert nicht aus. Hermeneutische Umsicht ist gefragt, durch welche die ontologischen Feinheiten und Unterschiede zwischen den unterschiedlichen Auffassungen hinsichtlich Raum und Zeit, Materie und Kraft gegenübergestellt und miteinander verglichen werden.

5.2 Von den Grundbegriffen der Mechanik

5.2.1 Raum und Zeit

Im Anschluss an das Hypothesenkapitel der *Institutions physiques* folgen das fünfte Kapitel „Von dem Raume“ (frz. « De l’Espace ») und das sechste Kapitel „Von der Zeit“ (frz. « Du Temps »). Das fünfte Kapitel beginnt mit einer Gegenüberstellung zweier Raumauffassungen, die heute zum *locus classicus* geworden ist. Gemeint ist die Unterscheidung zwischen dem absoluten und relationalen Raum (Du Châtelet 1742, § 72):

Quelques-uns ont dit: l’Espace n’est rien hors des choses, c’est une abstraction mentale, un Etre idéal, ce n’est que l’ordre des choses entant qu’elles coexistent, & il n’y a point d’Espace sans corps. D’autres au contraire ont soutenu, que l’Espace est un Etre absolu, réel, & distinct des corps qui y sont placés, que c’est une étendue impolpable, pénétrable, non solide, le vase universel qui reçoit les Corps qu’on y place.

Die These von der Absolutheit des Raumes und der Zeit besagt, dass Raum und Zeit unabhängig von Körpern existieren. Körper befinden sich im Raum und in der Zeit – wie Kirschen in einem Glas. Man stellt sich den Raum als ein Gefäß oder Behälter vor, als « le vase universel qui contient toutes choses » (ebd., § 85). Als Beispiel für Protagonisten des „container-view“ bzw. der „Behälter-Auffassung“ nennt du Châtelet die antiken Atomisten Leukipp und Demokrit sowie Epikur, Pierre Gassendi, John Locke und nicht zuletzt Isaac Newton.

Demgegenüber steht die These des Relationalismus. Diese besagt, dass der Raum die Ordnung der Dinge ist, sofern sie nebeneinander sind, d. h. der Raum ist die Ordnung des Koexistierenden. Die Zeit ist die Ordnung der Dinge, die

aufeinander folgen. Die Unabhängigkeit des Raumes und der Zeit von den materiellen Körpern ist demnach ausgeschlossen. Um du Châtelet zu zitieren (ebd., § 94):

Les notions du Temps & de l'Espace ont beaucoup d'analogie entre elles: dans l'Espace, on considère simplement l'ordre des coexistans, entant qu'ils coexistent; & dans la durée, l'ordre des choses successives, entant qu'elles se succèdent, en faisant abstraction de toute autre qualité interne que de la simple succession.

Die Position des Relationalismus wurde u. a. von Gottfried Wilhelm Leibniz vertreten. Auch du Châtelet ergreift dafür Partei. Mit einem deutlichen Hieb gegen Newton weist sie dessen Annahme zurück, Raum und Zeit seien absolut, und warnt davor, sich ein falsches Bild von Raum und Zeit zu machen, welches durch deren Vergegenständlichung entstehe (ebd., § 95). Raum und Zeit seien keine konkreten Dinge unserer phänomenalen Alltagswelt und Wirklichkeit, sondern Abstraktionen, durch die die Dinge in Beziehung gesetzt, geordnet und strukturiert werden. Deshalb sei es irreführend, sich den Raum als Gefäß und die Zeit als Fluß vorzustellen. Treffender sei der Vergleich von Raum und Zeit mit dem Zahlbegriff.¹⁵ Raum und Zeit verhalten sich zu den materiellen Körpern wie die Zahl zu den gezählten Gegenständen. Weder kann das erste noch das letzte unabhängig von den Dingen gedacht werden. Ohne Dinge gäbe es keine Zahl, ohne materiellen Körper keinen Raum und keine Zeit (ebd., § 87):

l'Espace est aux Etres réels, comme les Nombres aux choses nombrées.

In Bezug auf die Zeit (ebd., § 103):

comme on a vu ci-dessus (§ 87), que le nombre n'est pas les choses nombrées, & que le lieu n'est pas les choses placées dans ce lieu. [...] ces choses posées, on pose un nombre; & quand on les ôte, il n'y en a plus. De même, le Temps qui n'est que l'ordre des successions continues, ne sauroit éxister, à moins qu'il n'éxiste des choses dans une suite continue.¹⁶

¹⁵ Um genau zu sein spricht du Châtelet von einem Vergleich, der dazu dient, sich einen richtigen Begriff von Zeit und Raum zu machen: « Cette comparaison du Temps & du Nombre peut servir à se former la véritable notion du Temps » (Du Châtelet 1742, § 103).

¹⁶ Die Analogie zwischen Raum bzw. Zeit und der Zahl stammt von Christian Wolff. In *Philosophia prima, sive Ontologia* ist gleichlautend zu du Châtelet zu lesen, dass sich die Zeit zu den aufeinanderfolgenden Dingen bzw. der Raum zu den gleichzeitigen Dingen wie die Zahl zu den gezählten Dingen verhalte: „Tempus se habet ad res successivas sicuti numerus ad res numeratas“ (Wolff 1730, § 587). Entsprechend für den Raum: „Spatium se habet ad res simultanas sicuti numerus ad res numeratas“ (ebd., § 613).

Raum und Zeit sind Relationen, die vergleichbar den Zahlen die Aufgabe erfüllen, die Dinge in ihrer Vielheit (frz. « pluralité ») und Mannigfaltigkeit (frz. « variété ») zu ordnen. Dies erlaubt die raumzeitliche Bestimmung von Ort, Lage und Position eines Objektes.

In Anlehnung an Leibniz¹⁷ argumentiert sie, dass es unter Voraussetzung der Absolutheit des Raumes keinen Grund dafür gibt, warum Gott die Körper, die Beibehaltung ihrer Abstände und gegenseitigen Lagebeziehungen, d. h. die Homogenität des Raumes vorausgesetzt, gerade an dieser bestimmten Raumstelle und nicht an einer anderen plazierte hat. Warum sollte Gott nicht alles in umgekehrter Weise angeordnet haben, etwa durch die Vertauschung der Himmelsrichtungen Ost und West (ebd., § 74)? Warum sollte Gott nicht die Welt sechstausend Jahre eher oder später geschaffen haben (ebd., § 96)?¹⁸ Explizit verweist du Châtelet an dieser Stelle auf die Kontroverse zwischen Leibniz und Clarke, dem Sprachrohr und Verteidiger Newtons (ebd., § 74):

Mr Clarke s'est donné beaucoup de peine pour soutenir les sentiments de Mr. Newton, & les siens propres sur l'Espace absolu, contre Mr. de Leibnits, qui prétendoit que l'Espace n'étoit que l'ordre des choses coéxistantes. Il est certain que, si on consulte le principe de la raison suffisante que j'ai établi dans le premier Chapitre, on ne peut se dispenser d'avouer que Mr. de Leibnits avoit raison de bannir l'Espace absolu de l'Univers.

In seinem ersten Brief an Clarke vom November 1715 schrieb Leibniz (Leibniz 1989, 358):

M. Newton dit que l'Espace est l'organe, dont Dieu se sert pour sentir les choses. Mais s'il a besoin de quelque moyen pour les sentir,

¹⁷ In seinem Brief an Clarke vom 25. Februar 1716 schrieb Leibniz: « Je dis donc que si l'espace étoit un être absolu, il arriveroit quelque chose dont il seroit impossible qu'il y eût une raison suffisante, ce qui est contre nôtre Axiome. Voici comment je le prouve. L'Espace est quelque chose d'uniforme absolument, et sans les choses y placées, un point de l'Espace ne differe absolument en rien d'un autre point de l'espace. Or, il suit de cela, supposé que l'espace soit quelque chose en luy même, outre l'ordre des corps entre eux, qu'il est impossible qu'il y ait une raison, pourquoy Dieu, gardant les mêmes situations des corps entre eux, ait placé ainsi les corps dans l'espace ainsi et non pas autrement; et pourquoi tout n'a pas été mis à rebours (par exemple) par un échange de l'orient et de l'occident » (Leibniz 1989, 372).

¹⁸ Ob mit der „Vertauschung“ von Osten und Westen eine Drehung um 180° oder eine Spiegelung gemeint ist, bleibt bei Leibniz offen und wird auch von du Châtelet nicht thematisiert. Beweiskräftig ist Leibniz' Argumentation nur im Falle einer Drehung, nicht im Falle einer Spiegelung. Denn in einer gespiegelten Welt bliebe die Gesamtheit der Lagebeziehungen aller Körper nicht unverändert.

elles ne dependent donc point entierement de luy, et ne sont point sa production.

Im Anhang des dritten Buches der *Opticks*, in „Query 28“ seines Fragenkatalogs, hatte Newton den unendlichen Raum mit dem *Sensorium Gottes* verglichen (Newton 1730), in seinem *Scholium Generale* der *Principia* Gott den *Pantokrater*, den „Herr über das Universum“ genannt, der allgegenwärtig ist und durch seine Allgegenwart die Dauer und den Raum konstituiert.¹⁹ In den Worten du Châtelets (Du Châtelet 1742, § 73):

On voit dans le Scholium generale qui est à la fin des principes de Mr. Newton, qu’il croyoit que l’Espace étoit immensité de Dieu, il l’appelle dans son Optique son Sensorium, c’est-à-dire, ce par le moyen de quoi Dieu est présent à toutes choses.

In seinem ersten Schreiben an Clarke bezog sich Leibniz auf die besagten Stellen, die Newtons Raum- und Gottesvorstellung wiedergeben und die damals allseits bekannt waren. Wenn der Raum das Organ sei, dessen Gott sich bediene, um die Dinge wahrzunehmen, dann wären sie nicht völlig von ihm abhängig und keineswegs sein Erzeugnis, lautete der Einwand Leibniz’. Derart herausgefordert bemühte sich Clarke nachzuweisen, dass Leibniz Newton missverstanden habe.²⁰ Es folgte ein Schlagabtausch zwischen beiden, der ein Exempel par

¹⁹ Eine detaillierte und textkritische Untersuchung der theologischen Aussagen im *Scholium Generale* legte Steffen Ducheyne in zwei Aufsätzen vor: “The General Scholium: Some Notes on Newton’s Published and Unpublished Endeavours” (Ducheyne 2006) und “Anti-Trinitarianism in Newton’s General Scholium to the Principia” (Ducheyne 2009). Man vergleiche dazu Edward Slowik “Newton’s Metaphysics of Space: A ‘Tertium Quid’ betwixt Substantivalism and Relationism, or Merely a ‘God of the (Rational Mechanical) Gaps?’” (Slowik 2009).

²⁰ Alexandre Koyré und I. Bernard Cohen haben in ihrem Aufsatz “The Case of the Missing *Tanquam*. Leibniz, Newton and Clarke” (Koyré/Cohen 1961) darauf hingewiesen, dass Leibniz ein Exemplar der *Opticks* der Londoner Ausgabe von 1706 besaß. Bei diesem handelte es sich um eine lateinische Übersetzung des englischen Originals von 1704, die Clarke auf den Vorschlag Newtons hin vorgenommen hatte. In dem lateinischen Text wird der Raum „sensorium divinum“ genannt. Das vergleichende „tanquam“ vor „sensorium“ wurde auf Wunsch Newtons in den späteren Ausgaben entsprechend der englischen Vorlage wieder eingefügt. Dieses historische Faktum bestätigt zwar das, was Clarke im weiteren Verlauf seines Disputs mit Leibniz betont: Newtons Vermerk sei nicht wörtlich, sondern als Gleichnis zu deuten. Daraus den Schluss zu ziehen, Leibniz habe Newton missverstanden, wäre allerdings voreilig. In der Diskussion über das „sensorium dei“ ging es nicht um dessen Gleichnishaftigkeit – diese stand außer Frage. So sprach Christian Wolff explizit von einer Metapher: „metaphorice Deo tribui potest organon aliquod sensorium“ (Wolff 1736–37, § 163). Es ging darum, ob dieser Vergleich treffend ist. Leibniz missbilligte diese Analogie jedenfalls in seinem dritten Brief als « idola tribus, chimères toutes pures, et imaginations superficielles » (Leibniz 1989, 358).

excellence für die neuzeitliche Verbindung zwischen Theologie, Metaphysik und Naturphilosophie statuiert.²¹

Für Clarke (und Newton) war der Raum und die Zeit Ausdruck für die Ubiquität und Omnipräsenz, Absolutheit und Unermesslichkeit, Unendlichkeit und Ewigkeit Gottes. Leibniz sah in Gott den ersten und letzten, zureichenden Grund der Dinge. Für Clarke (und Newton) äußerte sich im Kraftverlust, dem alle Bewegungsphänomene unterliegen, das notwendige Eingreifen Gottes in das Weltgeschehen. Für Leibniz kam die Bezugnahme auf einen korrigierenden Gott, der fortwährend ins Weltgeschehen eingreift, einem Wunder gleich, gleichsam als ob Gott, wenn er nur wollte, auch die Naturgesetze außer Kraft setzen könnte.

Die Diskussion zwischen Leibniz und Clarke endete ohne Annäherung. Leibniz ließ sich von seiner Meinung nicht abbringen, dass die Annahme der Existenz des absoluten Raumes das zu Beweisende voraussetzt. Clarke blieb bei seiner Überzeugung, dass Leibniz' Rekurs auf das Prinzip des zureichenden Grundes nicht hinreichte, um ihm eine *petitio principii* nachzuweisen.

Leibniz' Theorie basierte auf der metaphysischen Präsupposition, dass die entelechialen Strukturen der primitiven Kräfte und deren Gestaltwerdung durch lebendige Kräfte real sind und Raum und Zeit die Ordnung dafür schaffen. Da es keine Ordnung ohne zu ordnende Gegenstände geben kann, war für Leibniz das Newtonsche Existenzpostulat eines absoluten Raumes und einer absoluten Zeit ausgeschlossen. Umgekehrt hatte in Newtons atomistischer Mechanik, die auf den metaphysischen Annahmen der Existenz absolut harter Körper und des leeren, absoluten Raumes und der Zeit fußte, Leibniz' Vorstellung von Monaden als dynamische Kraftzentren keinen Platz.

In der Rezeptionsgeschichte des Briefwechsels wurden der relationale und absolute Raum- und Zeitbegriff in der Regel als zwei sich ausschließende Konzepte vorgestellt und diskutiert. Denn entweder sind Raum und Zeit von den materiellen Körpern unabhängig oder nicht. So gesehen negiert die These vom absoluten Raum diejenige vom relationalen Raum. Der Streitpunkt war allerdings, ob der absolute Raum zur Fundierung der Bewegungslehre notwendig oder aber der relationale Raum dafür hinreichend ist. Genügt es nicht, die

²¹ Über die theologische Einbettung der unterschiedlichen Auffassungen Leibniz' und Clarkes bezüglich Raum und Zeit lässt sich nicht streiten. Sie ist ein historisches Faktum, wie nicht zuletzt neuere Studien, z. B. Edward J. Khamaras Publikation *Space, Time, and Theology in the Leibniz-Newton Controversy* (Khamara 2006) unterstreichen. Strittig ist, wie man damit umgeht und umzugehen hat. Während die einen den Standpunkt vertreten, man könne im Rahmen einer wissenschaftlichen und wissenschaftsgeschichtlichen Auseinandersetzung die theologischen Aspekte des Briefwechsels als überflüssiges Beiwerk ausblenden, kritisieren die anderen an dieser Haltung, dass sich die Debatte zwischen Leibniz und Clarke erst vor dem theologischen Hintergrund erschließt.

jeweiligen Lagebeziehungen physikalischer Körper zu betrachten, um deren raumzeitliche Position zu bestimmen?

In diesem Zusammenhang ist es aufschlussreich sich in Erinnerung zu rufen, dass Newton im *Scholium*, welches auf die Definitionen in den *Principia* folgt, die absolute Zeit und den absoluten Raum der relativen Zeit und dem relativen Raum gegenüberstellte und zwischen der wahren und scheinbaren, mathematischen und gewöhnlichen Bedeutung besagter Begriffe unterschied. Über die Zeit sagt Newton (Koyré/Cohen 1972, 46):

Tempus absolutum, verum, & mathematicum, in se & natura sua sine relatione ad externum quodvis aequabiliter fluit alioque nomine dicitur duratio: Relativum, apparens, & vulgare est sensibilis & externa quaevis durationis per motum mensura (seu accurata seu inaequalis) qua vulgus vice veri temporis utitur; ut hora, dies, mensis, annus.

Und über den Raum (ebd.):

Spatium absolutum, natura sua sine relatione ad externum quodvis, semper manet simile & immobile: Relativum est spatii hujus mensura seu dimensio quaelibet mobilis, quae a sensibus nostris per situm suum ad corpora definitur, & a vulgo pro spatio immobili usurpatur.

Dem Wortlaut Newtons zufolge ist die relative Zeit diejenige Zeit, die messbar ist und gemessen wird. Dafür benötigt man ein Maß (der Dauer), z. B. die Umdrehung der Erde oder die Schwingung eines Pendels. Entsprechend stellt der Raum eine Ordnung der relativen Lage von Körpern dar. Gemeint ist der metrische Raum; wir würden heute genauer sagen: der dreidimensionale euklidische Vektorraum. Ausgehend von diesen Überlegungen bestimmte Newton Bewegung als relative Ortsveränderung (lat. „translatio“), und zwar relativ zu einem absoluten Bezugssystem. „Absolut“, „wahr“ und „mathematisch“ bedeutet Newton zufolge „ohne Beziehung zu irgend etwas Äußerem“ (lat. „sine relatione ad externum quodvis“). Die absolute Zeit, d. i. die Dauer (lat. „duratio“), fließe gleichmäßig (lat. „aequabiliter fluit“), der absolute Raum bleibe immer gleichartig und unbeweglich (lat. „semper manet simile et immobile“).

Am Ende des *Scholiums* fasst Newton zusammen, dass die absoluten und relativen Größen der Zeit, des Raumes, des Ortes und der Bewegung hinsichtlich dreier Aspekte zu unterscheiden sind, nämlich hinsichtlich der Eigenschaften, Ursachen und Wirkungen. Die Bewegung habe erstens die *Eigenschaft*, die nähere Umgebung „mitzunehmen“. Man denke z. B. an einen Kern in der Schale.

Verschiebt man den Kern in der Schale, ist seine absolute Bewegung nicht festzustellen, wenn man nicht die Eigenbewegung der umgebenden Schale kennt. Zweitens werde die wahre, absolute Bewegung *verursacht* durch das Einwirken einer Kraft. Drittens treten, so Newton, Fliehkräfte als Wirkung nur bei absoluter Bewegung auf.

Mit diesen Feststellungen in der letzten Passage des *Scholiums* wandte sich Newton gegen Descartes.²² Im deutlichen Bruch zur Kontinuumsmechanik und Nahwirkungstheorie Descartes' führte Newton externe, am Körper angreifende Kräfte als Ursache der Bewegungsänderung ein. Damit war die Voraussetzung gegeben, jede Bewegung, die nicht geradlinig und gleichförmig ist, folglich auch die Richtungsänderung, als Beschleunigung zu bestimmen.

Die Erklärung der Richtungsänderung rotierender Körper war im 17. Jahrhundert ein offenes und vieldiskutiertes Problem. Descartes erachtete kreisförmige und geradlinige Bewegung, Richtungsänderung und Geschwindigkeitsänderung als grundverschieden. Die infinitesimalmathematische Behandlung von

²² Zum Einfluss Descartes' auf Newton schreibt Robert Rynasiewicz: "That Newton is concerned in the scholium in large part with the views of Descartes is suggested by a number of observations. Firstly, there is his concern to justify his characterization of place as the space occupied by a body in contrast to the characterizations given by Descartes in terms of either situs or the surrounding surface. Secondly, there is his endeavor to argue directly that the order of the parts of space cannot change. Thirdly, there are the definitions of true motion and rest he singles out for criticism. The manner of defining true rest in terms of the relative position of local bodies rejected in paragraph eight is implicitly the criterion of Descartes. So is the definition of circular motion the rotating bucket experiment is used to refute" (Rynasiewicz 1995b, 299). Rynasiewicz verweist auf Newtons *De gravitatione* (Newton 1962, 123–146), in der namentlich gegen Descartes argumentiert wird, sowie auf das weniger beachtete Fragment *De motu corporum in mediis regulariter cedentibus*, welches Derek Thomas Whiteside in *The Preliminary Manuscripts for Isaac Newton's 1687 Principia, 1684–1685* (Newton 1989) aufgenommen hat. Einen detaillierten Vergleich zwischen Descartes und Newton hat Alan Gabbey in seinem neunzig Seiten umfassenden Aufsatz "Force and Inertia in the Seventeenth Century: Descartes and Newton" (Gabbey 1980) vorgelegt. Newtons intensive Auseinandersetzung mit Descartes, die letztlich in einer Ablehnung der Lehre von der „Materie in Bewegung“ mündete, ist seit jeher gut bekannt und textkritisch belegt. Beeinflusst von Isaac Barrow, Henry More und anderen Cambridger Neuplatonikern (wie Ralph Cudworth) war für Newton die Cartesische Lehre Sinnbild und Sündenbock für den verächtlichen Atheismus und Materialismus. Edwin Arthur Burtt hat diese historischen Bezüge in seinem kontrovers diskutierten Buch *The Metaphysical Foundations of Modern Physical Science. A Historical and Critical Essay* (Burtt 1924) in aller Deutlichkeit rekonstruiert. Den Einfluss Descartes' auf Newton stellte beispielsweise schon Antoine-Léonard Thomas in seiner *Eloge de René Descartes* (Thomas 1765) heraus, um der Newton-Euphorie eines Voltaires Einhalt zu gebieten. Im Grunde genommen verfolgt die heutige Newton-Forschung mit der quellenbasierten Kontextualisierung des Newton-Werkes das gleiche Ziel, die Glorifizierung Newtons zu einer wissenschaftlichen Ikone und die Inthronisation seiner *Principia* zum Prototyp der klassischen Mechanik als ungerechtfertigt nachzuweisen.

Rotationsbewegungen erlaubte es zwar, diese als beschleunigte Bewegungen zu interpretieren. Das Problem, die dabei auftretenden Trägheitskräfte zu erklären, war damit aber nicht gelöst wie Newtons berühmtes Eimerexperiment im *Scholium* zeigt (Koyré/Cohen 1972, 51):

Si pendeat situla a filo praelongo, agaturque perpetuo in orbem, donec filum a contorsione admodum rigescat, dein impleatur aqua, & una cum aqua quiescat; tum vi aliqua subitanea agatur motu contrario in orbem, & filo se relaxante, diutius perseveret in hoc motu; superficies aquae sub initio plana erit, quemadmodum ante motum vasis: at postquam, vi in aquam paulatim impressa, effecit ut haec quoque sensibilibiter revolvi incipiat; recedet ipsa paulatim a medio, ascendetque ad latera vasis, figuram concavam induens, (ut ipse expertus sum) & incitatioe semper motu ascendet magis & magis, donec revolutiones in aequalibus cum vase temporibus peragendo, quiescat in eodem relative. Indicat hic ascensus conatum recedendi ab axe motus, & per talem conatum innotescit & mensuratur motus aquae circularis verus & absolutus, motuique relativo hic omnino contrarius.

Newton dachte sich einen mit Wasser gefüllten Eimer an einem Seil aufgehängt. Der Eimer wird zunächst festgehalten. Entsprechend befinden sich Eimer und Wasser im Zustand der relativen Ruhe zueinander. (Die Wasseroberfläche ist eben.) Lässt man den Eimer los, beginnt der Eimer zu rotieren. Das Wasser aber befindet sich zunächst noch im Zustand der Ruhe, was bedeutet, dass Wasser und Eimer nun nicht mehr relativ zueinander in Ruhe sind, sondern zueinander in relativer Bewegung. Nach einer bestimmten Zeit beginnt auch das Wasser (durch Reibungskräfte) zu rotieren. Es bildet sich eine paraboloidale Oberfläche. Hält man den Eimer an, wird das Wasser für eine gewisse Zeit noch weiter rotieren und seine paraboloidale Oberfläche beibehalten, ehe es zur Ruhe kommt.

Newton's Gedankenexperiment ist bis heute Gegenstand eines umfangreichen Disputes.²³ George Berkeley entgegnete, wie später Ernst Mach, dass das Eimerexperiment auf einer *petitio principii* beruht, weil der absolute Raum als

²³ Bekannt und viel zitiert ist Ernst Machs Kritik. Mach warf Newton vor, dass die Wölbung des Wassers auf eine Relativbewegung in Bezug zu den fernen Massen des Fixsternhimmels zurückzuführen sei, nicht auf die Existenz eines empirisch ohnedies nicht nachweisbaren absoluten Raumes: „Der Versuch Newton's mit dem rotierenden Wassergefäß lehrt nur, daß die Relativdrehung des Wassers gegen die Gefäßwände keine merklichen Zentrifugalkräfte weckt, daß dieselben aber durch die Relativdrehung gegen die Masse der Erde und die übrigen Himmelskörper geweckt werden“ (Mach 1883, 256). Einen Diskussionsüberblick bietet der von Julian B. Barbour und Herbert Pfister herausgegebene Band *Mach's Principle: From Newton's Bucket to Quantum Gravity* (Barbour/Pfister 1995). Die Beiträge des Bandes ver-

das zu Beweisende vorausgesetzt wird (Berkeley 1721, § 52–66). Der Vorwurf sei unzutreffend, erwiderten andere. Newton habe mit seinen Überlegungen die Existenz des absoluten Raumes gar nicht beweisen, sondern lediglich verständlich machen wollen, dass der absolute Raum die notwendige Voraussetzung für das Auftreten der Fliehkräfte, d. i. Trägheitskräfte, ist. Würde die Rotation des Wassers nicht relativ zum absoluten Raum erfolgen, ließe sich nicht erklären, warum das Wasser an den Eimerwänden ansteigt. Dieser Schluss sei voreilig, meinten wieder andere. Denn die Ursachen für die beobachtbare Wasserkrümmung sind Fliehkräfte von der Achse der Kreisbewegung, nicht der absolute Raum. Das sei zwar korrekt, ändere aber nichts an der Tatsache, dass die Fliehkräfte nicht auftreten könnten, wenn der Raum nicht absolut wäre. Diesen Standpunkt vertraten beispielsweise Leonard Euler in seiner Arbeit « Reflexions sur l'espace et le temps » (Euler 1748) und Colin MacLaurin in seinem Werk *An Account of Sir Isaac Newton's Philosophical Discoveries* (MacLaurin 1748, 102):

but this perserverance of a body in a state of rest can only take place with relation to absolute space, and can only be intelligible by admitting it.

Für Protagonisten des Relationalismus von Raum und Zeit stellte die Behauptung, dass das Trägheitsgesetz die Existenz eines absoluten Raumes und einer absoluten Zeit zur Bedingung hat, eine Herausforderung dar. Während die Newtonianer die Absolutheit des Raumes und der Zeit als notwendige Folge des Trägheitsgesetzes erachteten, behaupteten die Leibnizianer, dass die Annahme der Existenz des absoluten Raumes und der absoluten Zeit das Prinzip des zureichenden Grundes verletzt, genauer: das Prinzip der ausnahmslosen kausalen Determiniertheit der Welt und Wirklichkeit. Im einen Fall wurde die Wahrheit des Trägheitsgesetzes vorausgesetzt und aus diesem auf die Wahrheit der Behauptung von der Absolutheit des Raumes und der Zeit geschlossen. Im anderen Fall ging man davon aus, dass das Prinzip des zureichenden Grundes wahr ist. Aus diesem wurde geschlussfolgert, dass die Annahme der Absolutheit des Raumes und der Zeit falsch ist. In beiden Fällen setzte die Wahrheit der Konklusion die Wahrheit der Prämissen voraus. Offenbar konnte aber nur eine der beiden Prämissen wahr sein: entweder das Trägheitsgesetz oder das Prinzip des zureichenden Grundes.

mitteln einen instruktiven Abriss über die facettenreiche Geschichte des Eimerexperiments, thematisieren Interpretationsschwierigkeiten von Newton über Mach bis zu Einstein, von der klassischen Mechanik über die Allgemeine Relativitätstheorie bis hin zu aktuellen Theorien zur Quantengravitation und liefern fundierte historische Kontextualisierungen der jeweiligen Positionen.

Für du Châtelet war klar: Die Falschheit des Prinzips des zureichenden Grundes war ausgeschlossen, die Falschheit des Trägheitsgesetzes damit aber nicht bewiesen. Gelänge es, das Trägheitsgesetz aus dem Prinzip des zureichenden Grundes zu begründen, hätte sich der Streit erübrigt, ob das Trägheitsgesetz den absoluten Raum und die absolute Zeit notwendig voraussetzt.

5.2.2 Materie und Kraft

Ging es in den Kapiteln über Raum und Zeit darum klarzustellen, dass die Gegenstände unserer phänomenalen Welt und Wirklichkeit raumzeitlich geordnet und strukturiert sind, Raum und Zeit folglich nicht selbst Gegenstände dieser Welt und Wirklichkeit sind, setzt sich du Châtelet in den darauffolgenden Kapiteln mit der Frage auseinander, was unter Materie zu verstehen ist. Bezüglich Raum und Zeit hatte du Châtelet die Position des Absolutismus derjenigen des Relationalismus gegenübergestellt. Bezüglich der Frage nach der Materie unterscheidet sie die atomistische von der kontinuierlichen Auffassung.

Auf den ersten Blick fordern beide Fälle eine Entscheidung: Entweder man ist der Ansicht, dass Raum und Zeit absolut sind, d. h. unabhängig von den materiellen Körpern, oder aber relational, d. h. abhängig von diesen. Analog: Entweder man ist der Meinung, dass die Materie aus kleinsten Teilchen aufgebaut ist, die nicht weiter teilbar sind, oder man streitet dies ab.

Das argumentative Ziel, welches du Châtelet verfolgte, war ein anderes. Sie wollte zeigen, dass die Fragen nach den Elementen der Materie, den « *Éléments de la Matière* », wie das siebte Kapitel lautet, und nach der Natur der Körper, « *De la Nature des Corps* », so das achte Kapitel überschrieben ist, ohne Rekurs auf den Kraftbegriff nicht beantwortet werden können. Dreh- und Angelpunkt ihrer Kritik war die Mechanik Newtons. Sie knüpfte dabei an die Leibnizsche Dynamik an. Als Ausgangspunkt ihrer Erörterung rekurrierte sie auf die Cartesische Kinematik.

Descartes war der Meinung, dass Ausdehnung „das Singularitäts- und Ausschließungsprädikat von Materie und Körperlichkeit schlechthin“ (Saltzer 2000, 44) und folglich notwendig und hinreichend für die Bestimmung von Materie sei. Du Châtelet gab zwar Descartes darin Recht, dass Körperliches, Materielles und Räumliches ausgedehnt seien. Aber Ausdehnung sei kein hinreichendes Kriterium, mittels der sich der Materiebegriff bestimmen ließe, noch eine Substanz. Denn eine Substanz könne per definitionem nicht ausgedehnt sein (Du Châtelet 1742, § 120):

car il n’y a de véritables substances que les Etres simples.

Zum Argumentationsgang du Châtelets: Ausdehnung impliziert Teilbarkeit. Etwas kann nicht zugleich ausgedehnt und unteilbar sein (ebd., § 121). Ein

unendlich und unbegrenzt ausgedehnter und teilbarer Körper sei geometrisch gesehen zwar möglich, d. h. man kann sich die Teilung bis ins Unendliche fortgesetzt denken. Aber sie sei de facto nicht durchführbar. Von der unendlichen Theilbarkeit eines geometrischen Körpers, der per definitionem aufgrund seiner Dreidimensionalität (in Höhe, Breite und Tiefe) ausgedehnt ist, auf die unendliche Teilbarkeit der Materie zu schließen, hielt du Châtelet für einen Fehlschluss, weil zwischen möglicher Teilbarkeit und wirklicher Teilung nicht differenziert würde. Deshalb folgert du Châtelet, die unendliche Teilbarkeit der Ausdehnung sei eine geometrische Wahrheit, aber ein physikalischer Irrthum (ebd., § 194):

Ainsi, la divisibilité de l'étendue à l'infini est en même tems une vérité Géométrique, & une erreur physique.

Dem Prinzip des zureichenden Grundes zufolge muss die Ausdehnung einen zureichenden Grund haben. Dieser Grund erfordere die Annahme der Existenz von etwas, das unausgedehnt ist, d. h. keine Teile hat, will man sich nicht in das Dilemma eines *infinitus regressus* oder eines *circulus vitiosus* verstricken (ebd., § 120).

Dem Schluss vom Zusammengesetzten auf das Einfache entspricht das regressive, analytische Verfahren von dem Bedingten zur Bedingung, von Folgen auf Gründe, von Wirkungen auf Ursachen. Dem Umkehrschluss, das Zusammengesetzte aus dem Einfachen zu erklären, korreliert die progressive oder synthetische Methode, von dem Bedingenden zu dem Bedingten fortzuschreiten, d. h. ausgehend von den Ursachen und Gründen die Wirkungen und Folgen zu prognostizieren. Diese Sichtweise setzt das Prinzip des zureichenden Grundes voraus, genauer: das Kausalprinzip. Die Substantialität der Materie erkennen wir durch ihrer Wirkung, d. h. durch Kräfte, und können so die materiellen Bedingungen unserer Welt und Wirklichkeit in ihrer bewegten Vielfalt erforschen. Um du Châtelet zu zitieren (ebd., § 141):

L'étendue qui résulte de la composition n'est donc pas la seule propriété qui convienne au Corps & qui compose son essence, il y saut ajouter encore le pouvoir d'agir: ainsi la force qui est le principe de l'action se trouve répandue dans toute la Matière, & il ne sauroit y avoir de Matière sans force motrice, ni de force motrice sans Matière, comme quelques Anciens l'avoient fort bien reconnu.

In deutlicher Abgrenzung zu Descartes machte du Châtelet geltend, dass der Materie nicht nur die Eigenschaft der Ausdehnung zukomme, sondern auch die Kraft (ebd., § 139). Sie sei das Vermögen etwas zu bewirken bzw. zu tun

und zu erleiden: « pouvoir de l'agir ». An anderer Stelle spricht du Châtelet auch von der Kraft als « principe de l'action se trouve répandue dans toute la Matière » (ebd., § 141).

In diesem Kontext ist du Châtelets Feststellung zu verorten, dass es keine Materie ohne bewogende Kraft, und keine bewogende Kraft ohne Materie gibt: « il ne sauroit y avoir de Matière sans force motrice, ni de force motrice sans Matière, comme quelques Anciens l'avoient fort bien reconnu » (ebd., § 141).²⁴

Das erinnert an Leibniz.²⁵ Allerdings stand du Châtelet dessen Monadenlehre reserviert gegenüber. Viele Aspekte, die Leibniz mit den Monaden verband, erwähnt sie wohl wissend an keiner Stelle, z. B. die Stufenkonzeption der Monaden und die Unterscheidung von Apperzeption und Perzeption.

Die Skepsis gegenüber bestimmten Kernthesen der Monadologie Leibniz' teilte du Châtelet mit Christian Wolff. Dieser habe dem Lehrgebäude Leibniz' eine neue Gestalt, d. h. « une forme toute nouvelle » (ebd., § 119) verliehen. Ihre Äußerungen zum Kraftbegriff gehen zum großen Teil mit der Lehrmeinung Wolffs konform. Wolff bestimmte die Kraft als dasjenige, „worinnen der Grund von der Bewegung zu finden“ (Wolff 1720, § 623) sei. An anderen Stellen spricht Wolff auch von der Kraft als „Quelle der Veränderungen“ oder der „Bemühung etwas zu thun“ (ebd., § 117) und grenzt sie von einem Vermögen, welches nur die Möglichkeit etwas zu thun meine, ab. Durch die Kraft werde „die Möglichkeit zur Wirklichkeit gebracht“ und „erlanget ein Ding seine Erfüllung“ (ebd., § 120).

Im Unterschied zu Wolff definierte du Châtelet „Materie“ vermittelt dreier Kriterien: Ausdehnung (frz. « étendue »), widerstehende Kraft (frz. « force résistante ») und bewogende Kraft (frz. « force motrice ») (Du Châtelet 1742, § 147):

²⁴ Paul V. Moriarty interpretiert du Châtelets Feststellung als eine Vorwegnahme der relativistischen Masse-Energie-Äquivalenz: “If Du Châtelet had lived in the twentieth century, Albert Einstein would almost certainly have been a hero of hers. His famous equation $E = mc^2$ is an intellectual descendant of les force vives ($E = mv^2$); and in fact Einstein's account of the relation between matter and energy would almost certainly have appealed to Du Châtelet, who criticised Descartes for his claim that the essence of matter is extension. She argued in the eighteenth century that energy is as necessary a part of the essence of matter as is extension, and that there can be no matter without energy nor energy without matter” (Moriarty 2006, 222f.). Moriartys Interpretation ist diskutabel, weil zu du Châtelets Zeit die heute übliche Differenzierung zwischen Kraft, Energie und Impuls ebensowenig bekannt war wie die Definition von Arbeit als Kraft mal Weg und Leistung als Quotient aus verrichteter Arbeit und dafür aufgewendeter Energie.

²⁵ Du Châtelet bezieht sich mehrfach explizit auf Leibniz. Um ein Beispiel zu zitieren: « l'on comprend ce que Mr. de Leibnits entendoit lorsqu'il disoit que le véritable caractère de la Substance est d'agir, qu'elle se distingue des accidens par l'action, & qu'il est impossible de la concevoir sans force » (Du Châtelet 1742, § 128).

Ces trois principes, favoir, l'étendue, la force passive, & la force motrice, ne dépendent point l'un de l'autre; [...] Ainsi, la force active & la force passive ne naissent point de l'étendue, & ces deux forces ne sont point une suite l'une de l'autre, ni l'origine de la propriété qu'on nomme étendue.

Die Abweichung von Wolff war kein Lapsus, die Frage nach den Eigenschaften der Materie kein bloßer Streit um Worte und die Metaphysik „dahinter“ keine irrelevante Spekulation. Zur Diskussion stand das Newtonsche Trägheitsprinzip.²⁶ Gemäß der klassischen Mechanik heutiger Lehrbücher postuliert dieses einen kräftefreien Zustand eines Körpers. Es besagt, dass ein Körper in seinem Bewegungszustand verharret, solange keine Kraft auf ihn wirkt.

Die Trägheitsbewegung im Sinne Newtons war jedoch nicht kräftefrei, sondern frei von äußeren Kräften. Diesen bedeutenden Unterschied zwischen der heutigen klassischen Trägheitstheorie und derjenigen Newtons stellte u. a. Walter Salzer heraus. Es sei irreführend, „bei einer Trägheitsbewegung im Sinne Newtons von einer „kräftefreien“ Bewegung zu sprechen, da sie nur durch die *vis insita* qua *vis inertiae* aufrechterhalten wird; frei ist sie lediglich von äußerlich angreifenden Kräften“ (Saltzer 2000, 37).²⁷ Ein Körper verharret in seinem Bewegungszustand, solange keine *äußere* Kraft auf ihn einwirkt, heißt es in den *Principia*.

Newton unterschied zwischen einer von außen auf den Körper wirkenden Kraft und einer Kraft, die dem Körper inhärent ist.²⁸ Die von außen auf den Körper wirkende Kraft verursacht Newton zufolge die Änderung des Bewegungszustandes eines Körpers. Newton nannte sie auch die „eingedrückte“ Kraft (lat. *vis impressa*). Der Begriff „vis impressa“ wurde nicht von Newton neu eingeführt, sondern hat seine Wurzeln in der scholastischen Impetus-theorie. „Die Kraft- und Bewegungslehre der *Impetus-Physik* dachte sich“, wie Werner Kutschmann feststellt (Kutschmann 1983, 18):

das Zustandekommen von Bewegung durch die Übertragung ei-

²⁶ Dies hebt auch Annie Gireau-Geneaux in ihrem Artikel « Mme Du Châtelet entre Leibniz et Newton: matière, force et substance » (Gireau-Geneaux 2001) hervor.

²⁷ Dass Newtons „Vorstellungen von Trägheitsbewegungen nicht mit den unsrigen der ‚Kräftefreiheit‘ solcher Bewegungen übereinstimmen“ (Kutschmann 1983, 12), unterstreicht auch Werner Kutschmann.

²⁸ An dieser Stelle kann nicht detailliert auf die Fülle von Studien zu Newtons Kraftbegriff eingegangen werden. Als grundlegende Arbeit gilt Richard S. Westfalls *Force in Newton's Physics. The Science of Dynamics in the Seventeenth Century* (Westfall 1971). Von den deutschsprachigen Arbeiten verdienen u. a. Ricardo Lopes Coelho's Buch *Zur Konzeption der Kraft der Mechanik* (Coelho 2001) und das schon mehrfach zitierte Buch Werner Kutschmanns *Die Newtonsche Kraft. Metamorphose eines wissenschaftlichen Begriffs* (Kutschmann 1983) Beachtung zu werden.

ner gewissen Größe, genannt „impetus“ [...]. Der Impetus oder, wie er auch bezeichnet wurde, die „vis impressa“, war als eine vom Beweger übermittelte substantiale Größe gedacht, die sowohl Bewegungs-Ursache als auch Bewegungs-Größe verkörpere, deren Erlöschen oder Aufzehren dann auch zum Ende der Bewegung führe.

Genauer gesagt bedeutet Impetus „die Kraft, die im Moment der Bewegung erzeugt wird, und vom Beweger auf einen anderen Körper, den Bewegten, übertragen wird“ (Fieberg 1998, 22).²⁹ Die Trägheitskraft (lat. *vis inertiae*) erachtete Newton als die Ursache dafür, dass ein Körper seinen Bewegungszustand beibehält, d. h. im Zustand der Ruhe oder der gleichförmig geradlinigen Bewegung verharrt. Diese bezeichnete Newton auch als innere bzw. inhärente Kraft (lat. *vis insita*), durch die der Materie die Fähigkeit verliehen werde, Widerstand zu leisten (lat. *potentia resistendi*).

Das heißt nicht, dass für Newton die *vis insita* nur ein anderer Name für die *vis inertiae* war. Trägheit setzt die Wechselwirkung zwischen Körpern voraus. Die innere Kraft kommt einem Körper auch unabhängig von seiner Wechselwirkung mit einem anderen Körper zu.³⁰ Sie ist eine essentielle Eigenschaft eines Körpers, die diesem „innewohnt“: „Corporis vis insita innata et essentialis“ (Newton 1974, 191), heißt es in *De Motu Corporum in mediis regulariter cedentibus*, einem Manuskript aus dem Jahre 1684/85. Dieser „Kraft der Inaktivität“ ist eine Kraft im Sinne von Aktivität gegenüberzustellen. Sie „ist eigentlich kein den Körpern inhärentes Moment, sondern grundsätzlich Wechselwir-

²⁹ Michael Wolff nennt dies in seiner grundlegenden Studie zur *Geschichte der Impetustheorie* „Prinzip der Übertragungskausalität“: „Das Prinzip der Übertragungskausalität ermöglicht es gerade, die künstlich erzwungenen Bewegungen auf ein „inneres“ Bewegungsprinzip zurückzuführen, welches zwar nicht aus Physis oder Psyche des bewegten Dinges herrührt, aber ihm vom Beweger als Kraft eingepägt wird. [...] Mit der Impetustheorie wird, wie wir sehen werden, der für die Aristotelische Kosmologie fundamentale und für die ganze vorneuzeitliche Naturtheorie zugrundeliegende Entgegensetzung von „Physik“ und „Mechanik“ so wesentliche Gegensatz zwischen natürlichen und künstlich erzwungenen Bewegungen eingegebenet“ (Wolff 1978, 24).

³⁰ Diesen diffizilen Unterschied zwischen der *vis inertiae* und *vis insita* sieht auch Friedrich Steinle: „Der Unterschied scheint im Folgenden zu liegen: Von Trägheit ist nur im Zusammenhang mit Bewegungsänderungen des Körpers die Rede, d. h. bei seiner Wechselwirkung mit anderen Körpern. Die innewohnende Kraft dagegen kommt – so Newtons Auffassung – dem Körper auch völlig unabhängig von jeder solchen Wechselwirkung zu; und die Trägheit kann eben als Äußerung der innewohnenden Kraft bei Wechselwirkungen aufgefaßt werden“ (Steinle 1992, 97). Steinle fährt fort: „Die Trägheit, insofern sie als Widerstand gegen Bewegungsänderung aufgefaßt wird, ist eine rein relationale Größe; gäbe es nur einen Körper auf der Welt, hätte sie keinen Sinn. Newton entgeht dieser Folgerung durch die Einführung der innewohnenden Kraft, die als immer im Körper vorhanden gedacht wird und deshalb als essentiell gedacht werden kann“ (ebd., 104).

kung – sie entsteht gewissermaßen allererst aufgrund der Interaktion zwischen den Körpern und wird durch ihre Beziehung zueinander bestimmt“ (Schmidt 2010, 364).³¹

Descartes erklärte eine Änderung der Trägheitsbewegung durch Druck- und Stoßprozesse.³² Beim Aufprall eines Körpers auf einen anderen geht nach Descartes ein bestimmtes Quantum an Bewegung (lat. *quantitas motus*, frz. *quantité de mouvement*) von dem einen Körper auf den anderen über. Bei Newton hingegen unterliegen beide Körper der Bewegungsänderung. Deren Größe resultiert aus dem wechselseitigen Einwirken der Körper. Druck und Stoß sind abhängig von der Bewegungsänderung, und nicht mehr wie bei Descartes von der Bewegungs- bzw. Ruhemenge des Körpers.

Dieser Unterschied war ein wesentlicher. Für Newton berechnete sich die *quantitas motus* aus dem Produkt von Geschwindigkeit (lat. *velocitas*) und Materiemenge (lat. *quantitas materiae*), die Materiemenge aus dem Produkt von Dichte (lat. *densitate*) und Volumen bzw. Rauminhalt (lat. *magnitudine*). Die Dichte ist der Grad, mit dem das Volumen eines Körpers von Materie erfüllt ist. Um die Diskrepanz gegenüber Descartes hervorzuheben, der die *quantitas materiae* mit Ausdehnung gleichsetzte, ergo die *quantitas motus* als proportional zur Geschwindigkeit und räumlichen Ausdehnung bestimmte, führte Newton den Massebegriff ein und setzte mit diesem Schritt zugleich die Materiemenge mit der Körpermenge gleich.³³ Auf Basis der so gewonnenen Neubestimmung der *quantitas materiae* gelangte Newton zur Neufassung

³¹ Max Jammer erklärt diese Besonderheit durch eine Metapher: „Obwohl diese „Kraft der Inaktivität“, wie Newton ausdrücklich sagt, nur dann ausgeübt wird, wenn eine andere Kraft das Bestreben hat, den Zustand des Körpers zu verändern, so existiert die Kraft als solche in dem Körper, als wenn sie die ganze Zeit ihren Winterschlaf hielte“ (Jammer 1964, 74). Domenico Bertoloni Meli deutet Newtons Trägheitskraft als eine Art von „latenter“ Kraft: “Thus the force of inertia should be seen as a force present in the body at all times, but actually exerted only during a change of state. For this reason John Herivel perceptively called it a ‘potential’ force. For the same reasons I shall call it a latent force ready to manifest itself only in the right circumstances. Thus no impressed force is required for a body to preserve its state of rest or rectilinear uniform motion; or, as Newton put it, impressed force ‘consists solely in the action and does not remain in a body after the action has ceased. For a body perseveres in any new state solely by the force of inertia’” (Meli 2006, 324). Für diese Interpretation spricht, dass durch das englische Wort “latent” eine Reihe von Bedeutungsnuancen abgedeckt werden, die Newton der Trägheitskraft unterlegte: “hidden”, “inner”, “secret”, “inactive”, “resting”, “idle”, “potential” etc. Durch die geläufige Deutung der Trägheitskraft als eine potentielle Größe ist allerdings der Bezug zur geometrischen Methode Newtons offensichtlicher.

³² Die Kerngedanken seiner Bewegungslehre formulierte Descartes im zweiten Teil „De principiis rerum materialium“ seiner *Principia Philosophiae* (Descartes 1644, II § 1ff.).

³³ Etymologisch geht das Wort „Masse“ auf lat. *massa* zurück, was soviel wie „Teigklumpen“ heißt. Ursprung des heutigen Massebegriffs der klassischen Mechanik ist hingegen, wie dargelegt, das Wort *quantitas materiae*.

der *quantitas motus*, indem er zwei weitere Größen wechselseitig aufeinander bezog, die *vis insita* und die *vis impressa*: erstere als die Ursache für Gleichbleibendes und Erhaltendes, zweitere als die Ursache für Veränderung.³⁴ Die wechselseitige Korrelation zwischen aktiver und passiver Kraft erschließt sich bei Newton beispielhaft am Verhältnis von Trägheit und Gravitation.

5.2.3 Trägheit und Schwere

In den Kapiteln « De la Pesanteur » (Kapitel 13), « Suite des Phénomènes de la Pesanteur » (Kapitel 14), « Des Découvertes de M. Newton sur la Pesanteur » (Kapitel 15) und « De l'Attraction Newtonienne » (Kapitel 16) setzt sich du Châtelet mit der Gravitationsproblematik auseinander. Mit einem sachkundigen Rekurs auf die Galileischen Fallgesetze³⁵ und die Keplergesetze würdigt die Marquise Newtons Leistung, mit seinem Gravitationsgesetz beides vereinheitlicht zu haben.³⁶ Das Gravitationsgesetz macht eine Aussage über das Attraktionsverhältnis zwischen zwei Körpern in Abhängigkeit zu deren Masse und ihrem gegenseitigen Abstand. Es besagt, dass der Betrag der Gravitationskraft proportional zum Produkt der beiden Massen und umgekehrt proportional zum Quadrat des Abstandes der beiden Massen ist.

Die Schwierigkeit, vor der sich Newton gestellt sah, „bestand darin zu zeigen, daß die quadratische Beziehung für die Zentripetalkraft dem Keplerschen Gesetz von der elliptischen Umlaufbahn und dem Flächensatz entspricht“ (Cohen 1987, 23). Zur Herleitung des Gravitationsgesetzes ging Newton von geometrischen Überlegungen zu einfachen Ellipsenbewegungen aus (gemeint ist

³⁴ In dem Fragment *De Gravitatione et aequipondio fluidorum* bezeichnete Newton die Kraft explizit als das kausale Prinzip von Ruhe und Bewegung. Sodann unterscheidet er in den Definitionen V–VIII zwischen der äußeren und inneren Ursache. Erstere setzt er mit der *vis impressa* gleich, die Bewegung erzeugt oder vernichtet, jedenfalls ändert, letztere mit der *vis insita*, die den Zustand der Ruhe oder Bewegung erhält. Es folgt eine weitere Klassifikation des Kraftbegriffes in *conatus*, *impetus* und *inertia*. *Conatus* meint die durch einen Widerstand gehemmte Bewegungstendenz, *impetus* die eingeprägte Kraft und *inertia* die innere Kraft (Newton 1962, 89–156).

³⁵ Seit Galilei war bekannt, dass schwerere Körper nicht schneller fallen als leichtere, auch wenn dies die Alltagserfahrung nahelegt. Vielmehr fallen alle Körper unabhängig von ihrer Gewichtskraft gleich schnell. Dies unterstreicht auch du Châtelet bei gleichzeitiger Kritik an Aristoteles. Dieser sei „ein großer Mann, aber schlechter Physiker“ gewesen: « un grand-homme, mais c'étoit un mauvais Physicien » (Du Châtelet 1742, S. 269). Ihm stellt sie Galilei als gutes Beispiel gegenüber, aus dessen Werk *Dialogo di Galileo Galilei sopra i due Massimi Sistemi del Mondo Tolemaico e Copernicano* (1630) sie wörtlich zitiert und ausführlich Versuche zur experimentellen Bestätigung des Fallgesetzes (u. a. von Robert Boyle, William Derham und Jean Théophile Desaguliers) beschreibt.

³⁶ Begleitend dazu empfiehlt sich Alexandre Koyrés Artikel « La gravitation universelle de Kepler à Newton » (Koyré 1951).

damit z. B. die Bewegung eines Kegelpendels) und verallgemeinerte diese für den Keplerfall, bei dem das Kraftzentrum nicht im Mittelpunkt, sondern in einem Brennpunkt der Ellipse liegt. Er bediente sich dabei des Keplerschen Flächensatzes, den er in Buch I, Theorema I, Abschnitt II bewiesen hatte.³⁷

Newton legte nicht nur dar, dass dann, „wenn die Trägheit die eine Komponente der Bewegung und die andere die zu $1/r^2$ proportionale Zentripetalkraft ist, die Bahnkurve des Planeten eine Ellipse sein muß. [...] Umgekehrt konnte Newton auch zeigen, daß dann, wenn die Bahn elliptisch ist, die Zentripetalkraft proportional zu $1/r^2$ sein muß“ (Kuhn 2001, 231). Aufgrund der Wechselwirkungen der Planeten miteinander und mit der Sonne bewegen sich die Planeten allerdings nicht exakt auf Ellipsen. Die Kepler-Gesetze haben hier nur noch approximative Gültigkeit.

Kritiker warfen Newton vor, dass sein Berechnungsmodell eine instantane Gravitationswirkung und damit eine Fernwirkung vorsehe, derzufolge sich auch noch so weit auseinanderliegende Körper im leeren Raum gegenseitig beeinflussen können.³⁸ Newton betonte demgegenüber, dass das Gravitationsgesetz die Schwebewegung mathematisch zu berechnen erlaube, aber nichts über die Ursache der Gravitation aussage.

Die Auffassung, derzufolge die Frage nach der Ursache der Gravitation belanglos sei, findet bis heute viele Sympathisanten. Allen voran wiesen die Empiristen diese Frage als sinnlos und wissenschaftlich unseriös zurück und verbanden diese Ablehnung mit einer scharfen Metaphysikkritik. Newton galt ihnen dafür als Gewährsmann. Tatsächlich aber erachtete Newton selbst die Frage nach der Ursache der Gravitation keineswegs als irrelevant und bedeutungslos.

Im *Scholium Generale*, das als Anhang der zweiten Edition der *Principia* von 1713 beigefügt und mit einigen Modifikationen in die dritte Edition von 1726 übernommen wurde, zog Newton als Ursache der Schwerkraft einen alles durchdringenden feinstofflichen „Spiritus“ als Ausdruck für die Omnipräsenz Gottes in Erwägung. In einem Brief an Richard Bentley vom 25. Februar 1692/93 ist zu lesen (Newton 2004, 102f.):

It is unconceivable that inanimate brute matter should, without the

³⁷ Was hier in aller Kürze zu Newtons Herleitung des Gravitationsgesetzes gesagt wird, ist Gegenstand einer bis heute geführten umfangreichen Kontroverse. Einen Einblick bietet William L. Harpers viel beachtetes Buch *Isaac Newton's Scientific Method: Turning Data into Evidence about Gravity and Cosmology* (Harper 2011) und der von Andrew Janiak und Eric Schliesser herausgegebene Sammelband *Interpreting Newton. Critical Essays* (Janiak/Schliesser 2012).

³⁸ Diesen Vorwurf erhob u. a. Leibniz in einem Brief an Nikolaus Hartsoeker aus dem Jahr 1711, der 1712 in der Märzangabe der *Memoires de Trévoux* sowie in den *Memoirs of Literature* im Mai deselben Jahres und im *Journal des sçavans* im Dezember veröffentlicht wurde (Lodge 2004, 291).

mediation of something else which is not material, operate upon and affect other matter without mutual contact, as it must be, if gravitation in the sense of Epicurus, be essential and inherent in it. And this is one reason why I desired you would not ascribe innate gravity to me. That gravity should be innate, inherent, and essential to matter so that one body may act upon another at a distance through a vacuum without the mediation of anything else, by and through which their action and force may be conveyed from one to another, is to me so great an absurdity that I believe no man who has in philosophical matters any competent faculty of thinking can ever fall into it. Gravity must be caused by an agent acting constantly according to certain laws; but whether this agent be material or immaterial, I have left to the consideration of my readers.

Newton wehrt sich hier entschieden gegen die Behauptung, die Gravitation sei eine inhärente und essentielle Eigenschaft der Materie. Wer diese Meinung vertrete, der könne nicht erklären, wie es möglich sein sollte, dass sich Körper völlig unvermittelt im leeren Raum gegenseitig anziehen.³⁹ Im Zuge seiner Abkehr von Descartes und unter dem Einfluss des Cambridger Neuplatonismus distanzierte sich Newton von einer mechanischen Äthertheorie, welche die Gravitation aus Druck- und Stoßprozesse herleitet.⁴⁰

Als Ursache für die gravitative Wechselwirkung kam Newton zufolge nur ein immaterielles Prinzip in Frage. War zunächst die aktive Kraft das immaterielle

³⁹ Folgt man der Interpretation Betty Jo T. Dobbs (Dobbs 1991b), vertrat zwar Newton wie Epikur einen Atomismus, demzufolge die Materie aus kleinsten, nicht weiter teilbaren Elementen besteht. Doch stimmte Newton nicht mit Epikur hinsichtlich des Erhaltungsprinzips der Materie überein, wonach die Atome etwas prinzipiell Unerschaffenes und Unzerstörbares sind und jedes einzelne Atom *per se* die Eigenschaft hat schwer zu sein. Newton befürchtete, dass dieses Erhaltungsprinzip einem Atheismus Tür und Tor öffnen würde. Deshalb griff Newton auf die stoische $\pi\nu\epsilon\rho\upsilon\mu\alpha$ -Theorie von einem alles durchdringenden göttlichen Spiritus bzw. Lebensgeistes zurück, um seine Vorstellung von einem immateriellen Äther schöpfungstheologisch zu begründen und in seine Mechanik der Kräfte zu integrieren.

⁴⁰ Newtons Studien zur Alchemie und Biblexegese trugen Ihriges dazu bei. Obwohl Newtons Interesse an der Alchemie schon lange bekannt ist, erfolgte eine Neubewertung der alchemischen Studien Newtons erst mit der umfassenden Aufarbeitung seines Nachlasses im 20. und 21. Jahrhundert. Neben Betty Jo T. Dobbs viel beachtete Publikationen *The Foundations of Newton's Alchemy, or, "The Hunting of the Greene Lyon"* (Dobbs 1975) und *The Janus Faces of Genius: The Role of Alchemy in Newton's Thought* (Dobbs 1991a) ist Karin Figala mit ihrer Arbeit "Die exakte Alchemie von Isaac Newton: seine ‚gesetzmäßige‘ Interpretation der Alchemie – dargestellt am Beispiel einiger ihn beeinflussender Autoren" (Figala 1984) zu würdigen. Einen Einblick in Newtons theosophische und religiöse Überlegungen vermittelt der von James E. Force und Richard Henry Popkin edierte Band *Newton and Religion: Context, Nature, and Influence* (Force/Popkin 1999).

Agens, kam der „zum Mystizismus und zur Theosophie prädisponierten Geiste Newtons“, wie Kurd Lasswitz feststellte, später zu der Überzeugung, „daß der immaterielle und unkörperliche Raum wirklich eine Substanz sei, erfüllt von der Gegenwart Gottes als eines unendlichen Geistes, und daher fähig, die materiell nicht begreifbare Fernwirkung durch eine immaterielle Vermittlung zu ersetzen“ (Lasswitz 1890, 536).⁴¹

Der Äther, den Newton in den *Queries* seiner *Opticks* (1717) beschreibt, ist keine *matière subtile*, sondern ein *subtilissimus spiritus*. Dieser *spiritus*, den Newton im *Scholium Generale* mit dem als höchstes Wesen verstandenen Gott identifiziert, ist ein aktive Bewegungsprinzip nicht nur der Schwerebewegung, sondern auch des chemischen Wandels wie überhaupt das Medium der Anziehungs- und Abstoßungskräfte der korpuskularen Bausteine der physikalischen Körper. Gernot Böhme schreibt (Böhme 2004, 159):

Der newtonsche Äther hat gewisse Eigenschaften, die die Materie nach Newton sonst nicht hat. Er enthält nämlich ein aktives Prinzip, während nach Newton Materie sonst nur träge ist. Und er übt repulsive Kraft aus, während sonst Newton alle Kräfte als zentripetale oder dynamische Kräfte zu identifizieren sucht. Der Äther ist insofern etwas anderes als Materie, gleichwohl er ist nicht einfach ein *spirit*. Er ist, wie Descartes' Feuer, eine Substanz, die alle anderen durchdringt und auch den „leeren“ Raum erfüllt.

Ohne Wechselwirkung zwischen Körpern gäbe es keine Gravitation. Deshalb erachtete Newton die Gravitation zwar als eine universelle, aber weder essentielle noch inhärente, sondern relationale und akzidentielle Eigenschaft der Körper.

⁴¹ Dass sich Fernkraft- und Ätherhypothese bei Newton aufgrund dessen immateriellen, theosophischen Deutung nicht gegenseitig ausschließen, brachte Steffen Ducheyne (Ducheyne 2011) kürzlich gegen Hylarie Kochiras' These vor, Newton habe eine in die Ferne wirkende Kraft abgelehnt und die Existenz eines Äthers als vermittelndes Medium zwischen den gravitierenden Körpern angenommen (Kochiras 2009). In eine ähnliche Richtung zielt Eric S. Schliessers (Schliesser 2011) Kritik an Andrew Janiaks Meinung, dass Newtons Äthertheorie das Wirken einer Fernkraft nicht zulässt (Janiak 2007). Ducheyne weist ferner darauf hin, dass Newtons Meinung bezüglich Fernkraft und Äther nicht von Anbeginn feststand, sondern sich im Zuge seiner intellektuellen Entwicklung, seiner wissenschaftlichen Forschung und seiner Kontroversen mit anderen Gelehrten änderte. In Newtons Brief vom 7. Dezember 1675 an Henry Oldenburg, dem damaligen Sekretär der Royal Society, das zugleich ein Begleitschreiben für die Arbeit „An Hypothesis Explaining the Properties of Light, Discoursed of in My Several Papers“ (Newton 1959, 362–386) war, geht hervor, dass Newton einer mechanischen Ätherhypothese nicht abgeneigt gegenüberstand. Später distanzierte sich Newton ausdrücklich von dieser, so in einem Brief an Edmond Halley vom 27. Mai 1686 (Newton 1960, 433f.) und in der berühmten letzten Frage (*Query* 31) der vierten Ausgabe der *Opticks* (Newton 1730).

Ein Körper ist schwer, relativ zu einem anderen Körper. Die schwere Masse ist das Maß für die Eigenschaft des Körper, einen anderen anzuziehen und von ihm angezogen zu werden. Deshalb ist das Gewicht eines Körpers abhängig von der Entfernung zu einem anderen ihn anziehenden Körper. Die Masse des Körpers ist das Maß für dessen Trägheit gegenüber einer Bewegungsänderung. Die Trägheit ist nach Newton anders als die Gravitation eine unveränderliche, essentielle und absolute Eigenschaft der Materie (Koyré/Cohen 1972, 555):

Attamen gravitatem corporibus essentialem esse minime affirmo.
Per vim insitam intelligo solam vim inertiae. Haec immutabilis est.
Gravitas recedendo a terra, diminuitur.

Newtons Gravitationstheorie basiert auf der ontologischen Präsupposition, dass die aus Atomen aufgebaute Materie potentiell der Bewegungsänderung fähig ist. Für die Aktualisierung der Bewegungsänderung bedarf es einer von außen wirkenden Kraft, wie der Gravitation, die der Materie nicht inhärent ist.⁴² Wirkt keine solche Kraft, bleibt die Materie passiv, verharrt in ihrem Trägheitszustand. Die passive Materie kann von sich aus keine Änderung des Bewegungszustandes eines Körpers verursachen. Dazu bedarf es äußerer Kräfte.

Panajotis Kondylis hat in seinem Buch *Die Aufklärung im Rahmen des neuzeitlichen Rationalismus* sehr deutlich herausgearbeitet, dass im 18. Jahrhundert allen voran die französischen Newton-Interpreten wie Pierre-Louis Moreau de Maupertuis in seinem *Discours sur la figure des astres* (Maupertuis 1732, 13) sowie Voltaire in den *Lettres philosophiques* (Voltaire 1734, 76) die Gravitation als eine essentielle Eigenschaft der Materie uminterpretierten.⁴³ Sie folgten damit dem Beispiel Roger Cotes, dem Herausgeber der zweiten Ausgabe der *Principia*. Cotes deutete in seinem Vorwort die Gravitation als essentielle Eigenschaft der Materie. Unter dem Eintrag „Gravitation“ im dritten Band von Johann Samuel Traugott Gehlers *Physikalischem Wörterbuch* wurde an diese Modifikation ausdrücklich erinnert: „Newton ist nie so weit gegangen, daß er die Schwere nebst diesem ihrem Gesetze als eine wesentliche Eigenschaft der

⁴² In diese Richtung zielt auch Eric Schliessers These in seinem Artikel “Without God: Gravity as a Relational Quality in Newton’s *Treatise*” (Schliesser 2011).

⁴³ Beispielhaft sei an Paul Thiry d’Holbach erinnert, über dessen Newton-Interpretation Karin Hartbecke schreibt: „Holbach vereinnahmt Newton kurzerhand als ersten der Materialisten, der mit seiner Schwerkraftlehre nicht allein die cartesische Wirbeltheorie, sondern alle mechanischen Erklärungen der Fallbewegung durch äußere Einwirkung ad absurdum geführt habe. Und während sich Newton damit abmüht, die attraktiven und repulsiven Kräfte, die er in der Natur wirksam sieht, von den okkulten Qualitäten der Schulphilosophen abzugrenzen, gerät die *gravitas* bei einer langen Reihe von Interpreten zur essentiellen Eigenschaft der Materie“ (Hartbecke 2005, 464).

Materie angesehen hätte“ (Gehler 1798, 526).⁴⁴

Die Interpretation der Materie als träge *und* schwer bedeutete eine „ontologische Aufwertung der Materie“ (Kondylis 2002, 210). Dieser Prozess vollzog sich im Zuge der materialistischen und mechanistischen Vereinnahmung der Mechanik Newtons im 18. Jahrhundert und erforderte eine grundsätzliche Neubestimmung des Materie- und Kraftbegriffes. Die Unklarheit und Uneinigkeit darüber erwies sich als erhebliches Hindernis für die Entwicklung einer einheitlichen Gravitationstheorie.⁴⁵

Schloss Newton „aus der Existenz des Gravitationsgesetzes, daß es nicht die Materie sei, welcher die Fähigkeit zur Bewegungsänderung inhärierte, sondern daß ein immaterielles Prinzip zur Materie hinzutrete“ (ebd., 576f.), so schloss du Châtelet aus dem Prinzip des zureichenden Grundes auf eine mechanisch erklärbare Ursache der Gravitationswirkung, d. h. eine Ursache, die durch die Materie und durch Bewegung hervorgebracht sein muss: « causes mécaniques, c'est-à-dire, par la matiere, & le mouvement » (Du Châtelet 1742, § 399). Newton schloss „nicht aus der Unbegreiflichkeit einer Fernwirkung der Materie auf die Nichtexistenz einer Fernwirkung“ (Lasswitz 1890, 576). Du Châtelet schloss nicht aus der Unbegreiflichkeit einer Fernwirkung auf die Nichtexistenz einer nicht-gravitativen Materie. Viele Newtonianer begingen ihrer Meinung nach diesen Fehlschluss und erklärten die Schwere zu einer Eigenschaft, die aller Materie notwendig zukomme (Du Châtelet 1742, § 76):

que toute matière est pesante , mais c'est ce qui est entierement faux; car par le principe de la raison suffisante, le pesanteur est l'effet du choc d'une environnante: or cette matière n'est pas pesante, car si elle l'étoit, il faudroit recourir à une autre matière qui la choquât, & remonter ainsi à l'infinie.

Du Châtelet stimmte zwar Newton und den Newtonianern hinsichtlich ihrer Kritik an Descartes' Wirbeltheorie zu, derzufolge die Planeten und die Monde durch gewaltige Wirbelfelder des Äthers fortbewegt würden. Nach dieser

⁴⁴ Thomas Rutherford, seit 1745 *Regius Professor of Divinity* an der Universität Cambridge, sprach sehr viel deutlicher als Newton die Gründe dafür aus: “I have not reckoned gravity amongst the essential properties of matter, upon which we can make experiments. For this I had two reasons. The first is, that no particle of matter can gravitate unless there be some other particle, which attracts it: so that gravity is a relative property, as it carries the mind beyond the particle that is possessed of it, to something else, which acts as if it was the cause of gravity, and towards which this gravitation is made. My other reason for leaving gravity out of the definition of matter is, that I had reckoned the force of inactivity amongst the essential properties of it: and at the same time to have reckoned gravity amongst them would have been making the parts of the definition inconsistent” (Rutherford 1748, 7).

⁴⁵ Eine interessante Studie dazu hat Prosper Schroeder mit *La loi de la gravitation universelle. Newton, Euler et Laplace* (Schroeder 2007) vorgelegt.

Theorie müssten die Körper im Widerspruch zu den Galileischen Fallgesetzen statt gegen den Mittelpunkt der Erde senkrecht zu ihren Axen fallen. Deshalb aber zu behaupten, die Schwerkraft sei eine Eigenschaft, die Gott aller Materie mitgegeben habe (ebd., § 385), hielt sie für einen ungerechtfertigten Sprung im Schliessen: « mais cette conclusion n'est nullement légitime; car c'est faire un saut dans le raisonnement » (ebd., § 399).

Explizit richtet sich du Châtelets Kritik hier gegen Pierre Louis Moreau de Maupertuis' deistische Rechtfertigung der Gravitation. Im Schlusskapitel *Conjectures sur l'attraction* seines *Discurs sur les differentes figures les astres* argumentierte Maupertuis, Gott habe nicht zufällig, sondern mit gutem Grund das reziproke Quadratgesetz der Anziehung gewählt, welches sich gegenüber allen anderen möglichen Gesetzen durch das Kriterium der Gleichförmigkeit bzw. Uniformität auszeichne. Aber man wolle doch wissen, so du Châtelet, um welchen Grund es sich dabei handelt. Der Verweis auf Gottes Allmacht und Allwissenheit gebe darüber keine Auskunft (ebd., § 394):

car selon les principes de Mr. de Maupertuis même, s'il y a eu une raison de préférence pour la loi d'attraction que Dieu a employée, il y en doit avoir eu une pour l'attraction elle-même.

Newtons Mechanik basierte auf dem Dualismus von passiven und aktiven Prinzipien: hier die träge Materie, dort die wirkenden Kräfte. Die Äquivalenz von träger und schwerer Masse sprach zwar dafür, der trägen Materie auch die Eigenschaft der Schwere zuzusprechen, die Newtonschen Gesetze aber dagegen. Wollte man an letzteren festhalten, schien die Annahme einer *actio in distans* unausweichlich. Wollte man eine *actio in distans* nicht zugestehen, kam man nicht umhin, die Newtonschen Axiome einschließlich der ihnen vorangehenden Definitionen zu modifizieren. Letzteren Weg beschritt du Châtelet, folgte darin aber nicht Maupertuis und Voltaire, die die Gravitation der Materie als Eigenschaft zusprachen. Ihre Lösungsstrategie bestand darin, die Schwere als gegenseitige Massenanziehung dadurch zu erklären, dass sie Materie und Kraft nach dem Vorbild Leibniz dynamisch aufeinander bezog.

Dies erforderte im Sinne Leibniz' und der damaligen Terminologie eine Fallunterscheidung, die aus der heutigen Physik verschwunden ist: Wenn die Körper, auf welche die Schwere als Ursache wirkt, durch ein unüberwindbares Hindernis zurückgehalten werden, bewirkt diese eine tote Kraft. Ist dies nicht der Fall, erzeugt die Schwere eine lebendige Kraft.

Während bei Newton diese Begrifflichkeit keine Rolle spielte, mied du Châtelet das Newtonsche Begriffspaar „vis insita“ und „vis impressa“. Du Châtelet sprach von der aktiven Kraft (frz. « vis active ») nicht als *vis impressa*, sondern von der « vis motrice », der bewegendem Kraft. Unter der passiven Kraft (frz.

« force passive ») verstand du Châtelet die Trägheitskraft (frz. « vis d'inertie »). Dass Newton die besagte Fallunterscheidung ablehnte und die Existenz lebendiger Kräfte nicht zugestand, führte du Châtelet auf Newtons Trägheits- und Kraftgesetz zurück (ebd., § 586):

M. Newton conclut de cette considération , & de celle de l'inertie de la matière que le mouvement va sans cesse en diminuant dans l'Univers; & qu'enfin notre Système aura besoin quelque jour d'être reformé par son Auteur, & cette conclusion étoit une suite nécessaire de l'inertie de la matière, & de l'opinion dans laquelle étoit Mr. Newton, que la quantité de la force étoit égale à la quantité du mouvement.

Die Trägheit der Materie und die Proportionalität von Bewegungsgröße und Größe der Kraft vorausgesetzt, müsste die kosmische Bewegung stetig abnehmen. In der Tat äußerte sich Newton dahingehend, dass es einer durch Gott vorgenommenen Reformation bedarf, um dem Bewegungs- und Kraftverlust im Universum entgegenzuwirken. Das Prinzip des zureichenden Grundes vorausgesetzt, so die Überlegung der Marquise, ist der Bewegungs- und Kraftverlust ausgeschlossen. Das bedeutet im Umkehrschluss, dass das Prinzip des zureichenden Grundes, mithin das Erhaltungsprinzip, in der Mechanik Newtons verletzt werde.

Descartes' Theorie gewährleiste zwar das Prinzip der Bewegungserhaltung: Beim Stoß überträgt sich die Kraft von dem einen Körper, dem aktiven, auf den anderen, den passiven. Die Änderung der Bewegungsmenge entspricht so gesehen einer Bewegungsübertragung zwischen den Körpern im Sinne einer Umverteilung. Doch widersprach die Cartesische Theorie von der Erhaltung der Bewegungsgröße der Newtonschen Auffassung von der Trägheitsbewegung als Zustandserhaltung. Du Châtelet sah den Schlüssel zur Lösung der besagten Inkonsistenzen in Leibniz' *vis viva*-Theorie, derzufolge sich die Größe der Kraft als das Produkt von Masse und Geschwindigkeitsquadrat berechnet.

Wir wissen heute: Die Cartesische Bewegungsgröße entspricht dem Zeitintegral und das Leibnizsche Kraftmaß dem Wegintegral der Newtonschen Kraft. Für beide Größen gelten Erhaltungssätze: Impuls- und Energieerhaltung. Das Erhaltungsprinzip als solches stand in der Physikgeschichte nie wirklich zur Diskussion. Strittig war, was erhalten bleibt, d. i. welche physikalischen Größen im Hinblick auf welche Bewegungszustände. Der Wissenschaftsgeschichte fällt es bis heute schwer, eine plausible Erklärung für den auffälligen Kontrast zwischen den begrifflichen Unklarheiten und den offenbar klaren und eindeutigen Ergebnissen der Differential- und Integralrechnung zu geben. In dem Moment, in dem man über eine Formulierung der Newtonschen Bewegungsgleichung als

Differentialgleichung verfügte, hätte man zwischen Kraft und Kraftwirkung klar unterscheiden und die Kraft von Impuls, Arbeit, Energie und Leistung abgrenzen können.

Die Suche nach einer Antwort auf diese physikalische Grundlagenfrage führte zu dem Ergebnis, dass es nicht die Kraft bzw. deren Erhaltung ist, die den Bewegungszustand eines Körpers aufrecht erhält. Die Meinungsverschiedenheiten darüber, ob und welche Kraft dafür ausschlaggebend ist, hatten eine begriffliche Erweiterung und Transformation zur Konsequenz, die mehr und anderes als ein Streit um Worte war. Gefordert war die mathematische Formulierung von Erhaltungssätzen und deren experimentelle Bestätigung im Schnittfeld von Axiomatik und Empirie. Den Beitrag, den du Châtelets Metaphysik als Wissenschaft und das ihr zugrundeliegende architektonische Programm dazu geliefert hat, ist Thema des folgenden und letzten Kapitels.

6 Du Châtelets Beitrag zur *vis viva*-Kontroverse

Thema des vorliegenden letzten Kapitels ist der Streit um das Kraftmaß, auch bekannt als *vis viva*-Kontroverse. Initiiert durch eine Kritik Leibniz' an Descartes gewann dieser Streit durch die Intervention der Newtonianer im 18. Jahrhundert an Brisanz. Es fehlte damals die klare Abgrenzung des Kraftbegriffes vom Impuls- und Energiebegriff. Das Verdienst du Châtelets lag nicht darin, die *vis viva*-Kontroverse beigelegt zu haben. Gleichwohl darf man die revolutionäre und heuristische Sprengkraft ihrer *Institutions physiques* nicht unterschätzen. Die programmatische Intention der Zurückführung der Newtonschen Gesetze auf ein einziges grundlegendes Prinzip, auf das Prinzip des zureichenden Grundes, erwies sich als wegweisend für eine Reformulierung des Prinzips der kleinsten Wirkung.

6.1 Leibniz contra Descartes

In seinen 1644 erschienenen *Principia philosophiae* stellte René Descartes einen Erhaltungssatz für die Bewegung auf (Descartes 1644, II: XXXVI):

Deum esse primarium motus causam: & eandem semper motus quantitatem in universo conservare.

Descartes behauptete, dass die Quantität der Bewegung (lat. *quantitas motus*) erhalten bleibt. Er begründete dies nicht empirisch-experimentell, sondern rational-theologisch mit Verweis auf die Vollkommenheit und Unveränderlichkeit Gottes, der Ursache der Bewegung. Davon ausgehend, dass die Materie ebenso wie die Bewegung eine Quantität ist, also etwas, das sich vermehren und vermindern, vergrößern und verkleinern lässt, kam Descartes zu dem Schluss, dass die Bewegungsquantität erhalten bleibt, wenn man die Quantität der Materie eines jeden Körpers mit dessen Geschwindigkeit multipliziert und in einem weiteren Schritt die Produkte addiert. Durch Stoß kann zwar eine beliebige Bewegungsquantität von einem Körper auf einen anderen übertragen und zwischen verschiedenen Teilen der Materie ausgetauscht, aber weder vernichtet noch neu hervorgebracht werden. Dieses Erhaltungsprinzip liegt den drei Bewegungsgesetzen Descartes' zugrunde, aus denen dieser die Stoßgesetze unter idealisierten Bedingungen herleitete (Descartes 1644, II: § 37–40):

Prima lex naturae: quod unaquaeque res, quantum in se est, semper in eodem statu perseveret; sicque quod semel movetur, semper moveri pergat.

Altera lex naturae: Quod omnis motus ex se ipso sit rectus & ideo quae circulariter moventur, tendere semper ut recedant a centro circuli quem describunt.

Tertia lex: quod unum corpus, alteri fortiori occurendo nihil amittat de suo motu; occurendo vero minus forti, tantum amittat, quantum in illud transfert.

Das erste Naturgesetz lautet nach Descartes, dass ein jeder Körper ohne äußere Einwirkung (lat. *causa externis*) in demselben Zustand (der Ruhe oder Bewegung) verharrt.¹ Das zweite Gesetz besagt, dass ein jeder Körper bestrebt ist, seine momentane Bewegung in geradliniger Richtung, nicht in gekrümmter Bahn fortzusetzen. Hierdurch erklärt Descartes auch die bei einer erzwungenen Kreisbewegung auftretende Fliehkraft. Das dritte Gesetz spezifiziert das Verhalten zweier Körper beim (zentralen) Zusammenstoß. Bewegungsänderung wird durch den Stoß eines Körpers mit einem anderen Körper bewirkt. Dabei kann Bewegung von einem auf den anderen Körper übergehen, die Summe der Bewegungsgrößen bleibt aber dabei erhalten.

Im Jahr 1686 erschien im Märzheft der *Acta eruditorum* die Abhandlung „Brevis demonstratio erroris memorabilis Cartesii et aliorum circa legem naturae, secundum quam a Deo eandem semper quantitatem motus conservari;

¹ Descartes betrachtete Ruhe und Bewegung als zwei verschiedene Zustände: „Motum & quietem esse tantum diversos modos corporis moti“ (Descartes 1644, II: XXVII). Auf den Wortlaut dieses Gesetzes bezog sich Newton in seiner Definition III, der *vis insita*, in den *Principia*: „Materiae vis insita est potentia resistendi, qua corpus unumquodque, quantum in se est, perseverat in statu suo vel quiescendi vel movendi uniformiter in directum“ (Koyré/Cohen 1972, 40). Nach Bernard I. Cohen führt der Ausdruck *quantum in se est* über Descartes zu Lukrez und schließlich zu Aristoteles' Unterscheidung zwischen natürlichen und naturwidrigen Bewegungen zurück, wobei sich *quantum in se est* auf die natürliche Bewegung bezieht, die ohne äußere Kraftwirkung erfolgt: “From these examples it is clear that throughout the seventeenth century *quantum in se est*, when used in such a context, meant ‘naturally’ or ‘by nature’ or ‘without external force’” (Cohen 1964, 147). Cohen erwähnt in seinem Aufsatz allerdings nicht, dass sich auch Johann I Bernoulli des *quantum in se est* bediente. Gebrauchte Newton diese Phrase zur Erklärerung der Trägheit als essentielle Eigenschaft der Materie, so behauptete Bernoulli dies von der lebendigen Kraft. In seinem viel zitierten Aufsatz „De Vera notione virium vivarum, earumque usu in Dynamicis“, der 1735 in den *Acta eruditorum* erschienen ist, schreibt Bernoulli: „Hinc patet, vim vivam [...] esse aliquid reale & substantiale, quod per se subsistit, & quantum in se est, non dependet ab alio“ (Bernoulli [Johann I] 1735, 522).

qua et in re mechanica abutuntur“, kurz „Brevis demonstratio“. In dieser Arbeit warf Leibniz Descartes vor, Bewegungsgröße (lat. *quantitas motus*) und Bewegungskraft (lat. *vis motrix*) seien nicht äquivalent (Leibniz 1686, 2027f.):

inde factum est ut Cartesius, qui vim motricem et quantitatem motus pro re aequivalente habebat, pronunciaverit eandem quantitatem motus a Deo in mundu conservari.

Leibniz argumentierte, dass das auch von Descartes als gültig vorausgesetzte Erhaltungsprinzip verletzt, ergo ein *perpetuum mobile* möglich wäre, wenn man nicht die Bewegungsgröße von der Bewegungskraft unterschiede. Diese Behauptung begründete Leibniz wie folgt: Das Galileische Fallgesetz vorausgesetzt, erlangt ein aus vierfacher Höhe fallender Körper unter dem Einfluss der Schwerkraft die doppelte Geschwindigkeit. Denn nach diesem Gesetz ist die Fallhöhe zum Quadrat der Geschwindigkeit proportional. Um einen Körper eines bestimmten Gewichtes auf eine gewisse Höhe zu heben, ist eine Kraft erforderlich. Diese bemisst sich aus dem Produkt von Gewicht und Höhe. Diejenige physikalische Größe, die zur Wiederherstellung des Ausgangszustandes in der Lage ist, nannte Leibniz *vis motrix*. Deren Maß leitete Leibniz aus der Quantität der Momentanbewegung und der Fallhöhe ab. Aus seiner Berechnung am Beispiel des freien Falles schloss Leibniz, dass die *vis motrix* erhalten bleibt.

In seinen beiden frühen Arbeiten zur Bewegungslehre, in der *Hypothesis physica nova* (Leibniz 1671a), die Henry Oldenburg in London nachdrucken ließ und über die John Wallis einen Bericht für die Royal Society verfasste, und in der *Theoria motus abstracti* (Leibniz 1671b), die Leibniz der Académie Royale des sciences in Paris widmete, war Leibniz zu dem Ergebnis gekommen, dass die Kraft die Bedingung der Möglichkeit für Bewegung ist. Denn Bewegung, d. h. Ortsveränderung, bedeutet, dass Körper ihre Lage relativ zueinander ändern. Durch Beobachtung dieser Änderungen sei es nicht möglich festzustellen, welcher Körper ruht oder sich bewegt. Ohne Kraft, so betonte Leibniz im *Discours de métaphysique* und dem sich daran anschließenden Briefwechsel mit Antoine Arnauld, sei Bewegung nur relativ, nicht wirklich und nicht absolut (Leibniz 1997, 356):

car le mouvement en luy même séparé de la force est quelque chose de relatif seulement, et on ne sçaroiut determiner son sujet. Mais la force est quelque chose de reel et d’absolu.

Deutlicher als in „Brevis demonstratio“ hob Leibniz im *Discours de métaphysique*² die grundlegende Differenz zwischen der « quantité de mouvement » und

² Der *Discours de métaphysique* entstand in den Januartagen des Jahres 1686, wurde aber erstmalig 1846 von Karl Ludwig Grottefend zusammen mit dem Briefwechsel zwischen

der « force mouvante » hervor (Leibniz 1846, § 17):

C'est que Monsieur des Cartes et bien d'autres habiles Mathématiciens ont cru, que la quantité de mouvement c'est à dire la vitesse multipliée par la grandeur du mobile, convient entièrement avec la force mouvante ou pour parler géométriquement, que les forces sont en raison composée des vitesses.

Schon in der Arbeit *De corporum concursu* Ende der siebziger Jahre hatte Leibniz die These der Krafterhaltung aufgestellt und anhand von Fallbeispielen demonstriert.³ Doch erst in der Folgezeit, Hand in Hand mit der Ausarbeitung seiner monadologischen Substanzmetaphysik und Infinitesimalmathematik, präziserte Leibniz seine Vorstellung von der Krafterhaltung.

Mit Beiträgen, u. a. für das *Journal des sçavans*, setzte Leibniz dabei seine Auseinandersetzung mit dem Cartesianismus fort. Im April 1695 erschien in den *Acta eruditorum* die Arbeit „Specimen dynamicum, pro admirandis Naturae legibus circa Corporum vires et mutuas actiones detegendis, et ad suas causas revocandis“, in welcher Leibniz ausführlich eine metaphysische Fundierung und ontologische Klassifikation des Kraftbegriffes vornahm.⁴ Die Schrift beginnt einmal mehr mit einer Kritik an Descartes. Den körperlichen Dingen komme nicht nur die Eigenschaft der Ausdehnung zu, sondern eine Kraft im Sinne eines Wirkungsvermögens (Leibniz 1695a, 3):

In rebus corporeis esse aliquid praeter extensionem, imo extensione prius, alibi admonuimus, nempe ipsam vim naturae ubique ab Auctore inditam, quae non in simplici facultate consistit, qua scholae contentae fuisse videntur, sed praeterea conatu sive nisu instruitur, effectum plenum habituro, nisi contrario conatu impediatur.

Leibniz, Antoine Arnauld und dem Landgrafen Ernst von Hessen-Rheinfels publiziert (Leibniz 1846).

³ Bei dem Manuskript handelt es sich um eine lose Folge von Blättern aus den Jahren 1677/78, die Leibniz unmittelbar nach seinem Pariser Aufenthalt (1672–1676) verfasst hat. Das Werk wurde von Michel Fichant wiederentdeckt (Fichant 1990) und 1994 unter dem Titel *La réforme de la dynamique: De corporum concursu (1678) et autres textes* (Leibniz 1994) veröffentlicht. Die Arbeit beginnt mit der bezeichnenden These: „In omni motu eadem semper vis servatur“ (Leibniz 1994, 71).

⁴ Die Schrift „Specimen dynamicum“ wurde von Leibniz selbst nie vollständig veröffentlicht. Der zweite Teil der Schrift, der u. a. gegen den physikalischen Atomismus und die Mechanik Newtons argumentiert, wurde erstmals nach den Manuskripten des Leibniz-Archivs in Hannover von Carl Immanuel Gerhardt im sechsten Band der *Mathematischen Schriften* herausgegeben. Im Jahre 1982 wurde die Schrift von Hans G. Dosch, Glenn W. Most und Enno Rudolph als eigenständige Publikation ediert und übersetzt (Leibniz 1695a). Über den Entstehungshintergrund von „Specimen dynamicum“ informiert Glenn W. Most in seinem Beitrag „Zur Entwicklung von Leibniz' *Specimen dynamicum*“ (Most 1984).

Der scholastischen Tradition entsprechend stellte Leibniz die aktive Kraft (lat. *vis activa*) der passiven Kraft (lat. *vis passiva*) gegenüber. Die aktive (tätige) Kraft verursacht die Bewegung (Geschwindigkeit) und Bewegungsänderung (Beschleunigung), die passive (leidende) Kraft ist die Ursache dafür, dass ein Körper der Bewegung und Bewegungsänderung widersteht.

Die passive Kraft war Leibniz zufolge sowohl *vis patiendi* als auch *vis resistendi*, d. h. das Vermögen eines Körpers, einerseits von einem anderen Körper eine Einwirkung zu erfahren (lat. *vis patiendi*) als auch andererseits der Einwirkung eines anderen Körpers einen Widerstand entgegenzusetzen (lat. *vis resistendi*).

Ein Körper widersteht einem anderen Körper kraft seiner Undurchdringlichkeit (lat. *impenetrabilitas*) und Trägheit (lat. *inertia* bzw. *ignavia*). Undurchdringlichkeit galt Leibniz als Fähigkeit eines Körpers, eine bestimmte Raumstelle einzunehmen, ohne dass ein anderer Körper gleichzeitig seinen Platz einnimmt. Trägheit fasste Leibniz als Fähigkeit eines Körpers auf, der bewegendem Kraft eines anderen Körpers Widerstand leisten zu können.

Die aktive Kraft, die Ursache für Bewegung und Bewegungsänderung, unterteilte Leibniz in die tote Kraft und in die lebendige Kraft. Ein Körper mit einer toten Kraft (lat. *vis mortua*) tendiert zur Bewegung, bewegt sich aber nicht wirklich. Ein Körper mit einer lebendigen Kraft (lat. *vis viva*) bewegt sich wirklich.⁵ Als Beispiele für tote Kräfte nennt Leibniz die Zentrifugalkraft, die Schwerkraft und die Spannkraft einer elastischen Feder, als Beispiel für lebendige Kräfte die Stoßkraft.

Das Bestehen einer Analogie zwischen den Verhältnissen von Punkt und Linie, toter Kraft und lebendiger Kraft, Bewegungstendenz (lat. *conatus*) und wirklicher Bewegung (lat. *motus*)⁶ ist Grundvoraussetzung für Leibniz' infinitesimalmathematische Ableitung lebendiger Kräfte aus der unendlich fortgesetzten, stetigen Einprägung toter Kräfte (ebd., 14):

vis est viva, ex infinitis vis mortuae impressionibus continuatis nata.

Dreh- und Angelpunkt für die Bestimmung der Größe der lebendigen Kraft ist die Interpretation des *impetus* als integrale Größe. Der *impetus* eines sich

⁵ In „Specimen dynamicum“ schreibt dazu Leibniz: „Hinc Vis quoque duplex: alia elementaris, quam et *mortuam* appello, quia in ea nondum existit motus, sed tantum sollicitatio ad motum, qualis est globi in tubo, aut lapidis in funda, etiam dum adhuc vinculo tenetur; alia vero vis ordinaria est, cum motu actuali conjuncta, quam voco *vivam*“ (Leibniz 1695a, 12).

⁶ Diese Analogie bringt Leibniz durch das lateinische Vergleichswort „ut“ explizit zum Ausdruck: „Et habet se mortua ad vivam ut punctum ad lineam, seu ut conatus ad motum“ (ebd., 66).

gleichförmig geradlinig bewegenden Körpers, d. i. das Produkt aus Masse (lat. *moles*) und Geschwindigkeit (lat. *velocitas*), ist Leibniz zufolge die Quantität der Momentanbewegung. Folgt man der Lesart Hartmut Hechts kam Leibniz gegeben dieser Voraussetzung über eine zweifache Integration wie folgt zum Maß der lebendigen Kraft (Hecht 1991, 149):

Bewegt sich also ein Körper geradlinig gleichförmig mit dem Impetus mv , so hat er diesen durch die Summation der Solicitationen erhalten, und dabei den Weg $ds = vdt$ zurückgelegt. Da nun der Impetus als fortgesetzte Einprägung selbst wieder als Nisus anzusehen ist, d. h. differentiell bestimmt werden muß, entsteht eine beschleunigte Bewegung, für die bekanntlich die Proportionalität $dv \sim dt$ gilt. Mit der daraus resultierenden Proportionalität von ds und $v dv$ erhält man schließlich das Element der lebendigen Kraft, bzw. als Quantität der Momentanbewegung mdv , aus der sich durch Integration die gesuchte Beziehung mv^2 als Maß der lebendigen Kraft ergibt.

Dass man zweimal integrieren muss, um von mdv zu mv^2 zu gelangen, erschließt sich heute zwar dem physikalisch sachkundigen Leser. Um Leibniz' Ableitung der lebendigen aus der toten Kraft über zweifache Integration aber zu verstehen, ist eine historische Kenntnis der Leibnizschen Terminologie und ihrer Einbettung in den damaligen Begriffskontext unabdingbar, die aus der physikalischen Fachsprache inzwischen schon lange verschwunden ist. Dazu zählen die lateinischen Termini *nisus*, *solicitatio*, *conatus* und *impetus*.

Leibniz zufolge handelt es sich sowohl beim *impetus* als auch bei der *solicitatio* um einen *nisus*, d. h. ein dem Körper innewohnender Drang (lat. *conatus*). Dahinter steht die Überzeugung, die zugleich die metaphysische Grundvoraussetzung der Leibnizschen Dynamik ist, dass die Kraft ein Vermögen ist, im Sinne der aristotelischen ἐντελέχεια.⁷

Der *impetus* resultiert aus der Summierung der *solicitationes*, d. i. die Summation des *nisus elementaris*. Anders gesagt: Der *nisus elementaris* ist der infinitesimale Teil des *nisus actualis* oder des *impetus*.⁸ Vom *impetus* ist der *conatus* eines sich bewegenden Körpers zu unterscheiden. Letzterer bezieht

⁷ In „Specimen dynamicum“ erhebt Leibniz explizit den Anspruch, die Lehre der Peripatetiker über Formen und Entelechien auf verständliche Begriffe zurückzuführen: „ita nunc Peripateticorum tradita de Formis et Entelechiis (quae merito aenigmatica visa sunt, vixque ipsis Autoribus recte percepta) ad notiones intelligibiles revocabuntur“ (ebd., 4).

⁸ In einem Brief vom Januar 1699 an Burcher de Volder schrieb Leibniz, die *solicitationes* seien eine differentiale Größe: „Ut ita secundum analogiam Geometriae, seu analysis nostrae, solicitationes sint ut dx , celeritates ut x , vires ut xx , seu ut $\int x dx$ “ (Leibniz *GP II*, 156).

sich auf die vektorielle Geschwindigkeit: „*velocitas sumta cum directione Conatus appellatur*“ (Leibniz 1695a, 11); ersterer auf das Produkt aus Masse und Geschwindigkeit: „*Impetus autem est factum ex mole coporis in velocitatem*“ (ebd., 10).

Leibniz bestritt nicht die Erhaltung des *impetus* für den statischen Fall, d. h. für den Gleichgewichtsfall. Befinden sich zwei Körper im Gleichgewicht, sind deren Steighöhen den Geschwindigkeiten proportional. (Dafür hat sich die Redeweise eingebürgert, dass sich die virtuellen Verrückungen wie die virtuellen Geschwindigkeiten verhalten.) Diese Proportionalität führte Leibniz darauf zurück, daß im Falle des Gleichgewichts keine (wirkliche) Bewegung stattfindet. Die auftretenden Kräfte sind gemäß der Theorie Leibniz' tote Kräfte.⁹

Aus dem Galileischen Fallgesetz schloss Leibniz, dass sich im dynamischen Fall die Kräfte gleicher Körper wie die Quadrate ihrer Geschwindigkeiten verhalten. Leibniz erklärte dies durch lebendige Kräfte, die seiner Meinung nach die Ursache dafür seien, dass sich Körper mit einer bestimmten endlichen Geschwindigkeit bewegen. Der Irrtum Descartes' bestand nach Leibniz darin, die Erhaltung der *quantitas motus* bzw. des *impetus* für die Dynamik zu behaupten.

Ein gewichtiger Einwand, dem sich Leibniz zu stellen hatte, lautete, dass seine Ableitung nur unter der Voraussetzung gültig sei, dass die Zeit, in der ein Körper eine bestimmte Wegstrecke zurücklegt, keine Rolle spielt. Gegeben der Gleichförmigkeit der Bewegung, gilt: $v = s/t$. Die Umformung ergibt: $s = vt$. Diese Gleichung in die Formel mv eingesetzt, führt zu: $mvvt = mv^2t$. Unter Voraussetzung der Konstanz der Zeit, d. h. $t = 1$, erhält man als Ergebnis: mv^2 .

Bereits in der Septemбераusgabe 1687 der *Nouvelles de la république des lettres* wies Abbé François de Catelan darauf hin, dass Leibniz den Zeitfaktor außer Acht gelassen habe und nur deshalb zu dem besagten Ergebnis kommen konnte, weil er die Bewegung eines Körpers nach dem zurückgelegten Weg beurteilte (Catelan 1687).¹⁰

⁹ In „*Brevis demonstratio*“ führte Leibniz als Beispiel die statische Gleichgewichtsbedingung am Hebel an: „*Verum ibi praeter spem discrimen maximum reperietur. Quod ita ostendo. Demonstratum est a Galileo, celeritatem acquisitam lapsu CD, esse duplum celeritatis acquisitae lapsu EF. Multiplicemus ergo corpus A quod est ut 1, per celeritatem suam quae est ut 2, productum seu quantitas motus erit ut 2; rursus multiplicemus corpus B quod est ut 4, per suam celeritatem quae est ut 1, productum seu quantitas motus erit ut 4. Ergo quantitas motus quae est corporis (A) existentis in D, est dimidia quantitatis motus quae est corporis (B) existentis in F, et tamen paulo ante vires utrobique inventae sunt aequales. Itaque magnum est discrimen inter vim motricem et quantitatem motus, ita ut unum per alterum aestimari non possit, quod ostendendum susceperamus*“ (Leibniz 1686, 2028f.).

¹⁰ Die Kontroverse mit Catelan, dem Sekretär Nicolas Malebranches, an der auch Malebranche selbst teilnahm, wurde in den *Nouvelles de la République des Lettres* von September

Neben Catelan meldete sich Denis Papin zu Wort. In seinem Aufsatz „De gravitatis causa et proprietatibus observationes“, der im April des Jahres 1689 in den *Acta eruditorum* erschien, warf auch Papin Leibniz vor, die Zeit als Maßgrundlage der bewegendenden Kraft nicht berücksichtigt zu haben (Papin 1689). So reiche im Fall einer gleichmäßig beschleunigten Bewegung (mit beliebiger Hubhöhe) die Angabe der Hubhöhe und des Hubgewichtes nicht aus, um die Hublast festzulegen. Es sei zusätzlich die Angabe der Zeit notwendig.¹¹

Als Reaktion auf die Kritik modifizierte Leibniz die infinitesimale Ableitung der *vis viva* durch zweifache Integration, indem er zwischen der unendlich kleinen Geschwindigkeit mdv und dem Geschwindigkeitsquadrat mv^2 die einfache endliche Geschwindigkeit mv setzte.¹² Doch die zweifache Integration machte nicht besser verständlich, wie aus toten Kräften lebendige entstehen sollten. Nach Istvan Szábo verkannte Leibniz (Szabó 1987, 69):

eben die entscheidende Tatsache, daß das Element $2mvdv$ seiner lebendigen Kraft mv^2 eine an das Zeitelement gebundene und somit

1686 bis September 1687 ausgetragen. Dort war im Septemberheft die französische Übersetzung der „Brevis demonstratio“ zusammen mit den Einwänden Catelans erschienen. Leibniz antwortete auf Catelan in einem Schreiben, welches im Februar 1687 in der Zeitschrift abgedruckt wurde. Im April 1687 schaltete sich Malebranche mit einem Beitrag ein. Im Juni 1687 folgte zunächst die Erwiderung Catelans auf Leibniz' Februar-Beitrag. Im Juli 1687 beantwortete Leibniz den Beitrag von Malebranche, im September 1687 erschien seine Replik auf Catelan.

¹¹ Es folgte ein Schlagabtausch zwischen Papin und Leibniz, der in den *Acta eruditorum* und in privater Korrespondenz ausgetragen wurde, aber zu keiner Einigung oder Ergebnis führte. Nach einigem Hin und Her schlug Papin Leibniz vor, mit einem abschließenden Bericht in den *Acta eruditorum* die Diskussion zu beenden. Doch zu einer solchen Veröffentlichung ist es nie gekommen. Gideon Freudenthal hat in seinem Aufsatz „Perpetuum mobile: the Leibniz-Papin Controversy“ (Freudenthal 2002) den Disput analysiert und als Anhang Teile der nicht veröffentlichten Arbeit *Synopsis Controversiae* Papins einschließlich dreier Kommentare Leibniz' publiziert. Inzwischen ist der Briefwechsel einschließlich der Arbeit *Synopsis Controversiae* auch in der fünften Reihe des dritten Bandes der Leibniz-Akademie-Ausgabe einsehbar (Leibniz AA III, 5).

¹² Leibniz' mathematisch-physikalische Methoden der Kraftmessung hat Hans Stammel ausführlich rekonstruiert (Stammel 1982, 251–293). J. Christiaan Boudri fasst diesbezüglich zusammen: “How does Leibniz link living and dead force? Living force ‘arises from infinitely many sequential impressions of dead force.’ After a certain period of fall it is infinite, compared to the simple drive (‘simplex nisus’) of gravitation. This formulation certainly points to a relationship of integration. Nevertheless, Leibniz is somewhat vague about it at this point, causing later interpreters to read the modern idea into the way he expresses himself here. The modern idea would be integrated *over time or over distance* to obtain living force: $F_{living} = \int F_{dead} ds$ (or dt). But if Leibniz had actually intended this then he would certainly indicated whether dead force should be integrated over time or distance. Integration over time results in a quantity that is in fact proportional to the change in the quantity of motion (mv), while the result of the integration over distance is proportional to the change in the living force (mv^2)” (Boudri 2002, 96).

auch im unendlich Kleinen veränderliche Größe ist, die nicht aus unendlich vielen Wiederholungen einer statischen Aktion, nämlich seiner toten Kraft mv , hervorgehen kann.

Aus heutiger Sicht lag die Lösung der gesamten Problematik eigentlich auf der Hand: Die Cartesische Bewegungsgröße mv entspricht dem Zeitintegral und das Leibnizsche Kraftmaß mv^2 dem Wegintegral der Newtonschen Kraft. Für beide Größen gelten Erhaltungssätze (in geschlossenen Systemen): Impuls- und Energieerhaltung.

6.2 Ein Streit um Worte?

Dem Urteil Hans Stammels zufolge war der Streit um das wahre Kraftmaß ein Streit um Worte (Stammel 1982, 191):

Der Streit um das wahre Kraftmaß erweist sich posthum als ein Streit um Worte, als ein Streit, der seinen Ausgang nimmt in Leibniz' ungenauer Darstellungsweise in der *Brevis Demonstratio*. Hätte Leibniz den Erhaltungssatz des Impulses in der *Brevis Demonstratio* erwähnt, dann wäre der Streit um das wahre Kraftmaß vermutlich überhaupt nicht entstanden. Der Streitgegenstand ist hinfällig, da beide Parteien anerkennen, daß sowohl für mv als auch für mv^2 ein Erhaltungssatz formulierbar ist. Welche Größe dann als Kraft bezeichnet wird, ist ein reiner Wortstreit.¹³

Hans Stammels Standpunkt ist nicht neu. So meinte schon Johann Heinrich Lambert im zweiten Band seiner *Beyträge zum Gebrauche der Mathematik und deren Anwendung*, dass es zum Streit um das wahre Kraftmaß gar nicht erst gekommen wäre, „wenn Marsenne oder Cartesius gesagt hätte, er verstehe sein Product mg durch die Zeit = I dividirt, und wenn Leibnitz gesagt hätte, er verstehe sein Product mgg durch den Raum = I dividirt“ (Lambert 1770, 562).

Von einem Wortstreit war bereits zu Émilie du Châtelets Zeiten die Rede. Daniel Bernoulli beispielsweise sprach 1738 in seiner *Hydrodynamica: sive de*

¹³ Hans Stammel zufolge bestritt Leibniz die Erhaltung des *impetus* unter Voraussetzung des vektoriellen Charakters der Geschwindigkeit keineswegs: „Der Fehler in der cartesischen Mechanik, den Leibniz in der *Brevis Demonstratio* kritisiert, besteht nicht darin [...], daß Descartes für mv einen Erhaltungssatz aufgestellt hat, sondern nur darin, daß er mv als m/v und nicht als $m\vec{v}$ interpretiert“ (Stammel 1982, 191). In der Tat argumentierte Leibniz wiederholt für die Erhaltung der *quantitas motus* als vektorielle Größe, so in einem seiner Briefe an Johann I Bernoulli vom 28. Januar (7. Februar) 1696 (Leibniz *AA III*, 6, Nr. 202). Dass Descartes der Vektorcharakter der Geschwindigkeit nicht bewusst war, und Leibniz ihm dies zum Vorwurf machte, war allerdings nicht der Grund für die *vis viva*-Kontroverse.

viribus et motibus fluidorum commentarii von einer „Logomachie“ (Bernoulli [Daniel] 1738, 234):

An vero ista vis viva ari inhaereat proprie externo an interno, logomachia est.

Ähnliche Aussagen trafen Willem Jacob s' Gravesande, Joseph Saurin, Roger Boscovich, Pierre Louis Moreau de Maupertuis u. a. Sie alle sprachen von einem « dispute de mots ». Berühmt und viel zitiert ist die Äußerung Jean-Baptiste le Rond d'Alemberts in seinem *Traité de Dynamique* (D'Alembert 1743, xxj):

toute la question ne peut plus consister, que dans une discussion Métaphysique très-futile, ou dans une dispute de mots plus indigne encore d'occuper des Philosophes.

Selbst unter kundigen Wissenschaftshistorikern hält sich bis heute hartnäckig die Ansicht, d'Alembert habe den *vis viva*-Streit entschieden.¹⁴ Nachzulesen ist dies u. a. bei Brigitte Falkenburg (Falkenburg 2000, 28):

D'Alembert entschied den *vis viva*-Streit. [...] Seine Lösung zeigt insbesondere, daß sich nicht nur (wie die Newtonianer glaubten) das Cartesische, sondern auch das Leibnizsche Kraftmaß als eine sinnvolle dynamische Größe in die Newtonsche Mechanik einbetten läßt.

Tatsächlich aber sprechen mehrere triftige Gründe dagegen, d'Alembert das Verdienst zuzuschreiben, die *vis viva*-Kontroverse gelöst zu haben. Zum einen wurde die Debatte noch lange nach d'Alemberts *Traité de Dynamique* weitergeführt. Den damaligen Gelehrten, darunter James Jurin, Colin Maclaurin, Thomas Reid, Abraham Gotthelf Kästner, Johann Heinrich Lambert, Gabriel Cramer, Leonhard Euler, Giovanni Poleni etc., zu unterstellen, sie hätten d'Alembert nicht verstanden, erscheint wenig plausibel. Zum anderen war d'Alembert weder der erste noch der einzige, der die These der Kompatibilität der Cartesischen Bewegungsgröße und des Leibnizschen Kraftmaßes vertrat. Sollte die mathematische Herleitung und experimentelle Bestätigung der Hypothese, dass beide Größen innerhalb eines bestimmten Anwendungsbereiches

¹⁴ Dies behaupten u. a. auch Wolfgang Bonsiepen in *Die Begründung einer Naturphilosophie bei Kant, Schelling, Fries und Hegel. Mathematische versus spekulative Naturphilosophie* (Bonsiepen 1997, 38f.), Martin Schönfeld in seiner Kant-Studie *The Philosophy of the Young Kant: the Precritical Project* (Schönfeld 2000, 31) und schon rund hundert Jahre zuvor Max Zwerger in seinem historischen Rückblick *Die lebendige Kraft und ihr Maß. Ein Beitrag zur Geschichte der Physik* (Zwerger 1885, 290).

gültig sind und erhalten bleiben, das Kriterium dafür sein, den *vis viva*-Streit für hinfällig zu erklären, wurde er schon lange vor d'Alembert beigelegt.¹⁵

Mit sportlichem Ehrgeiz datierte man unter diesem Blickwinkel die „richtige“ Antwort auf die Frage nach dem Kraftmaß immer weiter vor. Geht es nach Eberhard Knobloch und Istvan Szabó wurde die Kontroverse schon „1726 von Daniel Bernoulli durch dessen Schrift *Examen principiorum mechanicae* als ‚Logomachie‘ entlarvt und theoretisch beendet“ (Knobloch/Szabó 1976, 90). Man kann noch weiter zurückgehen. Sowohl Leibniz als auch Newton kannten die Arbeiten Christiaan Huyghens', Christopher Wrens und Edme Mariottes über die Stoßgesetze. Diese belegten, dass im Falle des idealen elastischen Stoßes sowohl die Summe der Produkte aus Masse und Geschwindigkeit als auch aus Masse und den Quadraten der zugehörigen Geschwindigkeiten konstant bleibt. Huyghens' Stoßgesetze, die er erstmals 1667 in „De Motu Corporum ex Percussione“ formulierte, handeln explizit davon. Die Formulierungen der Sätze der Impuls- und Energieerhaltung waren und blieben nichtsdestotrotz späteren Generationen vorbehalten.¹⁶

Wir wissen heute, dass das Zeitintegral über Newtons Kraftbegriff den Impuls und das Wegintegral die kinetische Energie ergibt. Die Crux war, dass man nicht erkannte, dass es sich in keinem der beiden Fälle um das Maß der bewegendes Kraft handelte, auch wenn beide Fälle mit dem *Wirken* einer Kraft zu tun haben: Erstens kann durch Kraftwirkung Arbeit verrichtet und die Energie eines Körpers verändert werden; zweitens ändert sich der Impuls,

¹⁵ So bemerkt Hans-Joachim Waschkies kritisch, „daß man in den Schriften der verschiedensten Gelehrten, die sich im 18. Jahrhundert um eine Beilegung des *vis-viva*-Streits bemüht haben“, immer wieder auf Formeln stößt, „aus denen wir heute leicht eine (Teil)lösung des fraglichen Problems herauslesen können, ohne daß die betreffenden Autoren, zu denen so berühmte Gelehrte wie P. de Varignon, J. Hermann, L. Euler, Joahnn (I) Bernoulli und J. le d'Alembert gehören, in der Lage gewesen wären, ihre mathematisch-abstrakt deduzierten Ergebnisse physikalisch zu deuten und damit den Streit um das wahre Kraftmaß zu beenden“ (Waschkies 1987, 429). In eine ähnliche Richtung zielt die Feststellung, die Thomas L. Hankins trifft: “it is not so easy to see why the controversy lasted for fifty years, even though it was treated by the best physicist and mathematicians of the age. All the necessary mathematical tools were available, but the task of attaching correct physical interpretations to the mathematical formulae was very difficult” (Hankins 1990, 206).

¹⁶ Zu diesem Ergebnis kam schon Eduard Jan Dijksterhuis: „Es verdient Beachtung, daß Huygens in dem Werke *De Motu Corporum ex Percussione* das für alle Stoßerscheinungen fundamentale Gesetz der Erhaltung des Impulses nicht ausspricht“ (Dijksterhuis 1956, 418). Huyghens verfasste „*De Motu Corporum ex Percussione*“ 1667. Veröffentlicht wurde das Werk aber erst in den *Opuscula Postuma* (Huyghens 1703). Was Dijksterhuis bezüglich Huyghens' Werk feststellt, macht Thomas L. Hankins in Bezug auf d'Alemberts *Traité de Dynamique* geltend: “But d'Alembert was not at all clear on which physical effects were proportional to the change of velocity and which were proportional to the change in the square of velocity. His own description was extremely obscure” (Hankins 1990, 208).

wenn eine Kraft auf einen Körper wirkt.

Obwohl man sich bereits damals klar und einig war, dass man aus der jeweiligen Integration über den Weg und über die Zeit zwei unterschiedlichen Größen gewinnt, für die man jeweils einen Erhaltungssatz aufstellen kann, rechtfertigt dies nicht den Schluss zu ziehen, dass der Sache nach Leibniz' *vis mortua* der potentiellen Energie bzw. der Lageenergie, Leibniz' *vis viva* der kinetischen Energie, Descartes' *quantitas motus* dem Impuls und die *vis motrix* der sich aus Masse und Beschleunigung berechnenden Newtonschen Kraft entsprach. Dass man damals von einem Wortstreit sprach, bedeutete das Eingeständnis, dass man nicht wusste und auf Basis des damaligen Forschungsstandes nicht wissen konnte, welche physikalische Größe erhalten bleibt, das Erhaltungsprinzip vorausgesetzt, und wie diese zu messen sei.¹⁷ Leibniz hatte gegen die *quantitas motus*, die er als Cartesische Variante des Impetusbegriffes ansah, die Differenzierung zwischen der *vis mortua* und *vis viva* ins Felde geführt. Der *impetus* sei, so meint Hans Stammel (Stammel 1982, 265):

entstanden durch eine beschleunigend wirkende Kraft während eines bestimmten Zeitintervalls. Wird er als *nisus* bezeichnet, als Streben zum nachfolgenden Zustand, dann bedeutet der *impetus* nicht mehr den Geschwindigkeitsgrad zu einem bestimmten Zeitpunkt (die Momentangeschwindigkeit), sondern die Änderung der Geschwindigkeit während eines bestimmten Zeitintervalls, d. h. er ist gleichbedeutend mit einer elementaren Beschleunigung.

Die Erklärung der Entstehung der lebendigen aus den toten Kräften lief folglich auf das differentialrechnerische Problem hinaus, den Hiatus zwischen einer momentan wirkenden Kraft zu einem bestimmten Zeitpunkt und der beschleunigenden Kraft während eines bestimmten Zeitintervalls zu bewältigen. Das war auch das Kernproblem der Mechanik Newtons!

Diese fußte wie die Dynamik Leibniz' auf dem Dualismus zwischen aktiven und passiven Prinzipien. Sowohl Newtons als auch Leibniz' Bewegungslehre war als eine dynamische Theorie der Kräfte konzipiert, die sich explizit gegen die Cartesische Lehre von der Bewegung der Materie richtete. In Übereinstimmung mit Leibniz fasste Newton die Trägheit als Widerstandsprinzip und als Verharrungsprinzip der materiellen Körper gegen bewegende Kräfte auf.

Wie bei Leibniz spielte auch bei Newton das Erhaltungsprinzip eine tragende Rolle, aber als Zustandserhaltung, nicht als Erhaltung einer physikalischen

¹⁷ Folgendes Zitat aus Georg Christoph Lichtenbergs annotiertem Handexemplar *Vorlesungen zur Naturlehre* der vierten Auflage von Johann Christian Polykarp Erxleben *Anfangsgründe der Naturlehre* bringt dies zum Ausdruck: „Also sie sehen offenbar die ganze Sache ist ein Wortstreit. [...] Die Frage ist nicht: wie soll man Kraft messen? sondern was soll man Kraft nennen?“ (Lichtenberg 1787, 254)

Größe. Newton gab zwar im dritten Zusatz seiner *Axiomata, sive leges motus* einen Beweis für die Erhaltung der Bewegungsgröße als gerichtete, vektorielle Größe. Aber er brachte dieses Resultat nicht in Zusammenhang mit der Erhaltung der Kraft. Vielmehr interpretierte Newton Reibungsphänomene als experimentelle Widerlegung für die Krafterhaltung. Er meinte sogar, dass Gott dem Universum von Zeit zu Zeit neue bewegende Kräfte zuführen müsse, da sonst alles zum Stillstand käme, was im Briefwechsel zwischen Leibniz und Clarke, wie dargelegt, Gegenstand einer ausgeprägten Debatte wurde (Clarke 1717).

Die Differenzen zwischen Leibniz und Newton sprachen dagegen, Newtons *vis impressa* mit Leibniz' *vis viva* zu identifizieren, die Gemeinsamkeiten dafür. Von einer Vereinheitlichung beider Kraftbegriffe hing der axiomatische Aufbau der Mechanik als einer in sich geschlossenen konsistenten Theorie der Bewegung in entscheidendem Maße ab. In diesem Zusammenhang gewinnt Sarah Huttons Feststellung ihre Breite und Tiefe, dass du Châtelets Synthese zwischen Leibnizianismus und Newtonianismus auf eine Vereinheitlichung der Grundbegriffe und Grundgesetze der Mechanik zielte (Hutton 2004a, 523):

Leibnizianism does not displace Newtonianism in the *Institutions*. Rather Leibniz's views are treated as an extension of the overall discussion of physics.¹⁸

Du Châtelet argumentierte, dass aufgrund der Proportionalität zwischen Bewegungsänderung und bewegender Kraft die Größe der bewegenden Kraft unendlich klein sei, wenn es die Größe der Bewegung ist. In diesem Fall ruht der Körper. Seine Anfangsgeschwindigkeit ist nicht gleich Null, sondern geht gegen Null. In diesem Fall haben die tote Kraft und der Anfang der lebendigen Kraft ein gleiches Maß, nämlich die Masse des Körpers multipliziert mit der unendlich kleinen Geschwindigkeit (Du Châtelet 1742, § 561):

la force morte & l'élément de la vive ont une même mesure qui est la masse du corps multipliée par la vitesse infiniment petite.

Zugleich behauptete du Châtelet aber, dass die Größe der lebendigen Kraft im Vergleich zu ihrem Anfang, der toten Kraft, unendlich größer und von ganz anderer Art sei (ebd., § 566):

¹⁸ Ähnlich würdigte schon Emil Heinrich Du Bois-Reymond du Châtelet in seiner Festrede in der öffentlichen Sitzung der Königlich Preußischen Akademie der Wissenschaften zur Gedächtnisfeier Friedrichs II. am 30. Januar 1868 mit folgenden Worten: „Obschon Newton's Übersetzerin, dachte Madame du Châtelet selbstständig genug, um in den für ihren Sohn geschriebenen *Institutions physiques* und in einem Schreiben an Mairan sich mit Leibniz und den Bernoulli für das Quadrat der Geschwindigkeit im Kräftemaß und für die Erhaltung der Kraft zu entscheiden“ (Du Bois-Reymond 1868, 12).

Sans entrer encore dans la discussion de la mesure de cette force vive, on s'appert çoit aisément qu'elle est d'un autre genre que la force morte, qu'elle doit être d'un autre genre que la force morte, qu'elle doit être infiniment plus grande que son élément.

Unendlich groß kann eine Kraft und ihre Wirkung nur im Falle einer unendlich großen Geschwindigkeit sein, mit der sich ein Körper bewegt. Du Châtelet behauptete nicht, dass die bewegende Kraft unendlich groß sei, sondern dass die lebendige Kraft unendlich größer sei im Vergleich zur unendlichkleinen Größe der toten Kraft. Diese heute kryptischen Worte beziehen sich auf das von Galileo Galilei aufgeworfene Problem der Unendlichkeit der Stoßkraft.¹⁹

Für Leibniz war die Stoßkraft eine lebendige Kraft, die aus unendlich vielen wiederholten Stößen der toten Kraft hervorging. Der Newtonschen Theorie zufolge berechnete sich die Stoßkraft aus der infinitesimalen Impulsänderung pro Zeit. Es war zur damaligen Zeit keineswegs klar, dass es sich weder bei der lebendigen Kraft noch bei der bewegenden Kraft um eine Kraft handelte, sondern um Energie und Impuls. Alle Versuche einer Klassifikation der verschiedenen Arten und Formen von Kräften unter einen einheitlichen Kraftbegriff waren daher zum Scheitern verurteilt.

6.3 Die Zuspitzung der Kontroverse im 18. Jahrhundert

Leibniz' Aufsatz „Brevis demonstratio“, der im Titel ohne diplomatische Zurückhaltung von einem „erroris memorabilis Cartesii“ spricht, war der Auslöser für einen wissenschaftlichen Grundlagendisput zwischen Leibnizianern und Cartesianern, der mit Intervention der Newtonianer im 18. Jahrhundert an Brisanz gewann.²⁰ Es beteiligten sich namhafte Persönlichkeiten aus vielen Ländern Europas, aus Frankreich, Großbritannien, den Niederlanden, der

¹⁹ Galilei war zu dem Schluss gelangt, die Stoßkraft sei unendlich groß im Vergleich zur Kraft des Druckes. Dass an dieser Stelle der Bezug zu Galilei zu beachten ist, um die oben zitierte Textstelle adäquat zu interpretieren und in seinem historischen Kontext zu verstehen, verkennt u. a. Dieter Suisky in seinem Artikel „Leonhard Euler and Emilie du Châtelet. On the Post-Newtonian Development of Mechanics“ (Suisky 2012, 144) sowie in seiner Monographie *Euler as Physicist* (Suisky 2009). Aufschlussreich und textfundiert ist in diesem Zusammenhang immer noch Anneliese Maiers Aufsatz „Galilei und die scholastische Impetustheorie“ (Maier 1967).

²⁰ Sicher spielten wie in allen großen Auseinandersetzungen wissenschafts- und machtpolitische Interessen, persönliche und nationale Rivalitäten eine gewisse Rolle. Nicht immer wurden die Diskussionen sachlich geführt. Insbesondere in den privaten Korrespondenzen schreckte man nicht vor Polemik zurück. Dies beklagte schon Leibniz in einem seiner Briefe an Denis Papin vom 16. (26.) Januar 1698. Die Streitparteien würden wie Armeen den Sieg für sich unter ihren Anhängern erklären: « Si nous n'y prenons garde, nous allons retomber dans ces manieres de conferer, où chacun a raison dans sa letter, comme deux armées, dont

Schweiz, Italien und Deutschland, u. a. Jean Jaques d’Ortous de Mairan und Jean le Rond d’Alembert, Colin Maclaurin und Henry Pemberton, Wilhelm Jacob ’s Gravesande und Johann van Muschenbroeck, die Bernoulli-Familie und Leonhard Euler, Giovanni Poleni und Vincenzo Riccati und schließlich Christian Wolff und Immanuel Kant.²¹

Der Niederländer Willem Jacob ’s Gravesande, der während seines einjährigen Aufenthaltes 1715 in London Newton, John Theophilus Desaguliers und John Keill persönlich kennengelernt hatte und seit 1717 Professor für Mathematik und Astronomie an der Universität Leiden war, leistete einen wesentlichen Beitrag, Newton auf dem Kontinent, insbesondere in Frankreich, bekannt zu machen. Sein besonderes Interesse galt dem *perpetuum mobile*. Dazu führte er eine Reihe von Experimenten durch. So ließ er schwere Bleikugeln in ein Lehmbeden fallen und stellte bei doppelter Höhe keine doppelte, sondern eine vierfache Vertiefung, aus dreifacher Höhe eine neunfache Vertiefung etc. im Lehm fest. Er schloß daraus, dass das Volumen der Aushöhlung proportional zu mv^2 der Kugeln sei. Um zugleich auch den Fall des inelastischen Stoßes zu testen, ersann ’s Gravesande ein Experiment, das J. Christiaan Boudri wie folgt beschreibt (Boudri 2002, 108):

He [’s Gravesande] then developed an experiment in which both effects, the change in velocity and indentation were achieved simultaneously. He allowed to equally large hollow copper balls with different masses, but with the same quantity of motion, to collide with a motionless hanging clay ball. His conclusion was that a moving body is associated with two effects: indentation and change in velocity, and accordingly with two causes: force and inertia, respectively.

In ’s Gravesandes berühmtem Lehrbuch *Physices elementa mathematica, experimentis confirmata. Sive introductio ad philosophiam Newtonianam* (Gravesande 1720/21), das in mehreren Auflagen und Sprachen erschienen ist, findet

chacune fait des feux de joye dans son camp » (Leibniz *AA III*, 5, Nr. 177). Der Gegenstand der *vis viva*-Kontroverse war aber kein wissenschaftspolitischer.

²¹ Bereits im 18. Jahrhundert gab es Abhandlungen, die sich eigens mit der Geschichte des Streits befassten, darunter Johann Christian Arnolds *Dissertatio de viribus vivis earumque mensura* (Arnold/Goetzius 1754) und Abraham Gotthelf Kästner Abriss in seinen *Anfangsgründen der höhern Mechanik* (Kästner 1766). Einen Einblick in die aktuelle wissenschaftshistorische Diskussion vermitteln die Beiträge von Larry Laudan: “A Postmortem on the Vis Viva Controversy” (Laudan 1968), Carolyn Iltis [Merchant]: “Leibniz and the Vis Viva Controversy” (Iltis 1971) und David Papineau: “The Vis Viva Controversy” (Papineau 1977). In dem Artikel “Leibniz and the *vis viva* Controversy” (Shimony 2010) liefert Idan Shimony inhaltlich nichts Neues. Die vom Autor zitierten Quellen sind in der Leibniz-Forschung allseits bekannt. Die angeführte Sekundärliteratur ist recht beschränkt.

man eine Reihe weiterer Experimente, mit denen sich 's Gravesande zu belegen bemühte, dass zumindest für den elastischen Stoß die Kraft als das Produkt von Masse und Geschwindigkeitsquadrat zu messen ist. Ähnliche Versuche wurden vom Italiener Giovanni Poleni u. a. in seiner Arbeit *De castellis per quae derivantur fluviorum aquae habentibus latera convergentia liber* (Poleni 1718) beschrieben.

Sowohl 's Gravesande als auch Poleni wurden von den britischen Newtonianern Samuel Clarke und Henry Pemperton einer harschen Kritik unterzogen. Zu ihrer Verteidigung beriefen sich 's Gravesande und Poleni auf weitere Experimente mit verbesserten Techniken der Kraftmessung. Die Ergebnisse hielten sie in Aufsätzen fest, die durch die *République des lettres* gereicht wurden.²²

Spätestens zu diesem Zeitpunkt ließ sich die traditionelle Zuordnung zu den Cartesianern, Newtonianern und Leibnizianern nicht mehr aufrecht erhalten. Bezeichnend dafür ist die von Voltaire u. a. gebrauchte Redewendung « forceviviers ». Damit waren eben nicht nur die Leibnizianer gemeint, sondern auch die „abtrünnigen“ Newtonianer. Mit der Preisfrage der französischen Akademie im Jahre 1724, die den langen Titel trug: « Quelles sont les loix suivant lesquelles un corps parfaitement dur, mis en mouvement, en meut un autre de même nature, soit en repos, soit en mouvement, qu'il rencontre, soit dans la vuide, soit dans la plein », erreichte der Streit um das Kraftmaß in den Kreisen der Pariser Akademie einen Höhepunkt. Johann I Bernoulli reichte eine Arbeit ein, in der er ausgehend von den Prämissen der Kontinuität und Erhaltung dafür argumentierte, dass sich die Kraft aus dem Produkt von Masse und Geschwindigkeit errechnet (Bernoulli [Johann I] 1727).

Bernoullis Wettbewerbsbeitrag, der 1727 unter dem Titel « Discours sur les loix de la communication du mouvement » in den *Recueil des pièces qui ont remporté le prix de l'Académie Royale des Sciences* erschien, wurde von der Jury mit der Begründung der Themaverfehlung abgelehnt: Gefragt wurde nach den Gesetzen für den inelastischen, nicht elastischen Stoß. Den Preis erhielt der schottische Newton-Schüler Colin MacLaurin mit der Arbeit « Démonstration des Loix du Choc des Corps » (MacLaurin 1724).²³

²² Simon Schaffer schreibt über diesen Disput: “In fierce debates with philosophers throughout the Republic of Letters which continued into the 1730s, 's Gravesande had progressively to clarify the recipes for his experiments on falling bodies and explain the metaphysical meaning he attributed to them. He printed tables allowing his readers to estimate the volume of an indentation from its horizontal diameter, though larger balls would make shallower impressions. He gave careful instructions on the kind of clay or wax which must be used, preferably dense, uniform and soft, and the oil with which the balls must be coated lest they stick on impact. He got Musschenbroek to design a robust machine to control the way in which the balls were dropped and the height from which they fell, then used the *Journal littéraire* to revise and clarify these new performances” (Schaffer 1995, 180).

²³ Nimmt man die Sache genau, hielt sich auch MacLaurin nicht strikt an die Vorgaben

Die Aufgabe, Bernoulli über die Entscheidung der Jury zu informieren, fiel Jean Jacques d’Ortous de Mairan zu, einem bedeutendem Mitglied der Académie Royal des Sciences.²⁴ Bernoulli war selbst auswärtiges Mitglied der Pariser Akademie seit 1699 und galt als Kapazität auf dem Gebiet der mathematischen Physik. Zu seinen Schülern zählten Marquis de l’Hospital und Pierre Varignon.

In seinem Schreiben vom 26. April 1724 an Bernoulli ging Mairan diplomatisch vor. Er bat Bernoulli um Verständnis dafür, dass die Akademie seinen Beitrag nicht akzeptieren konnte, und vertröstete ihn auf die kommende Ausschreibung, in der nach den Bewegungsgesetzen für den elastischen Stoß gefragt würde. Doch auch diesmal bekam Bernoulli den Preis nicht. Bernoulli war enttäuscht und verärgert. Er witterte eine Intrige gegen ihn, hoffte aber Mairan als Befürworter der *vis viva*-Theorie gewinnen zu können. Diese Hoffnung wurde aber zerschlagen. Mairan bezog mit dem Aufsatz « Dissertation sur l’estimation et la mesure des forces motrices des corps » (Mairan 1728) in den *Mémoires de l’Académie Royale des Sciences* öffentlich gegen die « forceviviens » Stellung.²⁵

Mairan glaubte, die Sache hätte sich damit zumindest von seiner Seite erledigt. « On ne parle plus des forces vives à l’Académie », schrieb Mairan an Bernoulli in einem Brief vom 30. Mai 1728.²⁶ Doch weit gefehlt. Du Châtelet zog Mairan einen Strich durch die Rechnung, indem sie tat, was Maupertuis und andere Fürsprecher Bernoullis in der Akademie nicht gewagt hatten. Sie übte in ihren *Institutions physiques* Kritik an Mairan.

der Akademie. Denn nachdem er im ersten Teil seiner Arbeit die Bewegungsgesetze kurz vorgestellt und im zweiten Teil eine Kritik an ’s Gravesandes *Essai d’une nouvelle théorie sur le choc des corps* (Gravesande 1722) geübt hatte, behandelte er im dritten Teil seiner Arbeit drei Fälle des Stoßes: den vollkommen harten Stoß ($e = 0$), den vollkommen elastischen Stoß ($e = 1$) und den nicht vollkommen elastischen Stoß ($0 < e < 1$). Im vierten und letzten Kapitel untersuchte er den nichtzentralen Stoß. Weiterführend sei auf Peter M. Harman Artikel “Dynamics and Intelligibility: Bernoulli and McLaurin” (Harman 1988b) verwiesen. Eine englische Übersetzung mit einem ausführlichen und instruktiven Kommentar der Arbeit MacLaurins findet man in Ian Tweddles *MacLaurin’s Physical Dissertations* (Tweddle 2007).

²⁴ Mairan war seit 1718 Mitglied der Akademie. 1741 wurde er zum Sekretär, später zum stellvertretenden Direktor und schließlich zum Direktor ernannt. Er gehörte auch den Akademien in London, Edinburgh, Uppsala und St. Petersburg an. Nicht unbedeutend war seine Tätigkeit als Herausgeber des *Journal des Sçavans*.

²⁵ Mairan las, wie Ellen McNiven Hine bemerkt (McNiven Hine 1996, 109), seine Stellungnahme in zwei Versammlungen der Akademie im April und Mai 1728 persönlich vor.

²⁶ Der Inventar der Briefwechsel der Mathematiker Bernoulli, darunter auch die Briefe zwischen Johann I Bernoulli und Mairan, befindet sich heute in in der Bernoulli-Edition der Universitätsbibliothek Basel, hier: BS UB, Handschriften. SIGN.: L I a 661, Nr. 31*, und ist online einsehbar unter der URL: <http://www.ub.unibas.ch/bernoulli/index.php/Briefinventar> [08.10.2013].

6.4 Du Châtelets Verteidigung des Leibnizschen Kraftmaßes

Émilie du Châtelet begann sich mit der Frage nach dem Kraftmaß 1738 intensiver zu befassen, in dem Jahr also, in dem ihre *Institutions physiques* eigentlich erscheinen sollten. Davon zeugt ihre Korrespondenz mit Maupertuis.²⁷ In ihrem Brief vom 10. Februar 1738 ist zu lesen (Bestermann 1958, Nr. 120):

Je vous avoue qu'il me reste une grande peine d'esprit sur ce que vous me dites, que si l'on prend pour *forces les forces vives* la même quantité s'en conservera toujours dans l'univers. [...] Il y a peut-être bien de la témérité à moi à vous supplier de me dire comment s'il ensuivrait qu'il y aurait dans l'univers la même quantité de force, si la force d'un corps en mouvement est le produit de sa masse par le carré de sa vitesse.

Die „Entdeckung“ der Kontroverse um das Kraftmaß veranlasste du Châtelet ihre Arbeit von Grund auf umzuarbeiten. Nachdem sie die Akademieschriften von Jean Jacques d'Ortous de Mairan (Mairan 1728) und Johann I Bernoulli (Bernoulli [Johann I] 1727) studiert hatte, bat sie „sir Isaac Maupertuis“ in einem Brief vom 2. Februar 1738 Stellung zu beziehen (ebd., Nr. 118):

J'ai lu beaucoup de choses depuis peu sur les force vives, je voudrais savoir si vous êtes pour m^r Le Mairan, ou pour m^r de Bernouilly.

Maupertuis verhielt sich zurückhaltend und spielte den Streit als « dispute de mots » herunter.²⁸ Doch du Châtelet gab sich damit nicht zufrieden. Maupertuis lenkte schließlich ein, dass er die Leibniz-Bernoullische Position für

²⁷ Als *terminus post quem* gilt ihr Brief an Maupertuis vom 2. Februar 1738 (Bestermann 1958, Nr. 114). Die Korrespondenz zwischen du Châtelet und Maupertuis ist relativ gut erschlossen, wie u. a. die Beiträge von Roland Bonnel « La correspondance scientifique de la marquise Du Châtelet: la *lettre-laboratoire* » (Bonnel 2000) und Judith P. Zinsser "Mentors, the Marquise Du Châtelet and Historical Memory" (Zinsser 2007b) bezeugen. Du Châtelets prägender Einfluss auf Maupertuis, sich mit der Frage nach dem Kraftmaß zu befassen, gilt nicht nur in der du Châtelet-Forschung als unumstritten und allgemein bekannt. Er wurde u. a. von Ruth Hagengruber in dem Artikel „Eine Metaphysik in Briefen. Emilie du Châtelet an Maupertuis“ (Hagengruber 1999) und von Frauke Böttcher in ihrer Dissertation *Das mathematische und naturphilosophische Lernen und Arbeiten der Marquise du Châtelet (1706–1749): Wissenszugänge einer Frau im 18. Jahrhundert* (Böttcher 2012), aber auch schon von Pierre Brunet in seiner Biographie *Maupertuis: L'œuvre et sa place dans la pensée scientifique et philosophique du XVIIIe siècle* (Brunet 1929) herausgestellt.

²⁸ Maupertuis hatte auch allen Grund für Zurückhaltung. Denn einerseits verband ihn mit der Bernoulli-Familie, insbesondere mit Johann II Bernoulli, eine enge Freundschaft. Von Johann I Bernoulli wurde er in die Leibnizsche Differentialrechnung eingeführt und lernte, Newton aus der Sicht der „Basler“ kennen. Dennoch wäre es diplomatisch ungeschickt gewesen, gegen Mairan das Wort zu erheben. Denn als Newtonianer genoss er in der Akademie ohnedies nicht den besten Ruf und hatte dort viele Gegner.

überzeugender halte als diejenige Mairans. Dies bestärkte du Châtelet, für das Leibnizsche Kraftmaß Stellung zu beziehen. Ihre Position begründete sie metaphysisch, mathematisch und experimentell.

Aus dem metaphysischen Prinzip des zureichenden Grundes, das als grundlegendes Axiom vorauszusetzen ist, folgt erstens das Kontinuitätsprinzip und zweitens das Erhaltungsprinzip. Das Kontinuitätsprinzip fordert, dass die Bewegung gleichförmig, die Bewegungsänderung gleichmäßig beschleunigt ist. Davon zu unterscheiden ist das Prinzip der Bewegungserhaltung. Dieses fordert nicht gleichbleibende Geschwindigkeit, sondern die Konstanz der Bewegung bzw. die Invarianz der Bewegungsgröße. Bewegung kann weder entstehen noch vergehen, auch wenn sich ein Körper schneller oder langsamer bewegen kann. Ursache für die Bewegung und Bewegungsänderung ist die Kraft. Auch das folgt nach du Châtelet aus dem Prinzip des zureichenden Grundes. Die gleichförmige (geradlinige) Bewegung ist eine Bewegung mit gleichbleibender Geschwindigkeit (ohne Richtungsänderung), folglich ein Sonderfall einer gleichmäßig beschleunigten Bewegung; die Ruhe ist ein Sonderfall der Bewegung, und zwar die infinitesimale Größe der Bewegung. Ruhe als auch Bewegung sind beides Zustände, in denen sich ein Körper befinden kann (Du Châtelet 1742, § 559).

Entsprechend den beiden Zuständen, dem Zustand der Ruhe (potentiell unendlich kleiner Bewegungszustand) und dem Zustand der wirklichen und endlichen Bewegung, unterschied du Châtelet wie Leibniz zwischen zwei Arten von Kräften, zwischen der toten und der lebendigen Kraft. Ein Körper verharrt im Zustand der Ruhe oder der gleichförmigen Translation, wenn die Kraft, die auf ihn wirkt, eine tote Kraft ist. Bewegt sich ein Körper mit einer gewissen endlichen Geschwindigkeit, ist die Kraft, die auf ihn wirkt, eine lebendige.

Mit explizitem Bezug auf Leibniz' Arbeiten „Brevis demonstratio“ (Leibniz 1686) und „Specimen dynamicum“ (Leibniz 1695a) argumentierte du Châtelet, dass sich die lebendige Kraft aus dem Produkt von Masse und Geschwindigkeitsquadrat berechne. Die infinitesimale Größe der toten Kraft bringe aufgrund ihres potentiell unendlichen Charakters nur die Tendenz zur Bewegung hervor. Wirklich und endlich sei die lebendige Kraft. Sie entstehe durch unendlich kleine Einprägungen der toten Kraft. Entsprechend sprach du Châtelet von einer « *tendance ou mouvement* » bezüglich der toten Kraft und von einer « *mouvement actuel* » bezüglich der lebendigen Kraft (Du Châtelet 1742, § 519). Das Verhältnis der toten Kraft zur lebendigen Kraft erläuterte die Marquise durch die Leibnizche Analogie, dass sich erstere zur letzteren wie der Punkt zur Linie verhalte (ebd., § 566):

Sans entrer encore dans la discussion de la mesure de cette force vive, on s'appertçoit aisément qu'elle est d'un autre genre que la

force morte, qu'elle doit être infiniment plus grande que son élément, & qu'elle doit lui être comme une ligne est à un point ou comme une surface est à une ligne.

Die mathematische Ableitung des Geschwindigkeitquadrates aus dem Leibnizschen Differentialkalkül mache jedwede Polemik gegen die *vis viva* gegenstandslos, wie sie u. a. Bernard Le Bovier Fontenelle in seinem Aufsatz « Sur la force des corps en mouvement » in dem Journal *Histoire de l'Academie Royale des Sciences* (Fontenelle 1721) vorgebracht habe. In dieser Arbeit hatte Fontenelle das Leibnizsche Kraftmaß als Häresie gerügt – zu Unrecht, meinte die Marquise (ebd., § 567):

Vous avez vu au Chap. XIII, qu'il est démontré par la théorie de Galilée que les espaces que la gravité fait parcourir aux corps qui tombent vers la terre, font comme les quarrés des vitesses: donc les force vives que les corps acquièrent en tombant, font aussi comme les quarrés de leurs vitesses, puisque ces forces font comme les espaces. Cette assertion parut d'abord une espèce d'Hérésie Physique. D'où viendroit ce quarré, disoit-on?

Du Châtelet bezieht sich hier auf das Galileische Fallgesetz. Diesem zufolge ist die Kraft dem Produkt aus Gewicht und Höhe proportional. Beides zusammen, das Galileische Fallgesetz plus die Tatsache, dass die Schwerkraftwirkung dem Produkt aus Gewicht und Hubhöhe entspricht, belege, dass sich die Kraftwirkung aus dem Quadrat der Geschwindigkeiten des frei fallenden Körpers ergebe. Auch dieses Argument war zur damaligen Zeit allseits bekannt und bereits über viele Jahrzehnte diskutiert worden. Zur experimentellen Stützung der *vis viva*-Erhaltung führte die Marquise darüber hinaus eine Reihe von aktuellen Experimenten an, darunter Willem Jacob 's Gravesandes Versuche mit der Mariotte'schen Stoßmaschine (ebd., § 584).²⁹ Die Grundidee des Experiments bestand darin, zwei Kugeln aus Kupfer von gleicher Masse gleichzeitig mit gleicher Geschwindigkeit auf eine mittlere Tonkugel treffen zu lassen und an Hand der Größe in den Eindrücken bzw. Mulden, die die Kupferkugeln im Ton hinterlassen, die Kräfte zu messen.

²⁹ Willem Jacob 's Gravesandes Bemühen einer Integration des Leibnizschen Kraftmaßes in die Mechanik Newtons ist ein Beispiel par excellence für die kritische Distanzierung gegenüber Newtons *Experimental Philosophy*. Im Zuge der Neubewertung des niederländischen Newtonianismus des 18. Jahrhunderts wurde 's Gravesandes Verbindung von Experimentalphysik und hypothetisch-deduktivem Methodenideal von Ad Maas in seinem Beitrag "Willem Jacob 's Gravesande and the Enlightenment" kürzlich hervorgehoben (Maas 2012). Ein Vergleich mit der Position du Châtelets, der die historischen und systematisch-sachlichen Bezüge analysierte, wäre eine noch zu leistende, historisch lohnenswerte Aufgabe.

Dreh- und Angelpunkt für die damalige Bestimmung des Kraftmaßes, ob es um die mathematische Herleitung oder experimentelle Bestätigung ging, war die „richtige“ Interpretation der Bewegungsgröße, der *quantitas motus*. Zwar waren sich Cartesianer, Leibnizianer und Newtonianer einig, dass sich diese Größe aus dem Produkt von Masse und Geschwindigkeit berechnet, die Masse eine Eigenschaft der Materie ist, die sich als Trägheitswiderstand eines Körpers gegenüber seiner Beschleunigung äußert, und die Geschwindigkeit der Quotient aus Weg und Zeit ist. Doch waren weder die Leibnizianer noch die Newtonianer gewillt, die Cartesische Gleichsetzung der Bewegungsgröße mit der bewegendem Kraft mitzutragen. Auch du Châtelet insistierte darauf, die « quantité du mouvement » von der « quantité de la force » zu unterscheiden. In einem Brief an Maupertuis vom 9. Mai 1738 schrieb sie (Bestermann 1958, Nr. 124):

Je vois (autant que je peux voir) qu'il est certain que la force ou l'effect de la force des corps est le produit de la masse par le carré de la vitesse, et que la quantité de la force d'un corps, et la quantité du mouvement de ce corps sont deux choses très différentes.

Die fehlende Unterscheidung zwischen der Größe der Bewegung und der Größe der Kraft machte du Châtelet Mairan zum Vorwurf. Ein weiterer Einwand gegen Mairan lautete, dass dieser in seiner *Dissertation sur l'estimation et la mesure des forces motrices des corps* (Mairan 1728) die beschleunigte mit der gleichförmigen Bewegung verwechselt habe. Seine These, beschleunigte (oder abgebremste) Bewegung sei ein Grenzfall gleichförmiger Trägheitsbewegung, sei unhaltbar und ein Rückfall in die cartesische Position der Reduktion aller mechanischer Phänomene auf „Materie in Bewegung“ (Du Châtelet 1742, § 574).

Du Châtelets Kritik an Mairan provozierte diesen zu einem Antwortschreiben, in dem er ihre Kompetenz in Frage stellte.³⁰ Spöttisch schrieb er, du Châtelet habe Leibniz einen Altar errichtet und die lebendige Kraft den Monaden zur Seite auf den Thron gesetzt. In ihrem *Réponse de madame la marquise Du Chastellet, à la Lettre que M. de Mairan, secrétaire perpétuel de L' Académie royale des sciences, lui a écrite le 18 février 1741 sur la question des forces*

³⁰ Das Schreiben wurde unter dem Titel *Lettre De M. De Mairan, secrétaire perpétuel de L' Académie royale des sciences, et à madame la marquise Du Chastellet sur la question des forces vives, en réponse aux objections qu'elle lui a faites sur ce sujet dans ses Institutions de physique* (Mairan 1741) veröffentlicht. Zu den Hintergründen der Publikation schreibt Ellen McNiven Hine: “Réaumur and Cassini were appointed to examine the letter, dated 18 February 1741, and upon receipt of their report, the Académie decided that it deserved to be published. The approbation was signed by Nicole, the Director of the Académie, on 4 March of that year” (McNiven Hine 1996, 109).

vives vom 26. Mai 1741 verteidigte sich du Chatelet gegen die Vorwürfe.³¹

Mairan verzichtete auf eine weitere Stellungnahme zu seiner Rechtfertigung.³² Er hatte allen Grund zu fürchten, dass die Newtonianer und Leibnizianer du Châtelet verteidigten. In einem Schreiben vom 14. April 1741 an Gabriel Cramer äußerte sich Mairan besorgt. Er habe vom Gerücht vernommen, Cramer, bekannt als Verfechter der *vis viva*, wolle für du Châtelet Partei ergreifen.³³ Cramer tat es letztlich nicht. In einem Brief vom August 1744 an Clairaut sprach er allerdings nicht Mairan, sondern du Châtelet seine Anerkennung aus und gab ihr in allen Punkten Recht (Speziali 1955, 220):

Comme l'ouvrage de Mad. du Chatelet ne me parviendra apparemment qu'un peu tard [...] faites moi la grace de me dire en un mot ce que c'est. Je m'imagine que ce sera sa dispute avec Mr de Mairan sur les forces vives. Mais peut-être y aura-t-il quelques additions. Cette illustre dame m'a fait l'honneur de m'envoyer par le P. Jacquier une copie de la réponse qu'elle a faite à M[onsieu]r de Jurin sur le même sujet. Il me semble qu'elle a raison sur tous les points, et qu'elle le prouve avec beaucoup de force, de netteté et d'élégance.

Ähnlich wie Cramer verhielten sich auch Alexis-Claude Clairaut, Johann II Bernoulli und Pierre Louis Moreau de Maupertuis. Sie äußerten sich nicht öffentlich zum Disput zwischen Mairan und du Châtelet, bekundeten aber im privaten Briefwechsel auf ihrer Seite zu stehen. So schrieb Clairaut an du Châtelet im Mai 1741:

³¹ Beide Briefe wurden im *Journal de Trávoux* (auch *Mémoires pour l'Histoire des Sciences & des Beaux-Arts*) 1741 veröffentlicht. Sie wurden desweiteren als Anhang sowohl der zweiten Ausgabe der *Institutions physiques* (Du Châtelet 1742) als auch der 1744 erneut aufgelegten Schrift *Dissertation sur la nature et la propagation du feu* (Du Châtelet 1744) angehängt. Zu den Argumenten, die du Chatelet gegen die Vorwürfe Mairans vorbrachte, sei weiterführend auf Keiko Kawashimas « La Participation de Madame du Châtelet à la Querelle sur les Forces Vives » (Kawashima 1990) aufmerksam gemacht.

³² Was Mairan unterließ, tat Voltaire. In der Schrift *Doutes sur la mesure des forces motrices et sur leur nature* (Voltaire 1741b) verteidigte er Mairan und griff die Leibnizianer an. In seiner Rezension *Exposition du Livre des Institutions physiques, dans laquelle en examine les idées de Leibnitz* (Voltaire 1741b) kritisierte Voltaire du Châtelets Leibniz-Nähe. In seinen *Eléments de la philosophie de Newton* (Voltaire 1773) stellte er den *vis viva*-Streit als « scandale de la géométrie » und als « dispute de mots » hin.

³³ Dem Schreiben fügte Mairan drei Kopien seiner Arbeit von 1728 und des Briefwechsels zwischen ihm und du Châtelet bei, die für Cramer selbst und für seine beiden Genfer Kollegen Jean Jallabert, der ein Freund Abbé Nollets war, und für Firmin Abauzit, gut bekannt mit Voltaire, gedacht waren.

Vous semblez croire que la politique me retient sur la question des forces vives, je vous proteste le contraire. Si j'ai dit que c'était une question de mots, c'est que je pense que c'en est une pour tous les gens qui sont vraiment au fait. La différence que je fais dans les deux partis, c'est que la plupart de ceux qui sont pour les forces vives ont les principes suffisants pour ne point se tromper dans les questions de mécanique, au lieu que le plus grand nombre de ceux de l'autre parti commettent mille paralogismes.³⁴

Zu einer weiteren Zielscheibe ihrer Kritik machte du Châtelet in ihren *Institutions physiques* James Jurin.³⁵ Dieser hatte sich in einer Reihe von Arbeiten, darunter in seinen *Dissertationes physico-mathematicae* (Jurin 1732) und in Aufsätzen in den *Philosophical Transactions* gegen die Berechnung der Kraft als das Produkt von Masse und Geschwindigkeitsquadrat ausgesprochen.

Jurin behauptete, gegen die Leibnizianer ein *experimentum crucis* ins Feld führen zu können: “An Inquiry into the Measure of the Force of Bodies in Motion: With a Proposal of an Experimentum Crucis, to Decide the Controversy about It” (Jurin 1744), lautete der viel versprechende Titel seines Aufsatzes aus dem Jahre 1744 in den *Philosophical Transactions*.

Man stelle sich z. B. ein Boot vor. Das Boot bewegt sich mit einer bestimmten Geschwindigkeit. Auf dem Boot ist eine Kugel an einer gespannten, horizontal liegenden Feder befestigt. Ein Auslösemechanismus sorgt dafür, dass die Kugel abgeschossen wird und sich mit einer Geschwindigkeit bewegt, die gleich der Geschwindigkeit des Bootes ist. Da die Geschwindigkeit proportional zur Kraft ist und sich Kräfte addieren lassen, so schließt Jurin, bewegt sich die Kugel auf dem Boot mit doppelter Geschwindigkeit und doppelter Kraft, nicht mit vierfacher. Die Verallgemeinerung des Versuches lautet “that moving forces are proportioal to the velocities” (Jurin 1744, 440).

³⁴ Der Briefwechsel zwischen Clairaut und du Châtelet ist nicht in der Bestermann-Ausgabe zu finden. Er ist jedoch online auf der von Olivier Courcelle erstellten Webseite *Chronologie de la vie de Clairaut (1713–1765)* einsehbar. Die URL lautet: <http://www.clairaut.com/> [11.12.2013].

³⁵ Über die damalige internationale Vernetzung der Briefpartner des *vis viva*-Streits schreibt Andrea Alice Rusnock: “Jurin kept well informed of the developing controversy. Samuel Clarke’s paper contesting the views of Leibniz and Bernoulli was read at the Royal Society meeting of 29 February 1728, and Jurin later discussed it with John Byrom. The Swiss mathematician Gabriel Cramer wrote Jurin an extensive letter in January 1729, once again arguing for the case of *vis viva*. Cramer, who resided in London in the late 1720s and became acquainted with Jurin at that time, had visited ’s Gravesande in Leyden on his return to Geneva and had corresponded with Bernoulli” (Rusnock 1996, 41). Du Châtelets Kritik an Jurin wird von Carolyn Iltis [Merchant] in “Madame du Châtelet’s Metaphysics and Mechanics” (Iltis 1977) besprochen.

Du Châtelet konterte, dass das Beispiel die Theorie der « forceviviers » nicht widerlege, sondern, im Gegenteil, bestätige. Der Fehler Jurins lag ihr zufolge in der stillschweigenden Voraussetzung, dass die elastische Federkraft, die auf die Kugel wirkt, auf dem sich bewegenden Boot dieselbe ist wie auf einem ruhenden Untergrund. In Wirklichkeit teile die Feder in dem Augenblick, in dem sie entspannt wird, nicht nur der Kugel, sondern auch dem Boot eine Kraft mit.³⁶

Jurin erachtete den Streit um Prinzipien als Kernproblem der Diskussion, ob es ein *experimentum crucis* für oder gegen die *vis viva*-These gibt. Die eine Partei würde als unzweifelhaftes Prinzip oder Axiom hinstellen, was die andere Partei entschieden verneint (Jurin 1744, 426f.):

For, whereas whatever is laid down on either side as a principle, ought to be something all the world agrees in, at least what is admitted by the other party; without which, all reasoning upon it is to no purpose; this conduct has been so little observed in the present dispute, that what has been offered on the one side as an undoubted principle or axiom, has commonly been something that the opposite party does not admit, nay, even absolutely denies.

Für Jurin war das Experiment die Entscheidungsgrundlage für die Wahl von Prinzipien bzw. Axiomen. Diese Haltung unterschied ihn als Empirist von den Rationalisten wie Leibniz oder du Châtelet, für die Prinzipien die Grundlage experimenteller Erfahrung und die Bedingung der Möglichkeit für wissenschaftliche Erkenntnis waren.

In ihrem Schreiben vom 30. Mai 1744 an Jurin argumentierte du Châtelet, dass dessen angebliches *experimentum crucis* der wunde Punkt seiner These der Proportionalität zwischen der bewegenden Kraft und der Geschwindigkeit sei. Sie sprach von « l'achille de jurin » (Bestermann 1958, Nr. 324) und wiederholte, dass man bei der mathematischen Ableitung der lebendigen aus der toten Kraft die Zeit nicht beachten müsse.³⁷ Sie verteidigte mit diesem Beispiel

³⁶ Immanuel Kant kritisierte in seinem Erstlingswerk *Gedanken von der wahren Schätzung der lebendigen Kräfte und Beurtheilung der Beweise derer sich Herr von Leibnitz und andere Mechaniker in dieser Streitsache bedient haben welche die Kraft der Körper überhaupt betreffen*, die Marquise sei dem Trugschluss namens *fallaciam ignorationis elenchi* erlegen, indem sie lediglich „einen zufälligen Nebenumstand“ des Arguments Jurins angegriffen hat (Kant *AA I*, § 112).

³⁷ Laut Judith P. Zinsser wurde der oben zitierte Brief du Châtelets an Jurin vom 30. Mai 1744 in die italienische Übersetzung *Instituzioni di fisica di Madama la Marchesa du Chastellet indiritte a suo figliuolo* (Du Châtelet 1743b) aufgenommen, nebst dem Briefwechsel mit Mairan (Zinsser 2007b, 209). Meines Wissens wurde dieser Brief nicht dort, sondern im dritten Band der von Carlo Antonio Giuliani herausgegebenen Sammlung *Memorie sopra*

zugleich ihre Aussage in § 567 der *Institutions physiques*, wonach die Zeit, in der die Kraftwirkung erfolgt, keine Rolle spielt.

Die Frage, ob der Zeitfaktor bei der Bestimmung des Kraftmaßes zu berücksichtigen ist, war von Beginn an Dreh- und Angelpunkt der *vis viva*-Kontroverse. Schon Denis Papin und Abbé Catelan glaubten, Leibniz' Kräftemaß durch den Nachweis aus den Angeln heben zu können, dass Leibniz die Zeit außer Acht gelassen hat. In die gleiche Richtung zielte James Jurins spitzfingige Kritik an Christian Wolffs *Principia Dynamica*, die 1728 in den *Commentarii Academiae scientiarum Imperialis Petropolitanae* erschienen waren (Wolff 1728b). In seinem Artikel "Dynamical Principles, or Metaphysical Mechanical Principles" in den *Philosophical Transactions*, warf Jurin Wolff vor, dass dessen Verteidigung des Leibnizschen Kräftemaßes das zu Beweisen- de voraussetzte, nämlich die Vernachlässigbarkeit des Zeitfaktors, d. i. "that any action, which produces the same effect, is the same, in whatever time it produces it" (Jurin 1746, 224).³⁸

Doch ging es in dieser Zeit nicht länger „nur“ um die Frage nach dem Verhältnis von Cartesischer *quantitas motus* und Leibnizscher *vis viva*, sondern um beider Zusammenhang mit den Newtonschen Axiomen. Letztere vorausgesetzt, hielt Jurin die Berücksichtigung der Zeit für unabdingbar. Du Châtelet setzte Jurins Argumentationstaktik gegen ihn ein und forderte einen Beweis der universellen Gültigkeit der Newtonschen Axiome samt ihrer ontologischen Präsuppositionen. Mit der Intervention der Newtonianer „gewann die Auseinandersetzung eine neue Dimension und wurde als ‚Konflikt zwischen Atomismus und Erhaltungstheorien‘ bis zur Formulierung des allgemeinen Energieerhaltungsgesetzes im letzten Jahrhundert [19. Jahrhundert] weitergeführt“ (Pulte

la fisica e istoria naturale di diversi valentuomini unter dem Titel « Mémoire touchant les forces vives adressé en forme de lettre à M. Jurin » abgedruckt (Giuliani 1747, 75–84). In Italien fand die *vis viva*-Theorie besonders viele Anhänger, u. a. Giovanni Poleni und Francesco Maria Zanotti. Beide waren mit du Châtelet, Voltaire und Fontenelle gut bekannt. Jacopo Francesco Riccati führte u. a. mit Maria Gaetana Agnesi darüber Korrespondenz. Agnesi wiederum trug durch die Interpretation des Newtonschen Fluxionskalküls mittels Leibnizscher Notation nicht nur zur Akzeptanz Newtons auf dem Kontinent, sondern zur Weiterentwicklung der Infinitesimalmathematik entscheidend bei.

³⁸ Vor diesem Hintergrund war du Châtelets Hoffnung, in Christian Wolff einen publikumswirksamen Fürsprecher gegen Jurin zu finden, berechtigt, erfüllte sich aber nicht. Wolff selbst hielt sich überhaupt in der *vis viva*-Debatte sehr zurück, obwohl er in der privaten Korrespondenz keinen Hehl daraus machte, auf der Seite der « forceviviers » zu stehen. So hatte er in einem Brief vom 9. Dezember 1735 an Johann Daniel Schumacher, dem damaligen Generalsekretär der russische Akademie der Wissenschaften zu Sankt Petersburg, in der Auseinandersetzung zwischen Georg Bernhard Bilfinger und James Jurin Partei für seinen württembergischen Landsgenossen ergriffen, der dank Wolffs Vermittlung seit 1725 eine Professur an der neu gegründeten Akademie in Sankt Petersburg inne hatte (Wolff 1860, Nr. 46). Doch kam es auch hier nicht zu einem öffentlichen Schlagabtausch.

1989, 66).³⁹

Newton hatte in der letzten Frage seiner *Opticks*, in “Query 31”, die Behauptung aufgestellt, dass vollkommen unelastische Körper infolge der Bewegungsgesetze ihre Bewegung verlieren, wenn sie im Vakuum aufeinanderstießen (Newton 1730, 373f.):

If two equal Bodies meet directly in vacuo, they will by the Laws of Motion stop where they meet, and lose all their Motion, and remain in rest, unless they be elastick, and receive new Motion from their Spring.

Newtons These “that motion may be got or lost” (ebd.) veranlasste Leibniz in seinem Briefwechsel mit Clarke zu der sarkastischen Bemerkung, dass Gott offenbar ein schlechter Uhrmacher sei, wenn er seine Uhr von Zeit zu Zeit aufziehen muss. Auch du Châtelet hielt Newtons Vorstellung, die Bewegung nehme in der Welt immer ab, und unser Weltbau werde dereinst von seinem Urheber reformiert werden müssen, für inakzeptabel. Der Eingriff Gottes in das Weltgeschehen käme Wundern gleich, die im Rahmen wissenschaftlicher Erklärung nichts zu suchen haben und dem Prinzip des zureichenden Grundes widersprüchen (Du Châtelet 1742, § 586):

M. Newton conclut de cette considération , & de celle de l’inertie de la matière que le mouvement va sans cesse en diminuant dans l’Univers; & qu’enfin notre Systême aura besoin quelque jour d’être reformé par son Auteur, & cette conclusion étoit une suite nécessaire de l’inertie de la matière, &t de l’opinion dans laquelle étoit Mr. Newton, que la quantité de la force étoit égale à la quantité du mouvement.

Die Newtonsche Annahme der Existenz vollkommen inelastischer Körper sprach gegen die Erhaltung der Größe der Bewegung. Die Leibnizianer postulierten hingegen die vollkommene Elastizität der Körper. Im Falle des zentralen vollkommen elastischen Stoßes bleibt die Kraft erhalten. Die Summe der Bewegungskräfte vor dem Stoß ist gleich der Summe der Bewegungskräfte nach dem Stoß, so die These der *vis viva*-Anhänger.

Der strittige Punkt waren Reibungsphänomene. Die Newtonianer sahen in ihnen den Beleg für den Verlust der Kraft. Die Leibnizianer hielten dies für eine Fehldeutung. Kraft gehe bei Reibung nicht verloren, sondern werde umgewandelt. Du Châtelet rechtfertigte diese Vermutung mit Verweis auf das Prinzip

³⁹ Helmut Pulte bezieht sich zur Stützung seiner Behauptung auf Wilson Ludlow Scotts Studie *The Conflict between Atomism and Conservation Theory* (Scott 1970).

der Gleichheit von Ursache und Wirkung. Wo bewegende Kraft scheinbar verschwindet, etwa beim Fall eines Körpers, der dann in Ruhe bleibt, hat sich nach du Châtelet die bewegende Kraft in Wirklichkeit in nicht wahrnehmbare Bewegung kleinster Teile des Körpers verwandelt (ebd., § 590):

Mais ce qui est de bien certain c'est que la force ne périt point, elle peut à la vérité paroître perdue, mais on la retrouveroit toujours dans les effets qu'elle a produits, si l'on pouvoit toujours appercevoir ces effets.

Die damaligen Experimente ließen keine eindeutige Antwort auf die Frage nach den Folgen von Reibung zu, d. h. was Reibung bewirkt. Die Annahme, dass durch Reibung Kraft verloren geht, war aus heutiger Sicht ein Irrtum. Denn nicht Kraft geht verloren, sondern es wird Bewegungsenergie in Wärmeenergie umgewandelt. „Energieumwandlung“ statt Kraftverlust war die Antwort auf die Forderung nach der Erfüllung der im Prinzip des zureichenden Grundes ausgesprochenen Erhaltungsbedingung.

6.5 Was bleibt von du Châtelets Metaphysik als Wissenschaft?

Die Bedeutung von Wissenschaftlern und Philosophen wird gerne an der innovativen Sprengkraft und an dem prognostischen Inhalt ihrer Ideen gemessen. Demenstprechend wurden du Châtelets schon mehrfach zitierten Worte, es gäbe keine Materie ohne bewegende Kraft und keine bewegende Kraft ohne Materie, als eine Antizipation der Einsteinschen Äquivalenz von Masse und Energie interpretiert.⁴⁰ In seinem Bestseller *E = mc²: A Biography of the World's Most Famous Equation* (Bodanis 2000) hat beispielsweise David Bodanis du Châtelets Aussage als eine Vorwegnahme der Kernaussagen der Einsteinschen Relativitätstheorie gewertet. Konstant ist nicht die Masse, sondern das Verhältnis zwischen Masse und Energie, würden wir heute sagen. Bei Albert Einstein heißt es: „Die Masse eines Körpers ist ein Maß für dessen Energieinhalt“ (Einstein 1905, 641).⁴¹

⁴⁰ Die entsprechende Stelle im französischen Original lautet: « il ne sauroit y avoir de Matière sans force motrice, ni de force motrice sans Matière, comme quelques Anciens l'avoient fort bien reconnu » (Du Châtelet 1742, § 141).

⁴¹ Diese Schlussfolgerung zog Einstein in seinem Aufsatz „Ist die Trägheit eines Körpers von seinem Energieinhalt abhängig?“ (Einstein 1905) aus dem von ihm bewiesenen Spezialfall, dass die Masse eines Körpers, der eine Strahlung der Energie E emittiert, um den Wert E/c^2 abnimmt.

Wie Otto Caspari in seiner Studie *Leibniz' Philosophie, beleuchtet vom Gesichtspunkt der physikalischen Grundbegriffe von Kraft und Stoff* bemerkte (Caspari 1870, 118), wandte schon Pierre Gassendis gegen den Cartesischen Dualismus ein, dass Materie und Kraft sich gegenseitig bedingen. Mit dem Schlachtruf „Keine Kraft ohne Stoff – kein Stoff ohne Kraft“ (Büchner 1855, 2) zog später Ludwig Büchner als Wortführer der Materialisten des 19. Jahrhunderts gegen den Newtonschen Begriff einer von außen wirkenden Kraft zu Felde. Materie ohne Kraft sei form- und gestaltlos und umgekehrt eine materielle Kraft „ebenso leer und haltlos“ (ebd., 3).

Solche Bemerkungen wurden allerdings unter mathematischen und experimentellen Rahmenbedingungen getroffen, die die Herleitung der Einsteinschen Masse-Energie-Äquivalenz (noch) nicht erlaubten. Der Differentialgeometrie des 18. Jahrhunderts lag die euklidische Geometrie zugrunde. Die Entwicklung und Etablierung nicht-euklidischer Geometrien und die Verallgemeinerung der Vektoranalysis durch die Tensoranalysis war dem 19. Jahrhundert vorenthalten. Die Darstellung der Raum-Zeit-Struktur in der relativistischen Physik, in welcher Orts- und Zeitkoordinaten zur Raumzeit zusammengefasst und in einem vierdimensionalen Raum als Vierervektor gemeinsam betrachtet werden, baut wesentlich darauf auf.

Von diesem Blickwinkel aus gesehen implizierte die Behauptung der wechselseitigen Interdependenz von Materie und Kraft keineswegs die Äquivalenz von Masse und Energie, zumal eine Voraussetzung für die Formulierung der relativistischen Gesetzmäßigkeit die klare Differenzierung zwischen dem Impuls- und Energieerhaltungssatz war. Diese Unterscheidung lag aber zur Zeit du Châtelets außerhalb des möglichen Denkhorizonts. Man wusste zwar, dass sich, gegeben der Proportionalität von Kraft und Kraftwirkung, aus dem Wegintegral der Kraft ein anderes Maß ergab als über das Zeitintegral. Bildet man das Wegintegral, erhält man als Resultat der Rechnung das Produkt aus Masse und Geschwindigkeitsquadrat, bildet man das Zeitintegral, ergibt sich das Produkt aus Masse und Geschwindigkeit.

Auf anschauliche und allgemeinverständliche Weise brachte den Unterschied Georg Christoph Lichtenberg in seinen *Vorlesungen zur Naturlehre* zum Ausdruck, indem er einen Vergleich zwischen den Kräften eines Knaben mit dem eines erwachsenen Mannes zog (Lichtenberg 1787, 254):

Gesetzt sie wolten die Krafft eines Knaben und eines Mannes vergleichen. Wie würden sie verfahren. Würden sie die Kräfft[e] beyder schätzen aus der Menge der Steine, die sie in der selben Zeit wegtragen. ZE. einer vierthel Stunde, oder aus der Menge die beyde in der Zeit wegtragen, da sie erschöpft sind und nicht mehr können? In dem ersten Fall schätzen sie die Kräffte der Leute nach Cartesius

im zweyten nach Leibnitz.“

Lichtenbergs Beispiel war nicht neu. Es wurde schon zu Leibniz', Newtons und du Châtelets Zeiten diskutiert und dabei immer wieder abgewandelt. Mal ging es um zwei Läufer, die eine gewisse Strecke zurücklegten, mal um zwei Bauarbeiter, die Lasten zu heben hatten, mal um Besitz und Vermögen bestimmter Personen. So argumentierte beispielsweise du Châtelet, dass zur Ermittlung des finanziellen Vermögens einer Person irrelevant sei, innerhalb welcher Zeitspanne dieses erworben wurde (Du Châtelet 1742, § 569). Dieser Behauptung wurde entgegengehalten, dass es keineswegs belanglos sei, ob jemand in kürzerer Zeit die gleiche Geldsumme erwirtschaftet als ein anderer.

Heute würden wir sagen, dass bei gleicher Arbeit unterschiedliche Leistung erbracht werden kann. Und doch wäre es vorschnell zu behaupten, dass das, was heute als Weg- und Zeitintegral der Kraft gilt, nämlich die Arbeit bzw. Energie und der Kraftstoß bzw. Impuls, damals nur anders genannt wurde, nämlich *vis motrix viva* und *vis motrix impressa*. Was heute im Deutschen „Impuls“, im Englischen „momentum“ und im Französischen « quantité de mouvement » genannt wird, geht auf das lat. *quantitas motus* zurück. Auf den ersten Blick erstaunt, dass man im Deutschen nicht von „Bewegungsgröße“ und im Englischen nicht von „quantity of motion“ spricht, im Französischen aber von « quantité de mouvement », und dies trotz international einheitlicher Notation und trotz übereinstimmender Formelschreibweise. Stattdessen wird im Englischen der Impuls „momentum“ genannt. Das englische „impulse“ bezeichnet dagegen die Änderung des Impulses innerhalb einer bestimmten Zeit, also den Kraftstoß. Dieser ergibt sich aus der Kraft auf einen Körper und deren Einwirkungsdauer. Ist die Kraft konstant, gilt:

$$\vec{I} = \Delta\vec{p} = \vec{F} \cdot \Delta t$$

Ist die Kraft dagegen nicht konstant, ist der Kraftstoß durch Integration ermittelbar:

$$\vec{I} = \Delta\vec{p} = \int \vec{F}(t) \cdot dt$$

In der heutigen Newtonschen Lehrbuchmechanik wird der Kraftstoß, respektive der Impuls, aus dem Kraftbegriff abgeleitet, die Kraft über das zweite Newtonsche Axiom eingeführt. Aus historischer Sicht ging man den umgekehrten Weg: Man gewann aus Überlegungen zur Stoßkraftproblematik den heutigen Newtonschen Kraftbegriff. Der Energieerhaltungssatz in der heutigen Form wurde später aus experimentellen Berechnungen zur Wärmeübertragung gewonnen. Nicht die Mechanik, sondern die Thermodynamik brachte hier den Durchbruch. Die Suche nach einer universellen Proportionalitätskonstante für

die Krafterhaltung war ein heuristischer Stimulus für die Bestimmung und experimentelle Bestätigung des mechanischen Wärmeäquivalents. Dieser Umrechnungsfaktor erlaubte, eine Wärmeeinheit in Arbeitseinheiten und umgekehrt eine Arbeitseinheit in Wärmeeinheiten anzugeben. Julius Robert Mayer ermittelte in seiner Abhandlung „Bemerkungen über die Kräfte der unbelebten Natur“ (Mayer 1842) experimentell den Wert des mechanischen Wärmeäquivalents. Unabhängig von Mayer kamen 1843 James Prescott Joule in England und Ludwig August Colding in Dänemark zu vergleichbaren Ergebnissen.⁴²

Den einheitlichen Newtonschen Kraftbegriff der heutigen klassischen Mechanik gab es zur Zeit du Châtelets nicht. Es fehlte insbesondere die klare Abgrenzung vom Impuls- und Energiebegriff. Newtons Theorie basierte auf einem Dualismus von aktiven und passiven Prinzipien bzw. Kräften: die passive Kraft als die Ursache für die Erhaltung des Bewegungszustandes eines Körpers, die aktive Kraft als die Ursache für die Änderung des Bewegungszustandes. Diesem Dualismus entsprach die Äquivalenz von Trägheit und Schwere, von Trägheitskraft und Schwerkraft ebenso wie von träger und schwerer Masse.

Leibniz identifizierte wie Newton die passive Kraft mit der Trägheitskraft und bestimmte sie als äquivalent zur trägen Masse. Auch war Newton wie Leibniz davon überzeugt, dass es eines aktiven Prinzips, d. h. einer bewegenden Kraft bedarf, damit Bewegung erhalten bleibt und nicht alles zum Stillstand kommt. (Bewegungsverlust bedeutete nach Newton Verlust der Trägheitsbewegung. Die Möglichkeit dieses Verlustes war an die Bedingung der Reduzierbarkeit des Aktiv-Passiv-Dualismus der Kräfte auf die monistische Passivität eines ausschließlich trägen (nichtgravitativen) Ein-Körper-Systems geknüpft!)

Leibniz' Theorie der Umwandlung der toten in die lebendige Kraft zielte auf eine Erklärung, wie aus einer unendlich kleinen, virtuellen Bewegung eine wirkliche und endliche Bewegung entsteht. Die Größe der toten Kraft bemisst sich aus dem Produkt von Masse und Geschwindigkeit mv , die daraus entstehende Bewegung mdv entspricht mathematisch gesehen der Differentialgröße der lebendigen Kraft, die ihrerseits das Integral der toten Kräfte ist. In der Mathematik ist das Integrieren die Umkehrung der Differenzierung und umgekehrt. Die Kraftumwandlung kann daher als ein reversibler Prozess aufgefasst werden.

Diese Interpretation warf Rätsel auf. Kraft und Geschwindigkeit sind vektorielle Größen. Die lebendige Kraft Leibniz' ist hingegen ein Skalar, d. h.

⁴² Nach Thomas S. Kuhn war der Energieerhaltungssatz die „gleichzeitige Entdeckung“ mehrerer Physiker Mitte des 19. Jahrhunderts (Kuhn 1959). Ausführlich besprochen wird diese These in den Arbeiten von Erwin N. Hiebert *Historical Roots of the Principle of the Conservation of Energy* (Hiebert 1962) und von Yehuda Elkana *The Discovery of the Conservation of Energy* (Elkana 1974). Treffender wäre es gewesen, die damalige Entdeckung der Umwandlung von Wärme in nutzbare Arbeit als „simultaneous discovery“ zu bezeichnen.

richtungsunabhängig, insbesondere auch unabhängig von der Zeitrichtung. Die Kraft ein Vektor, die Summe der Kräfte ein Skalar? Kann eine skalare Größe aus einer vektoriellen Größe abgeleitet werden (und umgekehrt)? Die permanente Umwandlung der Kraft von einer toten in eine lebendige (und umgekehrt) wäre ein Übergang von einer unendlich kleinen vektoriellen zu einer endlich großen skalaren Größen (und umgekehrt)? Wie man durch Summierung unendlich kleiner Größen zu einer endlichen Größe (und umgekehrt) gelangt, darauf gab die Differentialrechnung keine Antwort. Dass Bewegung Verwirklichung bedeutet, Ruhe eine unendlich kleine Bewegung und wirkliche Bewegung endlich ist, waren grundlegende Prämissen der Infinitesimalmathematik Leibniz', nicht derjenigen Newtons.

Durch die Brille der Newtonschen Mechanik gesehen ging es darum darzulegen, wie sich der Übergang von der geradlinigen und gleichförmigen Trägheitsbewegung (Bewegung unter Wirkung der passiven Kraft der Trägheit) zur beschleunigten Bewegung (Bewegung unter Wirkung der aktiven Kraft der Gravitation) auf gekrümmter Bahn explizieren lässt.

Dass gegeben dieser Voraussetzungen selbst bei Änderung des Bewegungszustandes die Bewegung erhalten bleibt, weil die Kraft nicht verloren geht, sondern umgewandelt wird, erklärte du Châtelet folgendermaßen: Wird ein Körper beschleunigt oder abgebremst, ändert sich sein Bewegungszustand. Geht diese Änderung und damit die Beschleunigung gegen Null, wird die aktive Kraft unendlich klein; sie wird zu einer passiven, inaktiven Kraft. Dass ein Körper in seinem Zustand verharrt (Trägheitsprinzip) besagt gemäß dieser Deutung, dass dessen Aktivität gegen Null geht. Aktivität bedeutete demzufolge Zustandsänderung, Inaktivität bzw. Passivität Zustandsverharrung.

Diese Argumentation vermag die Wahrheit der Prämisse, d. i. der Krafterhaltung, nicht zu erweisen. Zwar lassen sich Erhaltungsgrößen aus den Größen berechnen, die den Zustand eines Systems beschreiben. Eine Zustandserhaltung ist jedoch nicht an eine spezielle Zustandsgröße gebunden und eine Zustandsgröße nicht notwendig eine Erhaltungsgröße. Während sich die Zustandsgrößen bei Bewegung mit der Zeit ändern, bleiben die daraus berechneten Erhaltungsgrößen zeitlich konstant. Du Châtelets grundlegender Irrtum war, dass die Änderung als auch die Erhaltung eines Zustandes durch Kräfte geschieht.

Wir wissen heute, dass die Kraft keine Erhaltungsgröße ist. Die Hypothese der Krafterhaltung erwies sich als falsch. Das lässt sich jedoch nicht vom Erhaltungsprinzip behaupten. Die zeitliche Invarianz der physikalischen Gesetze, aus der Symmetrie- und Erhaltungsprinzipien folgen, gilt bis heute als ein unumstößlicher Grundsatz der Physik. Das wirft die Frage auf, was die Stringenz

und Gültigkeit dieser Prinzipien auszeichnet.⁴³

Offenbar handelt es sich bei Symmetrie- und Erhaltungsprinzipien um Naturgesetze. Was Naturgesetze sind und sollen, ist damit freilich nicht beantwortet. Man kann Naturgesetze als forschungsregulative Prinzipien auffassen, aus denen Hypothesen gefolgert werden, die sich an der Erfahrung prüfen lassen. Demzufolge sind Prinzipien respektive Naturgesetze per definitionem keine Hypothesen. Man kann jedoch auch Hypothesen, wie in der Mathematik üblich, als unbewiesene Grundlagen ansehen, aus denen Theoreme abgeleitet werden. In diesem Sinne fungieren Prinzipien respektive Hypothesen als Prämissen bzw. Annahmen, deren Gültigkeit gesetzt und deren Wahrheit offen, d. h. nicht bewiesen oder verifiziert ist. In beiden Fällen ist unklar, ob wissenschaftliche Forschungsergebnisse die so verstandenen Prinzipien zu widerlegen vermögen.

Betrachtet man diese Problematik im Rahmen des architektonischen Programms du Châtelets ist klar: Das Prinzip des Widerspruchs und das Prinzip des zureichenden Grundes bedingen die Möglichkeit wissenschaftlicher Erkenntnisse. Von einer Verifikation oder Falsifikation sind diese beiden Prinzipien daher ausgeschlossen. Denn jeder Beweis setzt die Wahrheit dieser Prinzipien voraus. Hypothesen kommen ins Spiel, sobald es um die Anwendungsrelevanz und den Wirklichkeitsbezug von Prinzipien geht. Durch das Aufstellen von Hypothesen, die prüfbare Prognosen beinhalten, werden Prinzipien verwirklicht und wissenschaftlich prüfbar. Dies erklärt ihren provisorischen Charakter trotz ihrer vorausgesetzten universellen Geltung.

In seiner Rede „Zum Gültigkeitsbereich der Naturgesetze“ zum Antritt des Rektorates der Friedrich-Wilhelms-Universität in Berlin am 15. Oktober 1921 meinte Walther Nernst, dass erfahrungsgemäß „unsere Naturgesetze provisorischen Charakters sind“ (Nernst 1922, 492). Daher dürften wir die Möglichkeit „nicht in Abrede stellen, daß auch das Prinzip der Kausalität das Schicksal unserer Naturgesetze teilt, auf denen es beruht, nämlich ebenfalls nicht mehr als eine im allgemeinen sehr gute Annäherung zu sein“ (ebd.).

Folgt man der Kopenhagener Deutung der Quantenmechanik und damit dem „standard view“, widerlegt die Quantentheorie den (vorausgesetzten) Kausal determinismus der klassischen Mechanik.⁴⁴ Sie widerlegt aber weder das

⁴³ In seiner Studie „Leibniz als Transzendentalphilosoph malgré lui. Der Status der Erhaltungssätze“ stellt Gideon Freudenthal fest, dass man in der Physikgeschichte gewisse Erhaltungssätze und Erhaltungsgrößen für (universell) gültig erachtete, was sich im Nachhinein als falsch herausstellte. Das Erhaltungsprinzip blieb aber stets unangetastet. Freudenthal zieht daraus den Schluss, dass das Erhaltungsprinzip keinen experimentell widerlegbaren Erfahrungssatz, sondern die Bedingung der Möglichkeit unserer Erfahrung darstellt und von spezielleren Erhaltungsgesetzen zu unterscheiden ist, die sich auf bestimmte Erhaltungsgrößen beziehen (Freudenthal 1996).

⁴⁴ 1927 stellte Werner Heisenberg in seiner Arbeit „Über den anschaulichen Inhalt der

Kausal- noch das Erhaltungsprinzip. Vielmehr wird behauptet: Es gibt indetermunistische verursachte Ereignisse. Die Invarianzforderung physikalischer Gesetze bleibt als eine Bedingung für Identifizierbarkeit, Vergleichbarkeit und Messbarkeit unangetastet.

Der Zusammenhang zwischen Symmetriegesetzen und Erhaltungssätzen ist heute durch das Noether-Theorem gegeben. Dabei ist eine Symmetrie eine Transformation, die das Verhalten des physikalischen Systems nicht ändert. Dem Noether-Theorem zufolge kann jeder kontinuierlichen Symmetrie eine Erhaltungsgröße zugeordnet. Voraussetzung für die Gültigkeit dieses Theoremes ist das Prinzip der kleinsten Wirkung, welches die Invarianz der Wirkung unter Symmetrietransformationen beschreibt.

6.6 Von der *vis viva* zum Prinzip der kleinsten Wirkung

Das Verdienst du Châtelets lag nicht darin, die *vis viva*-Kontroverse beigelegt zu haben. Gleichwohl darf man die revolutionäre und heuristische Sprengkraft ihrer *Institutions physiques* nicht unterschätzen. Die programmatische Intention der Zurückführung der Newtonschen Gesetze auf ein einziges grundlegendes Prinzip, auf das Prinzip des zureichenden Grundes, erwies sich auch als wegweisend für eine Reformulierung des Prinzips der kleinsten Wirkung.⁴⁵

Das Wirkungsprinzip ist ein Variationsprinzip. Gegenstand der Variationsrechnung sind Extremwerte von Funktionen, deren Argumente selbst Funk-

quantentheoretischen Kinematik und Mechanik“ (Heisenberg 1927) die sog. Unschärferelation auf, die besagt, dass es nicht möglich ist, Ort und Impuls eines Teilchens beliebig genau zu messen. Was Heisenberg am Beispiel der Ort-Impuls-Beziehung zeigte, lässt sich auf Unschärfebeziehungen zwischen weiteren physikalischen Größen verallgemeinern, beispielsweise zwischen Energie und Impuls oder auch Ort und Energie. Die Unmöglichkeit gleichzeitiger Messbarkeit ist laut Kopenhagener Deutung nicht die Folge von epistemischen oder technisch behebbaren Unzulänglichkeiten. Daher ist der Determinismus auch nicht durch eine entsprechende „Ignoranzdeutung“ der Wahrscheinlichkeit zu retten.

⁴⁵ Zur Geschichte des Prinzips der kleinsten Wirkung gibt es eine Reihe von Studien, u. a. Matthias Schramms Buch *Natur ohne Sinn. Das Ende des teleologischen Weltbildes* (Schramm 1985), Helmut Pultes viel zitierte Publikation *Das Prinzip der kleinsten Wirkung und die Kraftkonzeptionen der rationalen Mechanik* (Pulte 1989) und den von Michael Stöltzner und Paul Weingartner herausgegebenen Sammelband *Formale Teleologie und Kausalität in der Physik: zur philosophischen Relevanz des Prinzips der kleinsten Wirkung und seiner Geschichte* (Stöltzner/Weingartner 2005). Nicht zu vergessen sind französischsprachige Arbeiten wie Wilton Barroso Filhos *La mécanique de Lagrange: principes et méthodes* (Barroso Filho 1994) und Florence Martin-Robines *Histoire du principe de moindre action* (Martin-Robine 2006). Von den älteren Arbeiten gelten Philip Edward Bertrand Jourdain's Untersuchung *The Principle of Least Action* (Jourdain 1913) und Adolf Knesers Monographie *Das Prinzip der kleinsten Wirkung von Leibniz bis zur Gegenwart* (Kneser 1928) als die bekannteren.

tionen sind, sogenannte Funktionale (also Funktionen auf Funktionen). Ziel und Aufgabe der Variationsrechnung ist es, Extremwertaufgaben zu lösen, also festzustellen, ob ein Funktional ein Maximum, ein Minimum oder einen Sattelpunkt annimmt. In der Regel sind Funktionale Integrale über eine unbekannte Funktion und ihre Ableitungen. In seiner klassischen Formulierung besagt das Prinzip der kleinsten Wirkung, dass die Bewegung zwischen zwei Zeitpunkten derart verlaufen soll, dass die Wirkung extremal wird. Es handelt sich hierbei im Grunde genommen um eine *Extremalforderung*.

Vom „Prinzip der kleinsten Wirkung“ zu sprechen, war und ist nicht unumstritten. Es gab immer wieder Vorschläge einer alternativen Benennung. Arnold Sommerfeld beispielsweise meinte, man solle „besser sagen: Prinzip des kleinsten Aufwandes bei größter Wirkung“ (Sommerfeld 1955, 173), um zum Ausdruck zu bringen, „daß die Natur ihr Ziel auf dem direktesten Wege, also mit dem kleinsten Aufwand an Mitteln, erreicht“ (ebd.). Sommerfeld erinnert an dieser Stelle, dass das Prinzip vor der „Sanktionierung“ durch Hermann von Helmholtz (Helmholtz 1886) und Max Planck (Planck 1915) „Prinzip des kleinsten Kraftaufwandes“ hieß. Gelegentlich findet man auch die Redeweise vom „Prinzip des kleinsten Kraftmaßes“. So lautet der Titel der Habilitationsschrift Richard Avenarius': *Philosophie als Denken der Welt gemäß dem Prinzip des kleinsten Kraftmaßes. Prolegomena zu einer Kritik der reinen Erfahrung* (Avenarius 1876). Im Französischen ist seit Pierre-Louis Moreau de Maupertuis die Bezeichnung « principe de moindre action » gängig, im Englischen spricht man vom „principle of least action“ (Jourdain 1913).

Anhand der unterschiedlichen Benennungen lässt sich eine Grundproblematik ablesen und historisch nachzeichnen, die mit dem Prinzip von Beginn an verbunden war: der Bezug zum Erhaltungsprinzip, allgemeiner gesprochen, der Bezug zu Invarianz- und Symmetrieforderungen. Wie das Erhaltungsprinzip ist das Prinzip der kleinsten Wirkung so alt wie die Philosophie und Wissenschaft selbst. Sparsamkeits- bzw. Ökonomieprinzipien und die damit implizierten Optimierungsvorstellungen haben in der Naturphilosophie eine bis auf die Antike zurückreichende Tradition. Vom Ökonomiegedanken zur Fassung des Prinzips der kleinsten Wirkung als eines physikalischen Variationsprinzips war es aber ein langer Weg.

Dass du Châtelet hier eine wichtige Wegmarke spielte, wurde seitens der Wissenschaftshistoriker bislang verkannt. Gerade ihr Beispiel stellte ein wichtiges Verbindungsglied zwischen dem Streit um das Kraftmaß und demjenigen um das Prinzip der kleinsten Wirkung dar. Wie bereits erwähnt, hatte du Châtelet Maupertuis erstmals 1738 mit der Frage nach dem wahren Kraftmaß konfrontiert. Dadurch herausgefordert begann sich Maupertuis mit der Kraftproblematik bei mechanischen Stoßprozessen intensiver zu beschäftigen.

Gegenstand der Diskussion zwischen du Châtelet und Maupertuis war u. a. der Fermatsche Satz zur Lichtbrechung. Bei diesem handelt es sich um ein von Pierre de Fermat formuliertes Extremalprinzip der geometrischen Optik, welches besagt, dass ein Lichtstrahl zwischen zwei Punkten des Raumes stets denjenigen Weg nimmt, zu dessen Durchlaufen er eine kürzere Zeit braucht als auf jedem möglichen Nachbarweg.⁴⁶ Aus dem Fermatschen Prinzip lassen sich das Brechungsgesetz und das Reflexionsgesetz herleiten. Aufgrund seines vereinheitlichenden Potentials wurde diesem damals eine herausragende Stellung beigemessen. Allerdings war das Prinzip nur unter gewissen Voraussetzungen gültig, die im Widerspruch sowohl zur Newtonschen Lehre der korpuskularen Lichtausbreitung als auch zur Cartesischen Lehre der Lichtbrechung standen. In den Briefen und Gesprächen zwischen du Châtelet und Maupertuis ging es vornehmlich um diese Voraussetzungen. Einig war man sich hinsichtlich dem Ziel der Vereinheitlichung miteinander konkurrierender Ansätze zu Reflexion, Brechung und Beugung von Licht.

Maupertuis hatte nach Vorarbeiten zum Fermatschen Prinzip, wie der Arbeit *Accord de différentes loix de la nature qui avoient jusqu'ici paru incompatibles* (Maupertuis 1744), ein « principe de moindre action » aufgestellt, das besagt, dass (unter der Voraussetzung gewisser Nebenbedingungen) unter allen möglichen Bewegungsverläufen derjenige realisiert wird, für den die Aktion, d. h. das Produkt aus Masse, Geschwindigkeit und Wegstrecke, minimal wird (Maupertuis 1746).

In einem Artikel im Märzheft der *Nova acta eruditorum* 1751 behauptete Johann Samuel König, dass nicht Maupertuis, damals Präsident der *Académie Royale des Sciences et des Belles Lettres* zu Berlin, sondern bereits Leibniz in einem Brief an Jakob Hermann aus dem Jahre 1707 das Prinzip der kleinsten Wirkung formuliert hat (König 1751). Maupertuis reagierte empört und ver-

⁴⁶ Das Prinzip des kürzesten Lichtweges zur Erklärung der Reflexion wird Heron von Alexandria (1. Jh. n. Chr.) zugeschrieben. Allerdings war in der Antike das Brechungsgesetz noch nicht bekannt. Cureau de la Chambre hatte Mitte des 17. Jahrhunderts das Reflexionsgesetz aus der Annahme hergeleitet, dass der Weg des Lichts minimale Länge haben muss. Das Problem war, dass erstens bei der Reflexion von konkaven Flächen der Weg des Lichts nicht immer der kürzeste ist und zweitens ein Minimalprinzip im Sinne des kürzesten Weges für die Erklärung von Brechung nicht geeignet schien, da dieses Prinzip – im Widerspruch zur Brechung – eine in jedem Fall geradlinige Ausbreitung des Lichts forderte. Fermat zeigte, dass die Reflexion an gekrümmten Flächen auf die Reflexion an den Tangenten zurückgeführt und damit Reflexionen an beliebigen Flächen auf der Grundlage des Minimalprinzips erklärt werden können. Das zweite Problem löste Fermat, indem er nicht ein Minimalprinzip für die Länge des Lichtweges geltend machte, sondern forderte, dass der Weg, den das Licht nimmt, um von einem Punkt zu einem anderen zu gelangen, derart ist, dass die dafür benötigte Zeit minimal ist. Über die historischen und sachlichen Details informiert Constantin Carathéodorys auch heute noch lesenswertes Buch *Geometrische Optik* (Carathéodory 1937).

anlasste in Absprache mit Leonhard Euler, dass ein Verfahren der Akademie gegen ihr auswärtiges Mitglied eingeleitet wurde. König wurde angehalten, den originalen Leibnizbrief vorzulegen, konnte aber dieser Forderung nicht nachkommen. Die Berliner Akademie verurteilte daraufhin König als Fälscher. Dieser sandte sein Mitgliedsdiplom an die Akademie zurück und wandte sich mit einem sachlichen Appell an die Öffentlichkeit. Voltaire mischte sich ein und ergriff für König und gegen Maupertuis Partei. In der ausgedehnten publizistischen Debatte über dieses Urteil in den zeitgenössischen gelehrten Journalen ging es nicht mehr um die Fälschung als solche, sondern um den Fälschungsdelikt und um das autokratische Verhalten des Akademiepräsidenten. Friedrich der Große sah sich gezwungen einzuschreiten und sich hinter den Präsidenten seiner Akademie zu stellen. Er entließ Voltaire. Maupertuis reiste krank in seine Heimat ab, wo er am 27. Juli 1759 im Engelhof, dem Hause seines Freundes Johann II Bernoulli, in Basel verstarb.⁴⁷

Du Châtelet hat den Prioritätsstreit um das Wirkungsprinzip nicht mehr erlebt. Sie starb zwei Jahre zuvor, in der Nacht zum 10. September 1749. Es ist aber kein Zufall, dass König in jenem Aufsatz „De universali principio aequilibrum et motus, in viva reperto, deque nexu inter vim viva et actionem, utriusque minimo“ in den *Nova acta eruditorum* aus dem Jahre 1751, in welchem er am Ende Leibniz' Formulierung des Prinzips der kleinsten Wirkung aus dem Brief an Hermann zitiert, einige Seiten zuvor an seine Studien zur Frage nach dem Kraftmaß zusammen mit du Châtelet erinnert (König 1751, 128):

Itaque, cum quondam in Gallia Illustris tum foeminae Marchionissae du Chatelet ardenti Virium vivarum studio satisfactorus, harum difficultatum originem diligentius scrutarer, cognovi, omnem aequilibrum statum, tam solidorum, quam fluidorum, ex theoria Virium vivarum derivandum esse, eoque fui perductus, ut, nulla

⁴⁷ Zum Prioritätsstreit s. weiterführend u. a. Herbert Breger: „Über den von Samuel König veröffentlichten Brief zum Prinzip der kleinsten Wirkung“ (Breger 1999) und Ursula Goldenbaum: „Die Bedeutung der öffentlichen Debatte über das Jugement der Berliner Akademie für die Wissenschaftsgeschichte. Eine kritische Sichtung hartnäckiger Vorurteile“ (Goldenbaum 1999) sowie „Ein Urteil der Königlichen Akademie zu Berlin“ (Goldenbaum 2003). In ihrem Beitrag „Das Publikum als Garant der Freiheit der Gelehrtenrepublik. Die öffentliche Debatte über den *Jugement de l'Académie Royale des Sciences et Belles Lettres sur une Lettre prétendue de M. de Leibnitz 1752–1753*“ (Goldenbaum 2004) hat Goldenbaum die wissenschaftspolitischen und publikumswirksamen Aspekte des Prioritätsstreits herausgearbeitet und in diesem Zusammenhang auf die verkannte Führungsrolle Luise Adelgunde Victorie Gottscheds hingewiesen, von der auch die damals bedeutsame deutsche Übersetzung *Sammlung aller Streitschriften, die neulich über das vorgebliche Gesetz der Natur, von der kleinsten Kraft in den Wirkungen der Körper, zwischen dem Präsidenten von Maupertuis zu Berlin, Herrn Professor König in Holland u. a. m. gewechselt worden* (Gottschedin 1753) stammt, auf der Frontseite der lateinische Spruch: „Maxima de minimo nascitur Historia!“

alia ratione, salvis generalissimis Dynamicae principiis, et naturae simplicitate, idem fieri posse, credam.

Was König in dieser Arbeit nicht erwähnt: Während seines Cirey-Aufenthaltes wohnte er zahlreichen Experimenten bei, die du Châtelet zum Prinzip der kleinsten Wirkung durchführen ließ, darunter Experimente zum Bau von Bienenwaben. Bereits Pappus von Alexandrien hatte versucht, die hexagonale Gestalt von Bienenwaben mit Extremalprinzipien zu erklären. In der Neuzeit galt die Architektur der Bienen als Exempel für das Ökonomieprinzip (frz. « une raison d’Oeconomie »), in welcher sich der göttliche Architekt und Intellekt (frz. « d’un Souverain Architecte de l’Univers ») „offenbarte“. Führender Experte auf diesem Gebiet war zu du Châtelets Zeit René-Antoine Ferchault de Réaumur.

Auf Einladung Réaumurs besuchte du Châtelet gemeinsam mit König und Voltaire dessen Landsitz in der Bermondière Ende der 30er Jahre. Réaumur zeigte den Gästen seine Versuche über den Bau von Bienenzellen und diskutierte mit ihnen deren Geometrie. Als Ergebnis erschien in der Aprilausgabe des *Journal helvétique* 1740 die Arbeit « Lettre de Mr. Koenig* a Mr. A. B **** écrite de Paris à Berne le 29 novembre 1739 sur la Construction des Alvéoles des Abeilles, avec quelques Particularités Literairés ». Thema und Inhalt der Studie war die Frage, ob die Bienen von allen möglichen Formen diejenige gewählt haben, wo der größte Raum durch den geringsten Aufwand von Materie erhalten wird. Aufbauend auf den Messungen Colin Maclaurins zur Bestimmung des Rhombenwinkels der Basalflächen der Bienenzellen lautete das Ergebnis, dass der durch drei Rhomben von bestimmten Winkeln gebildete pyramidale Boden der sechseckigen Zellen nach den Gesetzen des Maximums und Minimums gebaut ist.

Réaumur, auf dessen Empfehlung König zum korrespondierenden Mitglied der Pariser Akademie gewählt wurde, las den Brief in einer der Versammlungen der Akademie vor. Warum die Arbeit nie unter dem Autornamen Königs erschien, darüber kann man nur spekulieren. Es ist anzunehmen, dass die Arbeit eine Co-Produktion mit der Marquise und die von Réaumur initiierte Wahl Königs zum Mitglied der Akademie eine versteckte Hommage an die Französin war.⁴⁸

Ungeachtet der Prioritätsfragen, die sich einmal mehr auch hier stellen, ist dieses Kapitel der du Châtelet-Forschung, das eine sorgfältige und quellenkritische Sichtung, Analyse und Deutung des wiederentdeckten *Essai sur l’optique*⁴⁹

⁴⁸ Dafür spricht auch der Brief du Châtelets an Johann II Bernoulli vom 3. August 1739 (Bestermann 1958, I: Nr. 220).

⁴⁹ Wie bereits erwähnt, war von dieser Arbeit du Châtelets nur ein von Ira O. Wade in *Studies on Voltaire. With Some Unpublished Papers of Mme du Châtelet* (1947) veröf-

erforderte, aufschlussreich, um die damaligen Diskussionen über den Zusammenhang zwischen Extremal-, Minimal- und Erhaltungsprinzipien besser zu verstehen, wie der vergleichende Blick auf Leonhard Eulers Standpunkt hinsichtlich des Prinzips der kleinsten Wirkung zeigt.

Erstens stellte Euler fest: Nicht jedes Extremalprinzip ist ein Minimalprinzip. Diesen Einwand brachte bekanntlich Euler gegen Maupertuis' Anspruch vor, sein « principe de moindre action » sei in jedem beliebigen Fall ein Prinzip der *kleinsten* Wirkung. Als Extremalwerte können Maxima und Minima auftreten (Euler 1744, 304):

Quoties autem in casu motus actualis, sollicitationibus continuis ad centrum, aut centra, virium geniti, datur re vera Vis viva at Actio, tum, systemate in situm, alias aequilibrio respondentem, delato, regulis de Maximis et Minimis locus quidem est; sed tum et Vis viva at Actio non Minimum efficiunt, sed Maximum.

Die Entscheidung zugunsten eines Minimums zwischen drei logisch gleichwertigen ausgezeichneten Fällen (Minimum, Maximum, Sattelpunkt) lässt sich nur durch eine teleologische Interpretation der Naturgesetze rechtfertigen. Doch auch wenn man die Überzeugung, dass die Natur Zwecken folgt, als Prämisse voraussetzt, bleibt unser Wissen über Zweckursachen diskutabel. Der Bau der Wissenschaft, so lautet die Quintessenz der *Institutions physiques*, ist und bleibt notwendig unvollendet und unvollendbar, ist ein Stückwerk. Euler, der die Exemplare der *Institutions* von 1740 und 1742 kannte,⁵⁰ stimmte du Châtelet in diesem Punkt vorbehaltlos zu und hielt aus eben diesem Grund wie du

fentlichtes Fragment, nämlich das vierte Kapitel, bekannt, das im Nachlass Voltaires in St. Petersburg aufbewahrt wird. Im Jahre 2006 wurde du Châtelets Schrift im Bernoulli-Nachlass der Öffentlichen Bibliothek der Universität Basel wiederentdeckt. Auf der Tagung *Émilie du Châtelet und die Deutsche Aufklärung*, die am Forschungszentrum Europäische Aufklärung in Potsdam am 15.09. und 16.09. 2006 anlässlich des 300. Geburtstages du Châtelets unter Leitung von Ruth Hagengruber und Hartmut Hecht stattfand, stellte Fritz Nagel, der Leiter der Bernoulli-Edition Basel, in seinem Vortrag „*Sancti Bernoulli orate pro nobis*“. *Émilie du Châtelet, die Basler Mathematiker und der verloren geglaubte Essai sur l'optique* seinen Fund vor (Nagel 2012). Die Edition des Baseler *Essai sur l'optique* ist geplant. Sie wird im Publikationsorgan der Schweizerischen Gesellschaft für die Erforschung des 18. Jahrhunderts (SGEAJ) unter dem Herausgeber Fritz Nagel unter Mitarbeit von Sulamith Gehr erscheinen.

⁵⁰ In einem Brief vom 19. Februar/1. März 1740 teilte Euler Maupertuis mit, dass er auf die Übersendung der Sammelbände der Preisschriften der Pariser Akademie mit Spannung warte, weil er baldmöglichst die Arbeit der Marquise lesen wolle. Maupertuis sandte Euler auch ein Exemplar der *Institutions* von 1740 zu. Die entsprechenden Briefe sind in der 1986 von Pierre Costabel in der vierten Serie der *Opera Omnia* Eulers erschienenen Korrespondenz zwischen Euler und Maupertuis abgedruckt (Euler 1986, Nr. 3–4). Die zweite Edition aus dem Jahre 1742 erhielt Euler von du Châtelet selbst, wie in einem Brief Eulers an Chris-

Châtelet Hypothesen als unentbehrliches heuristisches Mittel der Naturforschung.

Zweitens war Euler davon überzeugt: Das Wirkungsprinzip ist unabhängig vom Erhaltungsprinzip. Diese These brachte Euler in Übereinstimmung mit Maupertuis gegen du Châtelets Auffassung vor, dass Kräfte Bewegung überhaupt erst generieren und deshalb die *vis viva*-Erhaltung notwendige Voraussetzung für die Ableitung der Bewegungsgleichungen aus dem Prinzip der kleinsten Wirkung sei. Diesen Punkt kritisierte Euler nicht zuletzt in einem Brief an du Châtelet vom 30. Mai 1744 (Euler 1963, 174–176)⁵¹ und zwei Jahre später in seiner Streitschrift *Gedancken von den Elementen der Körper* (Euler 1746).

Mit dieser Arbeit griff Euler in die Auseinandersetzung um die Monadenlehre an der Berliner Akademie der Wissenschaften ein.⁵² Dieser fand im Prioritätsstreit um das Prinzip der kleinsten Wirkung seine Fortsetzung und verschob sich von der Auseinandersetzung zwischen den Monadisten und ihren Gegnern zu einer solchen zwischen den « forceviviern » und ihren Kritikern.

Die Frage nach dem unmittelbaren Bezug beider Debatten spielte in der Wissenschaftsgeschichte bislang keine nennenswerte Rolle. Dies ist nicht nur deshalb erstaunlich, weil beide am pulikumswirksamen Schauplatz der *Académie Royale des Sciences et des Belles Lettres* zu Berlin stattfanden, unmittelbar aufeinanderfolgten und eine ausgedehnte publizistische Debatte in den zeitgenössischen Journalen und in der gelehrten Öffentlichkeit nach sich zogen, was zur Spaltung zwischen wolffianisch geprägter universitärer Aufklärung in Deutschland und der französisch und englisch geprägten friderizianischen Akademie in Berlin führte. Der Monadenstreit in der Mitte des 18. Jahrhunderts markiert in aller Deutlichkeit die Verschiebung der Problemstellung, bedingt durch den Erfolg der Mechanik Newtons und ihrer Weiterentwicklung und Po-

tian Goldbach vom 27. April/8. Mai 1742 hervorgeht. Der entsprechende Brief ist in dem von Adolf P. Juškevič und Eduard Winter 1965 edierten Briefwechsel zwischen den beiden Gelehrten zu finden (Euler/Goldbach 1965, Nr. 50).

⁵¹ Der Brief ist als französisches Original und in russischer Übersetzung in Eulers *Briefe an Gelehrte* (Pis'ma k učenyj) veröffentlicht, die 1963 von Vladimir Ivanovič Smirnov herausgegeben worden sind (Euler 1963, 174–176). Der Brief reist an offener Stelle ab und hat keine Unterschrift.

⁵² Der Monadenstreit wurde durch eine Preisfrage der Berliner Akademie der Wissenschaften 1747 ausgelöst und weitete sich zu einer der publikumswirksamsten öffentlichen Debatten der deutschen Aufklärung aus. Mit seiner quellenkritischen Rekonstruktion der Debatte hat Johannes Bronisch in seiner Studie *Der Mäzen der Aufklärung: Ernst Christoph von Manteuffel und das Netzwerk des Wolffianismus* (Bronisch 2010, 232–305) eine wichtige Arbeit geleistet. Bis dato fehlt meines Wissens aber eine Monographie zum Monadenstreit, die eine tiefgehende wissenschaftsphilosophische Analyse dieses Themas vor dem Hintergrund der Mechanik Newtons und des Newtonianismus lieferte.

pularisierung durch den Newtonianismus.

Diese Erfolgsgeschichte bedeutete für die 'Theorie Leibniz' eine neue Herausforderung. Es kam zur Konfrontation der Monadenkonzeption mit dem Materie- und Kraftbegriff Newtons, der Kontinuumstheorie mit dem Atomismus, des energetischen Kraftbegriffs mit dem Bewegungs- und Kraftgesetz.⁵³ Dreh- und Angelpunkt der Diskussion war, ob die Erhaltung der *vis viva* eine notwendige Voraussetzung für die Herleitung der Newtonschen Bewegungsgleichung aus dem Prinzip der kleinsten Wirkung sei, oder aber der Streit um das wahre Kraftmaß durch den Nachweis entschieden werden könne, dass beide Größen, die *quantitas motus* und die *vis viva*, aus einem übergeordneten Prinzip, der *quantitas actionis*, ableitbar sind.

Während noch Joseph-Louis de Lagrange die Bewegungsgleichungen aus dem Prinzip der kleinsten Wirkung unter Voraussetzung der *vis viva*-Erhaltung ableitete, wissen wir heute, dass sich aus dem Variationsprinzip Energie- und Impulserhaltung herleiten lassen. Die Ableitbarkeit einer Erhaltungsgröße aus einem Variationsprinzip setzt die Invarianz der Bewegungsgleichungen unter Koordinatentransformationen voraus.

Das bedeutet, dass das Erhaltungsprinzip Symmetrie voraussetzt, denn Symmetrie meint Invarianz unter Transformationen. Symmetriebrechung bedeutet demzufolge Verletzung der Invarianzforderung, folglich Verletzung des Erhaltungsprinzips. (Ein Beispiel für Symmetriebrechung sind irreversibel verlaufende Prozesse, denen die Asymmetrie der Zeit als Annahme zugrundeliegt.)

Damit stellt sich einmal mehr die Frage der Gültigkeit und Reichweite des Kausal- und Erhaltungsprinzips und ihrer Bedeutung für die physikalische Raumzeit. Setzen Kausalprozesse eine zeitliche Ordnung voraus? Oder legen sie diese fest? Die Variationsrechnung, die es möglich machte, ein und denselben mathematischen Formalismus entweder durch ein Extremalprinzip oder durch eine Differentialgleichung (äquivalent) zu beschreiben, lässt diese Fragen offen – offen für die Interpretation, offen für die Forschung. Welchen Kriterien eine solche Interpretation und Forschung zu folgen hat, um nicht willkürlich und ziellos zu sein, suchte du Châtelet durch ihr architektonisches Programm einer Reformierung der Metaphysik als Wissenschaft zu beantworten.

⁵³ Vor diesem Hintergrund gesehen stellte Heinrich Ostertag rückblickend über den Monadenstreit fest: „Mit der Lehre von den Elementen der Körper verbindet sich nun in eigentümlicher Weise die Lehre von den Kräften der Körper, und hier platzen die Gegensätze vollends aufeinander, jedoch nicht so, wie man zunächst meinen könnte, daß die eine Partei das strikte Gegenteil der andern lehrt. Vielmehr sind beide in der Anerkennung der unbestrittenen Tatsachen ebenso einig wie sie in ihrer Erklärung auseinander gehen. Wolffianer und Newtonianer geben von vornherein zu, daß es das gibt, was man *vis activa*, *vis passiva*, *vis motrix*, *vis inertiae*, *vis attractionis* nennt. Aber gemäß den beiderseitigen Standpunkten fällt die wissenschaftlichen Beurteilung dieser *vires* grundverschieden aus“ (Ostertag 1910, 56).

7 Schluss

Gegenstand der vorliegenden Untersuchung waren die *Institutions physiques de Madame la marquise du Châtelet adressés à Mr. son fils* im Kontext der *vis viva*-Kontroverse. Geht man (nur) dem Titel nach, handelt es sich bei der Studie um ein typisches Beispiel für einen historiographisch-erzählenden Partikularismus, um eine Fallstudie zur Wissenschafts- und Frauengeschichte, die sich an einen verschwindend kleinen Adressatenkreis richtet. Das Thema scheint selbst für Experten sowohl der Aufklärungs- als auch Frauenphilosophie des frühen 18. Jahrhunderts aufgrund der physikgeschichtlichen Schwerpunktsetzung sehr speziell und für Physikhistoriker aufgrund der Fokussierung auf ein einzelne Publikation von vernachlässigbarer Relevanz.

Wer einen großen Rundumschlag von der aristotelischen und scholastischen Bewegungslehre über die klassische Mechanik zu Relativitätstheorie und Quantenmechanik erwartet hat, wird von vorliegender Arbeit enttäuscht (worden sein). Auch dem Anspruch der du Châtelet-Forschung, die vielen verstreuten Puzzle-Teile zu Leben, Werk und Wirkung der Französin zu einem einheitlichen Ganzen zusammenzufügen, kann die Abhandlung nicht gerecht werden.

Dass die gegenwärtige Wissenschaftshistoriographie „vielerorts einem exzessiven Partikularismus“ (Hentschel 2003, 252) mit einer „selbstgewählte[n] Beschränkung auf ‚petites histoires‘“ fröhne, hat der Wissenschaftshistoriker Klaus Hentschel als falsche Antwort auf die zweifellos überzogenen Ansprüche einer universalistischen Geschichtsschreibung kritisiert. Eine Wissenschaftsgeschichte, die nur noch „rhapsodische lokale Vignetten“ (ebd.) liefere, „von denen nicht einmal klar ist, wie typisch oder repräsentativ sie denn sein mögen“ (ebd.), untergrabe sich selbst, da sie den Bezug zur gegenwärtigen Wissenschaft und ihrer zukünftigen Entwicklung nicht nur nicht erkennen lässt, sondern geradezu verneint.

Zu einer so verstandenen « petite histoire » darf diese Studie allerdings auch nicht gezählt werden. Anhand einer Fallstudie sollte vielmehr dargelegt werden, wie Wissenschaftsgeschichte als Wissenschaftskritik betrieben werden kann. Eine Auswertung und Bewertung des Vergangenen kann nur vom *Status quo* gegenwärtiger Wissenschaft erfolgen. Umgekehrt trägt das Wissen um Vergangenes (nicht zu verwechseln mit vergangenem Wissen) zum besseren Verständnis gegenwärtiger Lehr- und Forschungsinhalte bei. Diese Feststellung klingt selbstverständlich, ist aber angesichts des beiderseitigen Desinteresses von wissenschaftlicher und wissenschaftsgeschichtlicher Forschung nicht belanglos.

Im Anschluss an einen Überblick über das Thema der Arbeit und den Forschungsstand wurden die Problemstellung und das Ziel näher formuliert (Kapitel 1). Dass eine wissenschafts- und philosophiegeschichtliche Einordnung des *Œuvres du Châtelets* bis heute schwerfällt, liegt nicht nur an der Überlieferungsproblematik. Die derzeit in größerem Umfang erfolgende Aufarbeitung des Vermächtnisses du Châtelets steht im Zeichen der aktuellen Leibniz- und Newton-Forschungen. Umgekehrt trägt die du Châtelet-Forschung zu einem sublimeren Bild der Newton- und Leibniz-Rezeption im Europa des frühen 18. Jahrhunderts bei. Dass sich aus diesen Resultaten auch eine Neubewertung der Methode und des Gegenstandsbereiches der klassischen Mechanik gewinnen lässt, ist die gemeinsame These, die die einzelnen Kapitel des Hauptteils wie eine Klammer umspannt.

Nach einem kurzen Abriss über Vita und Œuvre und einer ausführlichen Einordnung der *Institutions physiques* in ihren historischen Kontext (Kapitel 2 und Kapitel 3) stand in dem sich daran anschließenden Kapitel der programmatische Anspruch, den Châtelet mit ihrem Werk verfolgte, im Blickpunkt der Betrachtung (Kapitel 4). Du Châtelets Reformierung der Metaphysik als Wissenschaft hat zum Ziel und Inhalt, die Bedingungen der Möglichkeit wissenschaftlicher Erkenntnis zu klären. Nach du Châtelet bilden das Prinzip des Widerspruchs und das Prinzip des zureichenden Grundes die Grundlagen wissenschaftlicher Erkenntnis. Sie sind die obersten regulativen Leitlinien und die Handlungsmaxime für die wissenschaftliche Erkenntnis, welche über die Methode von Versuch und Irrtumsberichtigung qua Hypothesen gewonnen wird, indem sukzessive Aussagen, die diese beiden Grundsätze verletzen, ausgemerzt werden.

Die programmatische Intention, die du Châtelet mit ihrem „Bauplan“ für die Physik verfolgte, zielte darauf ab, die Bedingungen zu klären, die dem Bau dieses « un Bâtiment immense » (Du Châtelet 1742, XI) zugrunde liegen, und eine Orientierungshilfe im Labyrinth möglicher Erkenntniswege zu geben. Den Prinzipien wies du Châtelet die Aufgabe der Fundierung zu, den Hypothesen die Funktion eines Gerüsts. Geht man von der Gebäudemetapher aus, entspricht der Frage nach den Bedingungen der Möglichkeit von Erkenntnis die Frage nach den Bedingungen der Möglichkeit der Errichtung eines Gebäudes.

An dieser Stelle lohnt es, den Vergleich zwischen der wissenschaftlichen Forschung und der Konstruktion eines Gebäudes weiterzudenken, da dieser die philosophische Grundproblematik der *Institutions physiques* verdeutlicht, die bis heute nichts an Aktualität verloren hat. Um etwas bauen zu können, muss es etwas geben, aus dem sich etwas bauen lässt. Um etwas erkennen zu können, muss es etwas zu erkennen geben. Aus dem Nichts und mit Nichts ließe sich nichts konstruieren und errichten, mithin erkennen. Was im ersten Fall das

Material ist, meint im zweiten Fall die Gegenstände der Erkenntnis.

Um aus dem Material etwas zu bauen, benötigt man Werkzeuge. Ein veraltetes Synonym für Werkzeug ist im Deutschen „Rüstzeug“. Davon leitet sich „Ausrüstung“ ab, auch „Gerüst“. Beide Ausdrücke, Werkzeug und Rüstzeug, beinhalten als Bestandteil das Wort „Zeug“, von „zeugen“ im Sinne von „hervorbringen“. (Mit einem „Werkzeug“ erzeugt man ein Werk.) Zu den Werkzeugen der Gegenstandserkenntnis zählen die Sinne. Nicht zufällig spricht man vom „Sinnesapparat“.

Die Sinne sind notwendig für die Gegenstandserkenntnis, aber nicht hinreichend. Denn, wie Immanuel Kant sagte, vermögen die Sinne nichts zu denken – und der Verstand nichts anzuschauen.¹ Die Kantische Metapher, dass Gedanken ohne Inhalt leer und Anschauungen ohne Begriffe blind sind, ist das erkenntniskritische Analogon zur den ontologisch sich wechselseitig voraussetzenden Bestimmungen von Form und Materie eines Gegenstandes: Keine Form ohne Materie, keine Materie ohne Form. In den Worten du Châtelets: « il ne sauroit y avoir de Matière sans force motrice, ni de force motrice sans Matière, comme quelques Anciens l'avoient fort bien reconnu » (Du Châtelet 1742, § 141).

Nachfolgend ging es darum, die Anwendungsrelevanz von du Châtelets Metaphysik als Wissenschaft aufzuzeigen, und zu analysieren, welche Konsequenzen sich daraus für die Gewinnung und Begründung der Grundgesetze und Grundbegriffe der Mechanik ergeben (Kapitel 5). Ausgehend von der denkbar einfachen Prämisse, dass die Aufgabe der Mechanik darin besteht, die Bewegung materieller Körper in Raum und Zeit zu beschreiben, legt du Châtelet eine zwar provokative, aber dennoch fundierte und sachliche Kritik an der Mechanik Newtons vor. Sie weist die Newtonsche Voraussetzung der Absolutheit von Raum und Zeit ebenso zurück wie die beiden Hypothesen einer Fernkraftwirkung und des Kraftverlustes im Universum. Diese Prämissen, die Newtons *Axiomata, sive leges motus* zugrunde liegen, könnten deshalb nicht wahr sein, weil diese dem « principe de la raison suffisante » widersprüchen. Im Gegenzug argumentiert du Châtelet für die Relationalität von Raum und Zeit, für eine

¹ Nach Kant vollzieht sich die Gegenstandserkenntnis als Synthesis von Sinnes- und Verstandeserkenntnis: „Anschauung und Begriffe machen also die Elemente aller unserer Erkenntnis aus, so daß weder Begriffe ohne ihnen auf einige Art correspondirende Anschauung, noch Anschauung ohne Begriffe ein Erkenntnis abgeben können. [. . .] Ohne Sinnlichkeit würde uns kein Gegenstand gegeben und ohne Verstand keiner gedacht werden. Gedanken ohne Inhalt sind leer, Anschauungen ohne Begriffe sind blind. Daher ist es eben so notwendig, seine Begriffe sinnlich zu machen (d. i. ihnen den Gegenstand in der Anschauung beizufügen), als seine Anschauungen sich verständlich zu machen (d. i. sie unter Begriffe zu bringen). Beide Vermögen oder Fähigkeiten können auch ihre Functionen nicht vertauschen. Der Verstand vermag nichts anzuschauen und die Sinne nichts zu denken. Nur daraus, daß sie sich vereinigen, kann Erkenntnis entspringen“ (Kant *KrV*, A50f./B74f.).

Äther- und Nahwirkungstheorie und für die Erhaltung der Kraft.

Die Überzeugung, dass die Summe der Kräfte konstant ist, macht du Châtelet zu einer „Hebamme“ des Energieerhaltungssatzes. Die Unterscheidung zwischen Kraft und Energie erwies sich dabei als schwierige Geburt. Auch wenn der Erhaltungsgedanke so alt wie die Philosophie und Wissenschaft selbst ist, war es ein langer Weg zum Energiebegriff und Energieerhaltungssatz der heutigen Mechanik. Dieser Weg nahm seinen Ausgangspunkt im Streit um das wahre Kraftmaß zwischen Descartes und Leibniz im 17. Jahrhundert und gewann durch die Intervention der Newtonianer im 18. Jahrhundert an Brisanz.

Die Kontroverse über das wahre Kraftmaß und du Châtelets Beitrag stand im Mittelpunkt des letzten Kapitels (Kapitel 6). Der Streitpunkt war, dass sich gegeben die Proportionalität von Kraft und Kraftwirkung aus dem Wegintegral der Kraft ein anderes Maß ergab als über das Zeitintegral. Bildet man das Wegintegral, erhält man als Resultat der Rechnung das Produkt aus Masse und Geschwindigkeitsquadrat, bildet man das Zeitintegral, ergibt sich das Produkt aus Masse und Geschwindigkeit. Aus heutiger Sicht lag die Lösung der Streitfrage auf der Hand: Die Cartesische Bewegungsgröße entspricht dem Zeitintegral und das Leibnizsche Kraftmaß dem Wegintegral der Newtonschen Kraft. Für beide Größen gelten Erhaltungssätze (in geschlossenen Systemen): Impuls- und Energieerhaltung.

Es wäre aber falsch, daraus den Schluss zu ziehen, dass die damalige Rede-weise von der Krafterhaltung nichts anderes meinte als Energieerhaltung. Denn heute wird der Energieerhaltungssatz aus dem Newtonschen Bewegungsgesetz $\vec{F} = m\vec{a}$ unter der Voraussetzung hergeleitet, dass die Beschleunigung eines Körpers Null ist, wenn keine Kraft auf ihn wirkt. Von einem einheitlichen Newtonschen Kraftbegriff der heutigen klassischen Mechanik war man damals weit entfernt. Die Bestimmung der Kraft als das Produkt von Masse und Beschleunigung war nur eine von mehreren zur Diskussion stehende Interpretationen. Die heute bekannte Formulierung des Trägheits- und Kraftgesetzes sowie der Impuls- und Energieerhaltungssatz ist das Verdienst der Weiterentwicklung der Mechanik nach Newton, an der du Châtelet zweifellos mitgewirkt hat.

Literaturverzeichnis

- [Aebi 1947] MAGDALENA AEBI: *Kants Begründung der „Deutschen Philosophie“: Kants transzendente Logik, Kritik ihrer Begründung*. Hildesheim u. a.: Olms 1984 (= Reprint der Ausg. Basel: Verlag für Recht und Gesellschaft 1947).
- [Ahlwardt 1741] PETER AHLWARDT: *Vernünfftige und gründliche Gedancken von den Kräfte des menschlichen Verstandes und deren Gebrauch in der Erkenntniß der Wahrheit*. Greifswald u. a.: Weitbrecht 1741.
- [Aichele/Mirbach 2008] ALEXANDER AICHELE/DAGMAR MIRBACH (HGG.): *Alexander Gottlieb Baumgarten: Sinnliche Erkenntnis in der Philosophie des Rationalismus*. Hamburg: Meiner 2008.
- [Albertan 1991] CHRISTIAN ALBERTAN: « Les journalistes de Trévoux lecteurs de l'encyclopédie. » *Recherches sur Diderot et l'encyclopédie* 23 (1991): 107–116.
- [Albus 2001] VANESSA ALBUS: *Weltbild und Metapher: Untersuchungen zur Philosophie im 18. Jahrhundert*. Würzburg: Königshausen & Neumann 2001.
- [Alexander 1956] HENRY GAVIN ALEXANDER (HG.): *The Leibniz-Clarke Correspondance. Together with Extracts from Newton's Principia and Optiks*. Manchester: Manchester University Press 1956.
- [Algarotti 1739] FRANCESCO ALGAROTTI: *Il Neutonianismo per le dame. Ovvero, dialoghi sopra la luce, i colori e l'attrazione*. Neapel: Giambatista Pasquale 1739.
- [Alic 1986] MARGARET ALIC: *Hypatia's Heritage: A History of Women in Science from Antiquity to the Late Nineteenth Century*. London: Women's Press 1986.
- [Allen 1998] LYDIA D. ALLEN: *Physics, Frivolity and "Madame Pompon-Newton": The Historical Reception of the Marquise du Châtelet from 1750 to 1996*. Ph. D. University of Cincinnati 1998.
- [Anonymous 1805] ANONYMUS: "Playfairs's Edition of Smith's *Wealth of Nations*." *The Anti-Jacobin Review and Magazine, or, Monthly Political and Literary Censor* 22/12 (1805): 353–367.

- [Arianrhod 2012] ROBYN ARIANRHOD: *Seduced by Logic: Émilie Du Châtelet, Mary Somerville and the Newtonian Revolution*. New York u. a.: Oxford University Press 2012.
- [Aristoteles *Met.*] ARISTOTELES: *Metaphysik*. Griechisch–Deutsch, 1. Halbbd.: Bücher I–VI. Neubearb. der Übers. v. Hermann Bonitz, hg. v. Horst Seidl, 3. Aufl. Hamburg: Meiner 1989.
- [Arnauld/Lancelot 1660] ANTOINE ARNAULD/CLAUDE LANCELOT [ANON.]: *Grammaire générale et raisonnée*. Paris: le Petit 1660.
- [Arnold/Goetzius 1754] JOHANN CHRISTIAN ARNOLD/IOANNES GEORGIUS GOETZIUS: *Dissertatio physico-historica*, Bd. 2: *De viribus vivis earundemque mensura*. Erlangen: Tetzschner 1754.
- [Arnsperger 1897] WALTHER ARNSPERGER: *Christian Wolff's Verhältnis zu Leibniz*. Weimar: Felber 1897.
- [Avenarius 1876] RICHARD AVENARIUS: *Philosophie als Denken der Welt gemäß dem Prinzip des kleinsten Kraftmaßes. Prolegomena zu einer Kritik der reinen Erfahrung*. Leipzig: Fues's Verlag 1876.
- [Bach 1896] JOSEPH BACH: „Zur Geschichte der Schätzung der lebenden Kräfte.“ *Philosophisches Jahrbuch* 9 (1896): 411–426.
- [Badinter 1983] ÉLISABETH BADINTER: *Émilie, Émilie ou l'ambition féminine au XVIIIe siècle*. Paris: Flammarion 1983.
- [Badinter 1984] ÉLISABETH BADINTER: *Émilie, Émilie: weiblicher Lebensentwurf im 18. Jahrhundert*. München: Piper 1984.
- [Badinter 1997] ÉMILIE DU CHÂTELET: *Discours sur le bonheur*, neu hg. v. Élisabeth Badinter. Paris: Payot & Rivages 1997.
- [Badinter 2008] ÉLISABETH BADINTER: « Portrait de Mme Du Châtelet. » In: Ulla Kölving/Olivier Courcelle (Hgg.): *Émilie Du Châtelet. Éclairages & documents nouveaux*. Paris: Ferney-Voltaire (Centre international d'étude du XVIIIe siècle) 2008: 13–23.
- [Badinter/Duhême 2006] ÉLISABETH BADINTER/JAQUELINE DUHÊME: *Les passions d'Émilie, une femme d'exception*. Paris: Gallimard 2006.
- [Badinter/Muzerelle 2006] ÉLISABETH BADINTER/DANIELLE MUZERELLE: *Madame Du Châtelet: La femme des Lumières*. Paris: Bibliothèque Nationale de France 2006.

- [Ball 2006] GABRIELE BALL: „Die Büchersammlungen der beiden Gottscheds: Annäherungen mit Blick auf die *livres philosophiques* L. A. V. Gottscheds, geb. Kulmus.“ In: Gabriele Ball/Helga Brandes/Katherine R. Goodman (Hgg.): *Diskurse der Aufklärung: Luise Adelgunde Victorie und Johann Christoph Gottsched*. Wiesbaden: Harrasowitz 2006: 213–260.
- [Ball u. a. 2006] GABRIELE BALL/HELGA BRANDES/KATHERINE R. GOODMAN (HGG.): *Diskurse der Aufklärung: Luise Adelgunde Victorie und Johann Christoph Gottsched*. Wiesbaden: Harrasowitz 2006.
- [Barber 1955] WILLIAM H. BARBER: *Leibniz in France from Arnauld to Voltaire. A Study in French Reactions to Leibnizianism, 1670–1760*. Oxford: Clarendon Press 1955.
- [Barber 1967] WILLIAM H. BARBER: “Mme du Châtelet and Leibnizianism: the Genesis of the *Institutions de physique*.” In: William H. Barber (Hg.): *The Age of Enlightenment: Studies Presented to Theodore Besterman*. Edinburgh u. a.: Oliver and Boyd 1967: 200–222.
- [Barber 2006] WILLIAM H. BARBER: “Mme du Châtelet and Leibnizianism: the Genesis of the *Institutions de physique*.” In: Judith P. Zinsser/Julie C. Hayes (Hgg.): *Émilie Du Châtelet: Rewriting Enlightenment Philosophy and Sciences*. Oxford: Voltaire Foundation 2006: 5–23 (= Reprint des gleichn. Aufsatzes Barber 1967).
- [Barbour/Pfister 1995] JULIAN B. BARBOUR/HERBERT PFISTER (HGG.): *Mach’s Principle: From Newton’s Bucket to Quantum Gravity*. Boston: Birkhäuser 1995.
- [Barroso Filho 1994] WILTON BARROSO FILHO: *La mécanique de Lagrange: principes et méthodes*. Paris: Kathala 1994.
- [Baumgarten 1739] ALEXANDER GOTTLIEB BAUMGARTEN: *Metaphysica*. Halle: Hemmerde 1739.
- [Beeson 1992] DAVID BEESON: *Maupertuis: An Intellectual Biography*. Oxford: Voltaire Foundation 1992.
- [Bell 2005] JOHN LANE BELL: *The Continuous and the Infinitesimal in Mathematics and Philosophy*. Monza: Polimetrica 2005.
- [Benguigui 1998] ISAAC BENGUIGUI: *Gabriel Cramer: illustre mathématicien, 1704–1752*. Genf: Cramer & Cie 1998.

- [Bergmann 1913] ERNST BERGMANN: *Die Satiren des Herrn Maschine. Ein Beitrag zur Philosophie- und Kulturgeschichte des 18. Jahrhunderts.* Leipzig: Wiegandt 1913.
- [Berkeley 1721] GEORGE BERKELEY: “De Motu: sive de motus principio et natura, et de causa communicationis motuum.” In: George Berkeley: *The Works of George Berkeley, D. D. Bishop of Cloyne. To which are added, An Account of His Life, and Several of His Letters to Thomas Prior, Esq., Dean Gervais, Mr. Pope, &c.* London: Tegg & Son 1837: 285–294.
- [Berkeley 1734] GEORGE BERKELEY: *The Analyst: Or, A Discourse Addressed to an Infidel Mathematician.* London: Tonson 1734.
- [Bernoulli [Daniel] 1734] DANIEL BERNOULLI: „Disquisitiones Physico-Astronomicae problematis ab inclyta scientiarum Academia Regia iterum propositi.“ *Pieces qui ont remporté le prix double de l’Academie Royal des Sciences* Paris: L’Impr. Royal 1734: 93–122.
- [Bernoulli [Daniel] 1738] DANIEL BERNOULLI: *Hydrodynamica: sive de viribus et motibus fluidorum commentarii.* Strassburg: Dülsecker 1738.
- [Bernoulli [Daniel] 1741] DANIEL BERNOULLI: « Traité sur le flux et le reflux de la mer. » *Pièces qui ont remporté le prix de l’Académie Royale des Sciences en 1740.* Paris: Martin 1741: 53–191.
- [Bernoulli [Johann I] 1727] JOHANN I BERNOULLI: « Discours sur les loix de la communication du mouvement. » *Recueil des pièces qui ont remporté le prix de l’Académie Royale des Sciences*, Bd. 2. Paris: Jombert 1727: 1–108.
- [Bernoulli [Johann I] 1734] JOHANN I. BERNOULLI: « Essai d’une nouvelle Physique céleste, servant à expliquer les principaux Phenomenes du Ciel, & en particulier la cause physique de l’inclinaison des Orbites des Planetes par rapport au plan de l’Equateur du Soleil. » *Pieces qui ont remporté le prix double de l’Académie Royale des Sciences* Paris: L’Impr. Royal 1734: 1–91.
- [Bernoulli [Johann I] 1735] JOHANN I BERNOULLI: „De Vera notione virium vivarum, earumque usu in Dynamicis.“ *Acta eruditorum* 5 (1735): 210–230.
- [Bertoloni Meli 1999] DOMENICO BERTOLONI MELI: “Caroline, Leibniz, and Clarke.” *Journal of the History of Ideas* 60/3 (1999): 469–486.
- [Bestermann 1958] THEODORE BESTERMANN (HG.): *Les lettres de la marquise du Châtelet*, 2 Bde, hg. v. Theodore Bestermann. Genf: Institut et Musée Voltaire 1958.

- [Beutel 2007] ALBRECHT BEUTEL: „Causa Wolffiana. Die Vertreibung Christian Wolffs aus Preußen 1723 als Kulminationspunkt des theologisch-politischen Konflikts zwischen Halleschem Pietismus und Aufklärungsphilosophie.“ In: Albrecht Beutel (Hg.): *Reflektierte Religion. Beiträge zur Geschichte des Protestantismus*. Tübingen: Siebeck 2007: 125–169.
- [Biarnais 1981] MARIE-FRANÇOISE BIARNAIS: *Les Principia de Newton et « leurs traductions » françaises au milieu du XVIIIe siècle: étude critique et épistémologique*. Hist. des cultures, des savoirs et de l'éduc. Université Paris-Sorbonne 1981.
- [Biller 2004] GERHARD BILLER (HG.): *Wolff nach Kant. Eine Bibliographie*, mit einem Vorwort v. Jean École. Hildesheim u. a.: Olms 2004 (= Christian Wolff: Gesammelte Werke, III. Abteilung: Materialien und Dokumente, Bd. 87). Fortlaufende online-Aktualisierung unter: IZEA, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg: <http://www.izea.uni-halle.de/downloads/publik/wolffgesamt.pdf> [10.12.2013].
- [Blay 1995] MICHEL BLAY: *Les Principia de Newton*. Paris: Presses Universitaires de France 1995.
- [Blay 2001] MICHEL BLAY: “Force, Continuity, and the Mathematization of Motion at the End of the Seventeenth Century.” In: Jed Z. Buchwald/I. Bernard Cohen (Hgg.): *Isaac Newton's Natural Philosophy*. Cambridge, MA: MIT Press 2001: 225–248.
- [Blay/Toulmonde 2008] MICHEL BLAY/MICHEL TOULMONDE: « Vers une nouvelle édition des *Principes mathématiques*. » In: Ulla Kölving/Olivier Courcelle (Hgg.): *Émilie Du Châtelet. Éclairages & documents nouveaux*. Paris: Ferney-Voltaire (Centre international d'étude du XVIIIe siècle) 2008: 333–340.
- [Bléchet 2008] FRANÇOISE BLÉCHET: « La marquise Du Châtelet et les institutions: l'Académie royale des sciences et la Bibliothèque du roi. » In: Ulla Kölving/Olivier Courcelle (Hgg.): *Émilie Du Châtelet. Éclairages & documents nouveaux*. Paris: Ferney-Voltaire (Centre international d'étude du XVIIIe siècle) 2008: 99–109.
- [Bloch 2008] OLIVIER RENÉ BLOCH (HG.): *Voltaire et les manuscrits philosophiques clandestins*. Paris: Presses de l'Université Paris-Sorbonne 2008.
- [Bodanis 2000] DAVID BODANIS: *E = mc²: A Biography of the World's Most Famous Equation*. New York: Walker & Company 2000.

- [Bodanis 2006] DAVID BODANIS: *Passionate Minds: The Great Love Affair of the Enlightenment, Featuring the Scientist Emilie Du Châtelet, the Poet Voltaire, Sword Fights, Book Burnings, Assorted Kings, Seditious Verse, and the Birth of the Modern World*. London: Little, Brown & Company 2006.
- [Bodanis 2007] DAVID BODANIS: *Émilie und Voltaire: Eine Liebe in Zeiten der Aufklärung*. Reinbek: Rowohlt 2007.
- [Böhme 1974] GERNOT BÖHME: „Über Kants Unterscheidung von extensiven und intensiven Größen.“ *Kant-Studien* 65 (1974): 239–258.
- [Böhme 2004] GERNOT BÖHME: *Feuer, Wasser, Erde, Luft: Eine Kulturgeschichte der Elemente*. München: Beck 2004.
- [Bonnel 2000] ROLAND BONNEL: « La correspondance scientifique de la marquise Du Châtelet: la *lettre-laboratoire*. » In: Marie-France Silver/Marie-Laure Girou Swiderski (Hgg.): *Femmes en toutes lettres. Les apostolières du XVIIIe siècle*. Oxford: Voltaire Foundation 2000: 79–95.
- [Bonnet 1783a] CHARLES BONNET: « Vue du Leibnitianisme. » In: Charles Bonnet: *Œuvres d'histoire naturelle et de philosophie*, Bd. 18: *Écrits Divers*. Neuchatel: Fauche 1783: 52–107.
- [Bonnet 1783b] CHARLES BONNET: « Philalèthe ou Essai d'une méthode pour établir quelques vérités de philosophie rationnelle. » In: Charles Bonnet: *Œuvres d'histoire naturelle et de philosophie*, Bd. 18: *Écrits Divers*. Neuchatel: Fauche 1783: 235–372.
- [Bonsiepen 1997] WOLFGANG BONSIEPEN: *Die Begründung einer Naturphilosophie bei Kant, Schelling, Fries und Hegel. Mathematische versus spekulative Naturphilosophie*. Frankfurt a. M.: Klostermann 1997.
- [Bordo 1999] SUSAN BORDO: *Feminist Interpretations of René Descartes*. University Park, PA: Pennsylvania State University Press 1999.
- [Borzeszkowski/Wahsner 2001] HORST-HEINO VON BORZESZKOWSKI/REANTE WAHSNER: “Christian Wolff’s Mechanical Philosophy: A Comparison with Isaac Newton’s Mechanics.” In: Horst-Heino von Borzeszkowski/Reante Wahsner: *Action and Reaction: Studies on Motion and Contradiction in Physics*. Berlin: Logos 2001: 107–132 .
- [Bossut 1810] CHARLES BOSSUT: *Histoire générale des Mathématiques*, Bd. 2. Paris: Louis 1810.

- [Böttcher 2006] FRAUKE BÖTTCHER: „Émilie du Châtelet (1706–1749) – ‚die Nachwelt wird Sie mit Erstaunen betrachten‘.“ *Mathematische Semesterberichte* 53 (2006): 245–257.
- [Böttcher 2008] FRAUKE BÖTTCHER: « La réception des *Institutions de physique* en Allemagne. » In: Ulla Kölving/Olivier Courcelle (Hgg.): *Émilie Du Châtelet. Éclairages & documents nouveaux*. Paris: Ferney-Voltaire (Centre international d'étude du XVIIIe siècle) 2008: 243–254.
- [Böttcher 2010] FRAUKE BÖTTCHER: „Vulgarisierung und Didaktisierung von Newton: die Lehrbücher von Francesco Algarotti und Émilie du Châtelet – Möglichkeiten naturphilosophischer Bildung von Frauen im 18. Jahrhundert.“ In: Sabine Koloch (Hg.): *Émilie du Châtelet und die Deutsche Aufklärung*. Berlin: trafo 2010: 145–170.
- [Böttcher 2012] FRAUKE BÖTTCHER: *Das mathematische und naturphilosophische Lernen und Arbeiten der Marquise du Châtelet (1706–1749): Wissenszugänge einer Frau im 18. Jahrhundert*. Berlin u. a.: Springer 2012.
- [Boudri 2002] JOAN CHRISTIAAN BOUDRI: *What was Mechanical about Mechanics. The Concept of Force between Metaphysics and Mechanics from Newton to Lagrange*. Dordrecht u. a.: Kluwer 2002.
- [Brandes 2007] HELGA BRANDES: „Johann Christoph & Luise Adelgunde Victorie Gottsched und der deutsch-französische Aufklärungsdiskurs.“ In: Jens Stüben (Hg.): *Ostpreussen, Westpreussen, Danzig: Eine historische Literaturlandschaft*. München: Oldenbourg Verlag 2007: 237–258.
- [Breger 1999] HERBERT BREGER: „Über den von Samuel König veröffentlichten Brief zum Prinzip der kleinsten Wirkung.“ In: Hartmut Hecht (Hg.): *Pierre Louis Moreau de Maupertuis. Eine Bilanz nach 300 Jahren*. Berlin: Arno Spitz/Baden-Baden: Nomos 1999: 363–381.
- [Bronisch 2010] JOHANNES BRONISCH: *Der Mäzen der Aufklärung: Ernst Christoph von Manteuffel und das Netzwerk des Wolffianismus*. Berlin u. a.: de Gruyter 2010.
- [Brown 2007] HILARY BROWN: “Luise Gottsched and the Reception of French Enlightenment Literature in Germany.” In: Gillian Dow (Hg.): *Translators, Interpreters, Mediators: Women Writers 1700–1900*. Bern u. a.: Lang 2007: 21–36.
- [Brown/Kölving 2008] ANDREW BROWN/ULLA KÖLVING: « À la recherche des livres d'Émilie Du Châtelet. » In: Ulla Kölving/Olivier Courcelle (Hgg.):

- Émilie Du Châtelet. Éclairages & documents nouveaux.* Paris: Ferney-Voltaire (Centre international d'étude du XVIIIe siècle) 2008: 111–120.
- [Brucker 1745] JOHANN JAKOB BRUCKER: *Bildersal heutiges Tages lebender und durch Gelahrheit berühmter Schriftsteller*, Bd. 4. Augsburg: Haid 1745.
- [Brunet 1929] PIERRE BRUNET: *Maupertuis: L'œuvre et sa place dans la pensée scientifique et philosophique du XVIIIe siècle.* Paris: Blanchard 1929.
- [Büchner 1855] LUDWIG BÜCHNER: *Kraft und Stoff. Empirisch-naturphilosophische Studien. In allgemein-verständlicher Darstellung.* Frankfurt a. M.: Meidinger 1855.
- [Burt 1924] EDWIN ARTHUR BURTT: *The Metaphysical Foundations of Modern Physical Science. A Historical and Critical Essay*, 2. Aufl. London: Routledge & Kegan Paul 1959.
- [Busch 1805] GABRIEL CHRISTOPH BENJAMIN BUSCH (HG.): *Handbuch der Erfindungen*, Bd. 3, 4., umgarb. u. verm. Aufl. Eisenach: Wittekindt 1805.
- [Caimi 2005] MARIO CAIMI: „Gedanken ohne Inhalt sind leer.“ *Kant-Studien* 96/2 (2005): 135–146.
- [Campe 2002] RÜDIGER CAMPE: *Spiel der Wahrscheinlichkeit: Literatur und Berechnung zwischen Pascal und Kleist.* Göttingen: Wallstein 2002.
- [Carathéodory 1937] CONSTANTIN CARATHÉODORY: *Geometrische Optik.* Berlin: Springer 1937.
- [Carboncini[-Gavanelli] 1987] SONIA CARBONCINI: « L'Encyclopédie et Christian Wolff: A propos de quelques articles anonymes. » *Les Études philosophiques* 4 (1987): 489–504.
- [Carboncini[-Gavanelli] 1988] SONIA CARBONCINI: „Der Briefwechsel zwischen Leibniz und Christian Wolff.“ In: Gottfried Wilhelm Leibniz Gesellschaft (Hg.): *Leibniz. Tradition und Aktualität. V. Internationaler Leibniz-Kongress. Vorträge. Hannover, 14.–19. November 1988.* Hannover: Gottfried Wilhelm Leibniz Gesellschaft 1988: 139–146.
- [Carboncini[-Gavanelli] 1991] SONIA CARBONCINI: *Transzendente Wahrheit und Traum. Christian Wolffs Antwort auf die Herausforderung durch den Cartesianischen Zweifel.* Stuttgart u. a.: Frommann-Holzboog 1991.

- [Carboncini[-Gavanelli] 1993] SONIA CARBONCINI: „Christian Wolff in Frankreich. Zum Verhältnis von französischer und deutscher Aufklärung.“ In: Werner Schneiders (Hg.): *Aufklärung als Mission. Akzeptanzprobleme und Kommunikationsdefizite – La mission des Lumières. Accueil réciproque et difficultés de communication*. Marburg: Hitzeroth 1993: 114–128.
- [Carboncini[-Gavanelli] 2007] SONIA CARBONCINI-GAVANELLI: „Das Paradox der Aufklärung. Christian Wolff und die Encyclopédie.“ In: Jürgen Stolzenberg/Oliver-Pierre Rudolph (Hgg.): *Christian Wolff und die Europäische Aufklärung. Akten des 1. Internationalen Christian-Wolff-Kongresses in Halle (Saale) 4.–8. April 2004*. Hildesheim u. a.: Olms 2007: 73–94 (= Christian Wolff: Gesammelte Werke, III. Abteilung: Materialien und Dokumente, Bd. 101 [= Wolffiana II]).
- [Carnot 1797] LAZARE NICOLAS MARGUERITE CARNOT: *Réflexions sur la métaphysique du calcul infinitésimal*. Paris: Duprat 1797.
- [Caspari 1870] OTTO CASPARI: *Leibniz' Philosophie, beleuchtet vom Gesichtspunkt der physikalischen Grundbegriffe von Kraft und Stoff*. Leipzig: Voss 1870.
- [Cassirer 1899] ERNST CASSIRER: *Descartes' Kritik der mathematischen und naturwissenschaftlichen Erkenntnis*. Diss. Univ. Marburg 1899.
- [Cassirer 1929] ERNST CASSIRER: *Philosophie der symbolischen Formen*, Teil 3: *Phänomenologie der Erkenntnis*. Berlin: Akademie-Verlag 1929.
- [Castelnuovo 1938] GUIDO CASTELNUOVO: *Le Origini del Calcolo Infinitesimale nell'Era Moderna*. Mailand: Feltrinelli 1962 (= Reprint der Ausg. Bologna: Zanichelli 1938).
- [Cataldi Madonna 2005] LUIGI CATALDI MADONNA (HG.): *Macht und Bescheidenheit der Vernunft. Beiträge zur Philosophie Christian Wolffs. Gedenkband für Hans Werner Arndt*. Hildesheim u. a.: Olms 2005 (= Christian Wolff: Gesammelte Werke, III. Abteilung: Materialien und Dokumente, Bd. 98 [= Wolffiana I]).
- [Catelan 1687] FRANÇOIS DE CATELAN: « Rémarque de M. de l'abbé de Catelan sur la Réplique de M. L. touchant le principe de M. Descartes. » *Nouvelles de la république des lettres* 6 [Juni] (1687): 999–1004.
- [Chambat/Varry 2008] FRÉDÉRIC CHAMBAT/DOMINIQUE VARRY: « Faut-il faire une description bibliographique des *Principes mathématiques*? » In: Ulla Kölving/Olivier Courcelle (Hgg.): *Émilie Du Châtelet. Éclairages &*

- documents nouveaux*. Paris: Ferney-Voltaire (Centre international d'étude du XVIIIe siècle) 2008: 317–332.
- [Charrak 2006] ANDRE CHARRAK: *Contingence et nécessité des lois de la nature au XVIIIe siècle: La philosophie seconde des Lumières*. Paris: Vrin 2006.
- [Chladenius 1742] JOHANN MARTIN CHLADENIUS: *Einleitung zur richtigen Auslegung vernünftiger Reden und Schriften*. Mit einer Einleitung von Lutz Geldsetzer. Düsseldorf: Stern-Verlag Janssen 1969 (= Reprint der Ausg. Leipzig: Lanckisch 1742).
- [Chladenius 1748] JOHANN MARTIN CHLADENIUS: *Vernünftige Gedanken von dem Wahrscheinlichen und desselben gefährlichen Mißbrauche*, hg. u. mit Anm. vers. v. Dirk Fleischer. Waltrop: Spenner 1989 (= Reprint der Ausg. Leipzig u. a.: Weitbrecht 1748).
- [Chladenius 1752] JOHANN MARTIN CHLADENIUS: *Allgemeine Geschichtswissenschaft: Worinnen der Grund zu einer neuen Einsicht in allen Arten der Gelahrtheit gelegt wird*. Leipzig: Friedrich Lanckischens Erben 1752.
- [Christianson 1984] GALE E. CHRISTIANSON: *In the Presence of the Creator: Isaac Newton and His Times*. New York: Free Press 1984.
- [Christianson 1996] GALE E. CHRISTIANSON: *Isaac Newton and the Scientific Revolution*. Oxford u. a.: Oxford University Press 1996.
- [Clairaut 1743] ALEXIS CLAUDE CLAIRAUT: *Théorie de la figure de la terre. Tirée des principes de l'hydrostatique*. Paris: Fils 1743.
- [Clairaut 1745] ALEXIS CLAUDE CLAIRAUT: « Du systeme du monde. Dans les principes de la gravitation universelle. » *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences* 58 (1745): 329–364.
- [Clarke 1717] SAMUEL CLARKE (HG.): *A Collection of Papers which Passed Between the Late Learned Mr. Leibnitz, and Dr. Clarke, in the Years 1715 and 1716. Relating to the Principles of Natural Philosophy and Religion*. London: Knapton 1717.
- [Coelho 2001] RICARDO LOPES COELHO: *Zur Konzeption der Kraft der Mechanik*. Münster: Waxmann 2001.
- [Cohen 1883] HERMANN COHEN: *Das Princip der Infinitesimal-Methode und seine Geschichte. Ein Kapitel zur Grundlegung der Erkenntniskritik*. Berlin: Dümmler 1883.

- [Cohen 1964] I. BERNARD COHEN: “‘Quantum in Se Est’: Newton’s Concept of Inertia in Relation to Descartes and Lucretius.” *Notes and Records of the Royal Society of London* 19 (1964): 131–155.
- [Cohen 1968] I. BERNARD COHEN: “The French Translation of Isaac Newton’s *Philosophia Naturalis Principia Mathematica* (1756, 1759, 1966).” *Archives internationales d’histoire des sciences* 21 (1968): 261–290.
- [Cohen 1971] I. BERNARD COHEN: *Introduction to Newton’s ‘Principia’*. New York u. a.: Harvard University Press 1971.
- [Cohen 1976] I. BERNARD COHEN: “The Eighteenth-Century Origins of the Concept of Scientific Revolution.” *Journal of the History of Ideas* 37/2 (1976): 257–288.
- [Cohen 1987] I. BERNHARD COHEN: „Newtons Gravitationsgesetz – Aus Formeln wird eine Idee.“ In: Jürgen Ehlers/Gerhard Börner (Hgg.): *Gravitation: Raum-Zeit-Struktur und Wechselwirkung*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag 1987: 12–23.
- [Cohen 2002] I. BERNARD COHEN: “Newton’s Concepts of Force and Mass, with Notes on the Laws of Motion.” In: I. Bernard Cohen/George Edwin Smith (Hgg.): *The Cambridge Companion to Newton*. Cambridge u. a.: Cambridge University Press 2002: 57–84.
- [Corr 1974] CHARLES A. CORR: “Did Wolff Follow Leibniz?” In: Gerhard Finke (Hg.): *Akten des IV. Internationalen Kant-Kongresses, Mainz, 6-10. April 1974*, Bd. 2: Sektion 1. Berlin u. a.: de Gruyter 1974: 11–21.
- [Corr 1975] CHARLES A. CORR: “Christian Wolff and Leibniz.” *Journal of the History of Ideas* 36/2 (1975): 241–262.
- [Courcelle 2008] OLIVIER COURCELLE: « La publication tardive des *Principes mathématiques*. » In: Ulla Kölving/Olivier Courcelle (Hgg.): *Émilie Du Châtelet. Éclairages & documents nouveaux*. Paris: Ferney-Voltaire (Centre international d’étude du XVIIIe siècle) 2008: 301–308.
- [Crousaz 1733] JEAN-PIERRE DE CROUSAZ: *Examen du Pyrrhonisme ancien et moderne*. Den Haag: de Hondt 1733.
- [Crousaz 1737] JEAN-PIERRE DE CROUSAZ: *Examen de l’Essai de Monsieur Pope sur l’Homme*. Amsterdam: Mortier 1737.

- [Crousaz 1743] JEAN-PIERRE DE CROUSAZ: *Réflexions sur l'ouvrage intitulé « La belle Wolffienne », auxquelles on a joint plusieurs éclaircissemens sur le traité de l'esprit humain.* Paris u. a.: Bousquet 1743.
- [Crousaz 1747] JEAN-PIERRE DE CROUSAZ: « Lettre a Monsieur de Crouzas, Membre des Acadèmies Roïales des Sciences de Paris & Bourdeaux, & Professeur a Lausanne. Contre La Défense du Système Leibnitien, par Monsieur Emer de Vattel. » *Journal helvetique* 1 [Januar] (1747): 26–49.
- [Crousaz 1751] JEAN-PIERRE DE CROUSAZ/JEAN HENRI SAMUEL FORMEY/ALBRECHT VON HALLER: *Prüfung der Secte, die an allem zweifelt. Mit einer Vorrede des Herrn von Haller.* Göttingen: Vandenhoeck 1751.
- [D'Alembert 1743] JEAN-BAPTISTE LE ROND D'ALEMBERT: *Traité de Dynamique.* Paris: L'aîné 1743.
- [Dascal 2008] MARCELO DASCAL (HG.): *Leibniz: What Kind of Rationalist?* New York u. a.: Springer 2008.
- [Debever 1987] ROBERT DEBEVER: « La marquise du Châtelet traduit et commente les *Principia* de Newton. » *Bulletin de la classe des sciences* 73 (1987): 509–527.
- [De Gandt 2001] FRANÇOIS DE GANDT (HG.): *Cirey dans la vie intellectuelle. La réception de Newton en France.* Oxford: Voltaire Foundation 2001.
- [De Gaultier Saint-Blancard 1744] MARTIN KAHLE: *Examen d'un livre intitulé, La métaphysique de Newton, ou, Parallèle des sentimens de Newton & de Leibnitz; par Mr. de Voltaire,* übers. v. François de Gaultier Saint-Blancard. La Haye: Gosse 1744.
- [Deiser 2008] OLIVER DEISER: *Reelle Zahlen: Das klassische Kontinuum und die natürlichen Folgen, 2., korr. u. erw. Aufl.* Berlin u. a.: Springer 2008.
- [Dellian 1990] SAMUEL CLARKE: *Der Briefwechsel mit G.W. Leibniz von 1715/1716,* hg. u. übers. v. Ed Dellian. Hamburg: Meiner 1990.
- [Deluc 1746] JACQUES-FRANÇOIS DELUC: *Lettre critique sur la Fable des abeilles.* Genf: Gosse 1746.
- [De Risi 2007] VINCENZO DE RISI: *Geometry and Monadology: Leibniz's Analysis Situs and Philosophy of Space.* Basel u. a.: Birkhäuser 2007.

- [Descartes 1644] RENÉ DESCARTES: *Die Prinzipien der Philosophie*. Lateinisch–Deutsch, hg. u. übers. v. Christian Wohlers. Hamburg: Meiner 2005.
- [Deschamps 1743] JEAN DESCHAMPS: *Cours abrégé de la philosophie Wolf-
fienne en forme de lettres*, 3 Bde. Hildesheim u. a.: Olms 1991 (= Christian Wolff: *Gesammelte Werke*, III. Abteilung: *Materialien und Dokumente*, Bd. 13).
- [Deschamps 1745] JEAN DESCHAMPS: „Cours abrégé de la Philosophie Wolf-
fienne, & c. id est, Curriculum Philosophiae Wolfianae compendiosum, forma
epistolica instructum, Tomus primus, quo exhibetur Logica, Ontologia, &
Cosmologia.“ *Nova acta eruditorum* 5/10 [Supplementa] (1745): 454–458.
- [Des Maizeaux 1720] PIERRE DES MAIZEAUX (HG.): *Recueil de divers Pièces
sur la Philosophie, la Religion Naturelle, l’Histoire, les Mathématiques, etc.,
par Mrs. Leibniz, Clarke, Newton & Autres célèbres*. Amsterdam: Du Sauzet
1720.
- [Desnoiresterres 1855] GUSTAVE LEBRISOYS DESNOIRESTERRES: « Du
Châtelet (Gabrielle-Émilie Le Tonnelier de Breteuil, marquise). » In:
Johann Christian Ferdinand Höfer (Hg.): *Nouvelle biographie générale
depuis les temps les plus reculés jusqu’à nos jours: avec les renseignements
bibliographiques et l’indication des sources à consulter*, Bd. 13. Paris: Firmin
Didot frères 1855: 940–944.
- [Desnoiresterres 1868] GUSTAVE LEBRISOYS DESNOIRESTERRES: *Voltaire et
la société française au XVIIIe siècle*, Bd. 2: *Voltaire au château de Cirey*.
Paris: Didier 1868.
- [De Zan 1987] MAURO DE ZAN: « Voltaire e Madame du Châtelet: Membri e
Correspondenti dell’Accademia delle Scienze di Bologna. » *Studi e memorie
dell’ Istituto per la Storia dell’ Università di Bologna* 6 (1987): 156–157.
- [Didier 2008] BÉATRICE DIDIER: « La correspondance de Mme Du Châtelet,
un journal intime? » In: Ulla Kölving/Olivier Courcelle (Hgg.): *Émilie Du
Châtelet. Éclairages & documents nouveaux*. Paris: Ferney-Voltaire (Centre
international d’étude du XVIIIe siècle) 2008: 53–60.
- [Dijksterhuis 1950] EDUARD JAN DIJKSTERHUIS: *De mechanisering van het
wereldbeeld*. Amsterdam: Meulenhoff 1950.
- [Dijksterhuis 1956] EDUARD JAN DIJKSTERHUIS: *Die Mechanisierung des
Weltbildes*. Berlin u. a.: Springer 1956.

- [Dilthey 1927] WILHELM DILTHEY: *Studien zur Geschichte des deutschen Geistes: Leibniz und sein Zeitalter. Friedrich der Große und die deutsche Aufklärung. Das achtzehnte Jahrhundert und die geschichtliche Welt*. Leipzig: Teubner 1927.
- [Dobbs 1975] BETTY JO T. DOBBS: *The Foundations of Newton's Alchemy, or, "The Hunting of the Greene Lyon"*. Cambridge: Cambridge University Press 1975.
- [Dobbs 1991a] BETTY JO T. DOBBS: *The Janus Faces of Genius: The Role of Alchemy in Newton's Thought*. Cambridge: Cambridge University Press 1991.
- [Dobbs 1991b] BETTY JO T. DOBBS: "Stoic and Epicurean Doctrines in Newton's System of the World." In: Margaret J. Osler (Hg.): *Atoms, Pneuma, and Tranquillity: Epicurean and Stoic Themes in European Thought*. Cambridge: Cambridge University Press 1991: 221–238.
- [Dobbs/Jacob 1995] BETTY JO T. DOBBS/MARGARET JACOB (HGG.): *Newton and the Culture of Newtonianism*. Atlantic Highlands, NJ: Humanities Press 1995.
- [Döring 2000] DETLEF DÖRING: „Beiträge zur Geschichte der Gesellschaft der Alethophilen in Leipzig.“ In: Detlef Döring/Kurt Nowak (Hgg.): *Gelehrte Gesellschaften im mitteldeutschen Raum (1650–1820)*, Teil 1. Stuttgart: Hirzel 2000: 95–150.
- [Döring 2001] DETLEF DÖRING: „Der Wolffianismus in Leipzig. Anhänger und Gegner.“ In: Hans-Martin Gerlach (Hg.): *Christian Wolff. Seine Schule und seine Gegner*. Hamburg: Meiner 2000: 51–76.
- [Döring 2002] DETLEF DÖRING: *Katalog der Handschriften der Universitätsbibliothek Leipzig*, Neue Folge, Bd. 1: *Die neuzeitlichen Handschriften der Nullgruppe*, Teil 2 (Ms 0301–0600). Wiesbaden: Harrassowitz 2002.
- [Döring 2012] DETLEF DÖRING: „Ernst Christoph von Manteuffel und die Leipziger ‚Wahrheitsliebenden‘ um Johann Christoph Gottsched.“ In: *Denkströme. Journal der Sächsischen Akademie der Wissenschaften* 8 (2012): 64–73.
- [Döring u. a. 2010] DETLEF DÖRING/RÜDIGER OTTO/MICHAEL SCHLOTT (HGG.): *Johann Christoph Gottscheds Briefwechsel unter Einschluß des Briefwechsels von Luise Adelgunde Victorie Gottsched. Historisch-kritische Ausgabe*, Bd. 4: 1736–1737. Berlin u. a.: de Gruyter 2010.

- [Douay-Soublin 2008] FRANÇOISE DOUAY-SOUBLIN: « Nouvel examen de la *Grammaire raisonnée* de Mme Du Châtelet. » In: Ulla Kölving/Olivier Courcelle (Hgg.): *Émilie Du Châtelet. Éclairages & documents nouveaux*. Paris: Ferney-Voltaire (Centre international d'étude du XVIIIe siècle) 2008: 173–196.
- [Drieberg 1819] FRIEDRICH VON DRIEBERG: *Die Arithmetik der Griechen*. Leipzig: Weigel 1819.
- [Droysen 1910] HANS DROYSEN: „Die Marquise du Châtelet, Voltaire und der Philosoph Christian Wolff.“ *Zeitschrift für französische Sprache und Literatur* 35 (1910): 226–248.
- [Du Bois-Reymond 1868] EMIL DU BOIS-REYMOND: *Voltaire in seiner Beziehung zur Naturwissenschaft*. Berlin: Dümmler 1868.
- [Du Bois-Reymond 1872] EMIL DU BOIS-REYMOND: „Über die Grenzen des Naturerkennens.“ In: Emil Du Bois-Reymond: *Reden von Emil Du Bois-Reymond*, Bd. 1, 2. Aufl., hg. v. Estelle Du Bois-Reymond. Leipzig: Von Veit & Comp. 1912: 441–473.
- [Du Châtelet 1738] ÉMILIE DU CHÂTELET [ANON.]: « Lettre sur les Eléments de la Philosophie de Newton. » *Journal des sçavans* 9 [Sept.] (1738): 534–541.
- [Du Châtelet 1739] ÉMILIE DU CHÂTELET: « Essai sur la nature et la propagation du feu. » *Pièces qui ont remporté le prix de l'Académie royale des sciences, en 1738*. Paris: Imprimerie Royale 1739: 85–168, 218–219.
- [Du Châtelet 1740] ÉMILIE DU CHÂTELET [ANON.]: *Institutions de physique*. Paris: Prault 1740.
- [Du Châtelet 1741a] ÉMILIE DU CHÂTELET [ANON.]: *Institutions de physique*. Amsterdam: Mortier 1741.
- [Du Châtelet 1741b] ÉMILIE DU CHÂTELET [ANON.]: *Institutions de physique*. London: Vaillant 1741.
- [Du Châtelet 1741c] ÉMILIE DU CHÂTELET [ANON.]: *Réponse de Mme. *** à la lettre que M. de Mairan, secrétaire perpétuel de l'Académie royale des sciences, lui a écrite le 18 février sur la question des forces vives*. Bruxelles: Foppens 1741.
- [Du Châtelet 1742] ÉMILIE DU CHÂTELET: *Institutions physiques de Madame la marquise du Châtelet adressés à Mr. son fils*. Amsterdam: Aux dépens de la Compagnie 1742.

- [Du Châtelet 1743a] ÉMILIE DU CHÂTELET: *Der Frau Marquisinn von Chastellet Naturlehre an ihren Sohn*, erster Theil nach der zweyten französischen Ausgabe übers. v. Wolf Balthasar Adolf von Steinwehr. Halle u. a.: Regnerische Buchhandlung 1743.
- [Du Châtelet 1743b] ÉMILIE DU CHÂTELET: *Instituzioni di fisica di Madama la Marchesa du Chastellet indirite a suo figliuolo. Traduzione dal linguaggio francese nel Toscano, accresciuta con la Dissertazione sopra le forze motrici di M. de Mairan*. Venedig: Pasquali 1743.
- [Du Châtelet 1744] ÉMILIE DU CHÂTELET: *Dissertation sur la nature et la propagation du feu*. Paris: Prault 1744.
- [Du Châtelet 1752] ÉMILIE DU CHÂTELET: « Essai sur la nature et la propagation du feu. » *Recueil des pièces qui ont remporté les prix de l'Académie royale des sciences*, Bd. 4.: *Contenant les pièces depuis 1738 jusqu'en 1740*. Paris: Martin u. a. 1752: 87–170, 220–221.
- [Du Châtelet 1756] ISAAC NEWTON: *Principes mathématiques de la philosophie naturelle, par feu Madame la Marquise Du Chastellet*, 2 Bde. Paris: Desaint & Saillant, et Lambert 1756.
- [Du Châtelet 1759] ISAAC NEWTON: *Principes mathématiques de la philosophie naturelle, par feu Madame la Marquise Du Chastellet*, 2 Bde. Paris: Desaint & Saillant, et Lambert 1759.
- [Du Châtelet 1779] ÉMILIE DU CHÂTELET: « Discours sur le Bonheur par feu Mme Du Châtelet. » *Huitième recueil philosophique et littéraire* 10 (1779): 1–36.
- [Du Châtelet 1796] ÉMILIE DU CHÂTELET: « Réflexions sur le Bonheur. » In: Jean Baptiste Antoine Suard/Simon-Jérôme Bourlet de Vauxcelles (Hgg.): *Opuscules philosophiques et littéraires. La plupart posthumes ou inédites*. Paris: du Chevet 1796: 1–40.
- [Du Châtelet 1806] ÉMILIE DU CHÂTELET: *Lettres inédites de Madame la Marquise Du Châtelet à M. le Comte d'Argental, auxquelles on a joint une Dissertation sur l'existence de Dieu, les Réflexions sur le bonheur, par le même auteur, et deux Notices historiques sur madame Du Châtelet et de M. d'Argental*. Paris: Xhrouet 1806.
- [Du Châtelet 1818] ÉMILIE DU CHÂTELET: *Lettres inédites de Mme la Mise Du Châtelet, et supplément à la correspondance de Voltaire avec le roi de*

- Prusse et avec différentes personnes célèbres*, hg. v. Jean Eckard. Paris: Lefebvre 1818.
- [Du Châtelet 1878] ÉMILIE DU CHÂTELET: *Lettres de la Marquise du Châtelet*, hg. v. Eugène Asse. Paris: Charpentier 1878.
- [Du Châtelet 1947a] ÉMILIE DU CHÂTELET: « Examen de la Genèse. » In: Ira O. Wade: *Studies on Voltaire. With Some Unpublished Papers of Mme. du Châtelet*. Princeton: Princeton University Press 1947: 48–107.
- [Du Châtelet 1947b] ÉMILIE DU CHÂTELET: « De la liberté » [Kap. 5]. In: Ira O. Wade: *Studies on Voltaire. With Some Unpublished Papers of Mme. du Châtelet*. Princeton: Princeton University Press 1947: 92–108.
- [Du Châtelet 1947c] ÉMILIE DU CHÂTELET: « *La Fable des abeilles* de Mandeville. » In: Ira O. Wade: *Studies on Voltaire. With Some Unpublished Papers of Mme. du Châtelet*. Princeton: Princeton University Press 1947: 131–187.
- [Du Châtelet 1947d] ÉMILIE DU CHÂTELET: « L'Essai sur l'optique » [Kap. 4]. In: Ira O. Wade: *Studies on Voltaire. With Some Unpublished Papers of Mme. du Châtelet*. Princeton: Princeton University Press 1947: 188–208.
- [Du Châtelet 1947e] ÉMILIE DU CHÂTELET: « La Grammaire raisonnée » [Kap. 6 u. 8]. In: Ira O. Wade: *Studies on Voltaire. With Some Unpublished Papers of Mme. du Châtelet*. Princeton: Princeton University Press 1947: 209–241.
- [Du Châtelet 1961] ÉMILIE DU CHÂTELET: *Discours sur le bonheur*, hg. v. Robert Mauzi. Paris: Les Belles-Lettres 1961.
- [Du Châtelet 1966] ISAAC NEWTON: *Principes mathématiques de la philosophie naturelle par feu madame la marquise Du Chastelet*, 2 Bde. Paris: Blanchard 1966 (= Reprint der Ausg. Paris: Desaint & Saillant, et Lambert 1756).
- [Du Châtelet 1988] ÉMILIE DU CHÂTELET: *Institutions physiques de Madame la marquise du Châstellet adressés à Mr. son fils*. Hildesheim u. a.: Olms 1988 (= Christian Wolff: *Gesammelte Werke*, III. Abteilung: *Materialien und Dokumente*, Bd. 28 = Reprint der Ausg. Amsterdam: Aux Depends de la Compagnie 1742).
- [Du Châtelet 1990] ISAAC NEWTON: *Principes mathématiques de la philosophie naturelle. Traduction de la Marquise du Châtelet, revue par Alexis-Claude Clairaut, Préface historique de Voltaire, Préface de Roger Cotes*, 2

- Bde. Sceaux: Jacques Gabay 1990 (= Reprint der Ausg. Paris: Desaint & Saillant, et Lambert 1759).
- [Du Châtelet 1992] ÉMILIE DU CHÂTELET: *Discorso sulla felicità*, übers. u. hg. v. Maria Cristina Leuzzi. Palermo: Sellerio 1992.
- [Du Châtelet 1999] ÉMILIE DU CHÂTELET: *Rede vom Glück. Discours sur le bonheur. Mit einer Anzahl Briefe der Madame du Châtelet an den Marquis de Saint-Lambert*, übers. u. hg. v. Iris Röbling. Berlin: Friedenauer Presse 1999.
- [Du Châtelet 2005] ISAAC NEWTON: *Principia. Principes mathématiques de la philosophie naturelle. Traduit de l'anglais par La Marquise du Châtelet. Préface de Monsieur de Voltaire*. Paris: Dunod 2005 (= Reprint der Ausg. Paris: Desaint & Saillant, et Lambert 1759).
- [Du Châtelet 2010] ÉMILIE DU CHÂTELET: *Las Instituciones de Physique. Capítulos escogidos. Un manual de física en el siglo XVIII*, übers. v. María de los Ángeles Macarrón Machado. La Orotava: Fundación Canaria Orotava de Historia de la Ciencia 2010.
- [Du Châtelet 2011] ÉMILIE DU CHÂTELET: *Examens de la Bible*, hg. v. Bertram Eugene Schwarzbach. Paris: Honoré Champion 2011.
- [Du Châtelet 2014a] ÉMILIE DU CHÂTELET: *Essai sur l'optique*, hg. v. Fritz Nagel unter Mitarb. v. Sulamith Gehr. Genf: SGEAJ 2014 [im Erscheinen].
- [Du Châtelet 2014b] ÉMILIE DU CHÂTELET: *Naturlehre an ihren Sohn (1743)*, hg. u. engl. v. Ruth Hagengruber. Hildesheim u. a.: Olms 2014 (= Reprint der Ausg. Halle u. a.: Regnerische Buchhandlung 1743) [im Erscheinen].
- [Du Châtelet 2014c] ÉMILIE DU CHÂTELET: *Correspondance d'Émilie Du Châtelet*, hg. v. Ulla Kölving u. André Magnan, mit einem Vorwort von Élisabeth Badinter. Paris: Centre international d'étude du XVIIIe siècle de Ferney-Voltaire 2014 [im Erscheinen].
- [Duchesneau 2006] FRANÇOIS DUCHESNEAU/JÉRÉMIE GRIARD (HGG.): *Leibniz Selon Les Nouveaux Essais Sur L'entendement Humain*. Bellarmin & Vrin: Québec 2006.
- [Ducheyne 2006] STEFFEN DUCHEYNE: "The General Scholium: Some Notes on Newton's Published and Unpublished Endeavours." *Lias: Sources and Documents Relating to the Early Modern History of Ideas* 33/3 (2006): 223–274.

- [Ducheyne 2009] STEFFEN DUCHEYNE: “Anti-Trinitarianism in Newton’s General Scholium to the Principia.” *European Journal of Science and Theology* 5/1 (2009): 29–39.
- [Ducheyne 2011] STEFFEN DUCHEYNE: “Newton on Action at a Distance and the Cause of Gravity.” *Studies in History and Philosophy of Science* 42 (2011): 154–159.
- [Ducheyne 2012] STEFFEN DUCHEYNE: *The Main Business of Natural Philosophy: Isaac Newton’s Natural-Philosophical Methodology*. Dordrecht u. a.: Springer 2012.
- [Du Marsais 1747] CÉSAR CHESNEAU DU MARSAIS: « Lettre d’une jeune demoiselle à l’auteur des Vrais principes de la Langue françoise. » In: César Chesneau Du Marsais: *Œuvres de Du Marsais*, Bd. 1, hg. v. Marie-Emile-Guillaume Duchosal, Charles Millon u. Jean Le Rond d’Alembert. Paris: de Pougny 1797: 297–336.
- [Eberhard 1752] JOHANN PETER EBERHARD: *Erste Gründe der Naturlehre*. Halle: Regner 1752.
- [Ebert 1987] THEODOR EBERT: „Entelechie und Monade. Bemerkungen eines aristotelischen Begriffs bei Leibniz.“ In: Jürgen Wiesner (Hg.): *Aristoteles. Werk und Wirkung. Paul Moraux zum 65. Geburtstag gewidmet*, Bd. 2. Berlin u. a.: de Gruyter 1987: 560–583.
- [École 1990] JEAN ÉCOLE: *La Métaphysique de Christian Wolff*. 2 Bde. Hildesheim u. a.: Olms 1990 (= Christian Wolff: *Gesammelte Werke*, III. Abteilung: Materialien und Dokumente, Bd. 12).
- [École 1998a] JEAN ÉCOLE: „War Christian Wolff ein Leibnizianer?“ In: Robert Theis (Hg.): *Die deutsche Aufklärung im Spiegel der neueren französischen Aufklärungsforschung*. Hamburg: Meiner 1998: 29–46.
- [École 1998b] JEAN ÉCOLE: « Wolff était-il un Aufklärer? » In: Frank Grunert/Friedrich Vollhardt (Hgg.): *Aufklärung als praktische Philosophie. Werner Schneiders zum 65. Geburtstag*. Tübingen: Niemeyer 1998: 31–44.
- [École 2001] JEAN ÉCOLE (HG.): *Autour de la philosophie Wolffienne. Textes de Hans Werner Arndt, Sonia Carboncini-Gavanelli et Jean École*. Hildesheim u. a.: Olms 2001 (= Christian Wolff: *Gesammelte Werke*, III. Abteilung: Materialien und Dokumente, Bd. 65).

- [Edwards 1970] SAMUEL EDWARDS: *The Divine Mistress: A Biography of Emilie du Châtelet, the Beloved of Voltaire*. New York: David McKay 1970.
- [Edwards 1989] SAMUEL EDWARDS: *Die göttliche Geliebte Voltaires: das Leben der Emilie du Châtelet*. Stuttgart: Engelhorn-Verlag 1989.
- [Ehrmann 1986] ESTHER EHRMANN: *Mme du Châtelet. Scientist, Philosopher, and Feminist of the Enlightenment*. Leamington Spa: Berg 1986.
- [Eichberger 1999] TASSILO EICHBERGER: *Kants Architektur der Vernunft: zur methodenleitenden Metaphorik der Kritik der reinen Vernunft*. Freiburg i. B. u. a.: Alber 1999.
- [Einstein 1905] ALBERT EINSTEIN: „Ist die Trägheit eines Körpers von seinem Energieinhalt abhängig?“ *Annalen der Physik* 18 (1905): 639–641.
- [Einstein 1927] ALBERT EINSTEIN: „Newtons Mechanik und ihr Einfluß auf die Gestaltung der theoretischen Physik.“ *Die Naturwissenschaften* 15/12 (1927): 273–276.
- [Elkana 1974] YEHUDA ELKANA: *The Discovery of the Conservation of Energy*. Cambridge, MA: Harvard University Press 1974.
- [Ellis 1962] BRIAN D. ELLIS: “Newton’s Concept of Motive Force.” *Journal of the History of Ideas* 23 (1962): 273–278.
- [Emch/Emch-Dériaz 2006] GERARD EMCH/ANTOINETTE EMCH-DÉRIAZ: “On Newton’s French Translator: How Faithful was Mme Du Châtelet?” In: Judith P. Zinsser/Julie C. Hayes (Hgg.): *Émilie Du Châtelet: Rewriting Enlightenment Philosophy and Sciences*. Oxford: Voltaire Foundation 2006: 226–251.
- [Engfer 1996] HANS-JÜRGEN ENGFER: *Empirismus versus Rationalismus? Kritik eines philosophiegeschichtlichen Schemas*. Paderborn: Mentis 1996.
- [Epple 1996] MORITZ EPPLE: *Das Ende der Größenlehre: eine Einführung in die Geschichte der Grundlagen der Analysis, 1860–1930*. Mainz: Preprint-Reihe des Fachbereichs Mathematik der Universität Mainz (Nr. 8) 1996.
- [Euklid Elem.] EUKLID: *Euclidis Opera Omnia*, Bd. 6, hg. v. Johan Ludvig Heiberg u. Heinrich Menge. Leipzig: Teubner 1886.
- [Euler 1741] LEONHARD EULER: „Inquisitio physica in causam fluxus et refluxus maris.“ *Pièces qui ont remporté le prix de l’Académie Royale des Sciences en 1740*. Paris: Martin 1741: 235–350.

- [Euler 1744] LEONHARD EULER: „Methodus inveniendi lineas curvas maximi minimive proprietate gaudentes sive solutio problematis isoperimetrici latissimo sens accepti, Additamentum II.“ In: Leonhard Euler: *Opera Omnia sub auspiciis Societatis Scientiarum Naturalium Helveticæ*, Serie 1: *Opera mathematica*, Bd. 24. Basel u. a.: Birkhäuser 1952: 298–308.
- [Euler 1746] LEONHARD EULER [ANON.]: *Gedancken von den Elementen der Körper*. Berlin: Haude 1746.
- [Euler 1748] LEONHARD EULER: « Réflexions sur l’espace et le temps. » In: Leonhard Euler: *Opera Omnia sub auspiciis Societatis Scientiarum Naturalium Helveticæ*, Serie 3, Bd. 2, hg. v. Edmund Hoppe, Karl Matter u. Johann Jakob Burckhardt. Geneva: Societas Scientiarum Naturalium Helveticæ 1942: 376–383.
- [Euler 1770] LEONHARD EULER: *Vollständige Anleitung zur Algebra*, Erster Theil: *Von den verschiedenen Rechnungs-Arten, Verhältnissen und Proportionen*. St. Petersburg: Kayserliche Akademie der Wissenschaften 1770.
- [Euler 1963] LEONHARD EULER: *Pis’ma k učenym (Briefe an Gelehrte)*, hg. v. Vladimir Ivanovic Smirnov. Moskau u. a.: Izdat. Akad. Nauk SSSR 1963.
- [Euler 1986] LEONHARD EULER: *Correspondance de Leonhard Euler avec P.-L. M. de Maupertuis et Frédéric II*. In: Leonhard Euler: *Opera Omnia sub auspiciis Societatis Scientiarum Naturalium Helveticæ*, Serie 4, Teil A: *Commercium Epistolicum*, Bd. 6. Basel u. a.: Birkhäuser 1986.
- [Euler/Goldbach 1965] LEONHARD EULER/CHRISTIAN GOLDBACH: *Briefwechsel (1729–64)*, hg. u. eingel. v. Adolf P. Juškevic u. Eduard Winter. Berlin: Akademie-Verlag 1965.
- [Evers 2006] DIRK EVERS: *Gott und Mögliche Welten: Studien zur Logik theologischer Aussagen über das Mögliche*. Tübingen: Mohr Siebeck 2006.
- [Ewertz 1836] JOHANN ULRICH EWERTZ: *Fundamental-Grundsätze einer metaphysischen Kosmologie und Bewegungslehre*. Riga: Häcker 1836.
- [Fabbianelli u. a. 2011] FAUSTINO FABBIANELLI/JEAN-FRANÇOIS GOUBET/OLIVER-PIERRE RUDOLPH (HGG.): *Zwischen Grundsätzen und Gegenständen: Untersuchungen zur Ontologie Christian Wolffs*. Hildesheim u. a.: Olms 2011 (= Christian Wolff: *Gesammelte Werke*, III. Abteilung: *Materialien und Dokumente*, Bd. 106 [= *Wolffiana IV*]).

- [Falkenburg 2000] BRIGITTE FALKENBURG: *Kants Kosmologie. Die wissenschaftliche Revolution der Naturphilosophie im 18. Jahrhundert*. Frankfurt a. M.: Klostermann 2000.
- [Falkenburg 2005] BRIGITTE FALKENBURG: „Die Funktion der Naturwissenschaft für die Zwecke der Vernunft.“ In: Volker Gerhardt/Thomas Meyer (Hgg.): *Kant im Streit der Fakultäten*. Berlin u. a.: de Gruyter 2005: 117–133.
- [Fara 2002] PATRICIA FARA: *Newton. The Making of Genius*. New York: Columbia University Press 2002.
- [Fauset 2009] EILEEN FAUSET: *The Politics of Writing: Julia Kavanagh, 1824–77*. Manchester u. a.: Manchester University Press 2009.
- [Feingold 2004] MORDECHAI FEINGOLD: *The Newtonian Moment: Isaac Newton and the Making of Modern Culture*. Oxford: Oxford University Press 2004.
- [Fellmann 1975] EMIL A. FELLMANN: „Newtons *Principia*.“ *Jahresbericht der Deutschen Mathematikervereinigung* 77 (1975): 107–137.
- [Ferber 2003] RAFAEL FERBER: *Philosophische Grundbegriffe*, Bd. 2: *Mensch, Bewußtsein, Leib und Seele, Willensfreiheit, Tod*. München: Beck 2003.
- [Fichant 1990] MICHEL FICHANT: „Neue Einblicke in Leibniz’ Reform seiner Dynamik (1678).“ *Studia Leibnitiana* 22/1 (1990): 48–68.
- [Fieberg 1998] EDGAR FIEBERG: *Das intuitive Wissen über Bewegungsgesetze: Entwicklungspsychologische Untersuchungen zum intuitiven Wissen im Handeln, wahrnehmen und urteilen*. Münster u. a.: Waxmann 1998.
- [Figala 1984] KARIN FIGALA: „Die exakte Alchemie von Isaac Newton: seine ‚gesetzmäßige‘ Interpretation der Alchemie – dargestellt am Beispiel einiger ihn beeinflussender Autoren.“ *Verhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft in Basel* 94 (1984): 157–227.
- [Fischer 1855] KUNO FISCHER: *Geschichte der neuern Philosophie*, Bd. 2: *Leibniz und seine Schule*. Heidelberg: Bassermann 1855.
- [Fleckenstein 1956] JOACHIM OTTO FLECKENSTEIN: *Der Prioritätsstreit zwischen Leibniz und Newton*, 2. Aufl. Basel u. a.: Birkhäuser 1977.
- [Fontenelle 1686] BERNARD LE BOVIER DE FONTENELLE: *Entretiens sur la pluralité des mondes*. Paris: Blageart 1686.

- [Fontenelle 1717] BERNARD LE BOVIER DE FONTENELLE: « Éloge de Leibnitz. » In: *Éloges de Fontenelle. Avec une introduction et des notes par Française Bouillier*. Paris: Garnier Frères 1883: 103–134.
- [Fontenelle 1721] BERNARD LE BOVIER DE FONTENELLE: « Sur la force des corps en mouvement. » *Histoire de l'Academie Royale des Sciences*. Paris: Boudot (1721): 80–85.
- [Fontenelle 1727] BERNARD LE BOVIER DE FONTENELLE: « Éloge de Newton. » In: *Éloges de Fontenelle. Avec une introduction et des notes par Française Bouillier*. Paris: Garnier Frères 1883: 220–240.
- [Fontenelle 1743] BERNARD LE BOVIER DE FONTENELLE: « Traité de la Liberté. » In: Bernard Le Bouvier De Fontenelle/César Chesneau Du Marsais/Jean-Baptiste De Mirabaud: *Nouvelles libertés de penser*. Amsterdam u. a.: Piget 1743: 112–151.
- [Fontius 1996] MARTIN FONTUIS: „Der Akademiesekretär und die Schweizer.“ In: Martin Fontuis/Helmut Holzhey (Hgg.) : *Schweizer im Berlin des 18. Jahrhunderts*. Berlin: Akademie Verlag 1996: 285–303.
- [Force/Hutton 2004] JAMES E. FORCE/SARAH HUTTON (HGG.): *Newton and Newtonianism: New Studies*. New York u. a.: Springer 2004.
- [Force/Popkin 1999] JAMES E. FORCE/RICHARD HENRY POPKIN (HGG.): *Newton and Religion: Context, Nature, and Influence*. Dordrecht u. a.: Kluwer 1999.
- [Formey 1741–1753] JEAN HENRI SAMUEL FORMEY: *La belle Wolfienne*. Hildesheim u. a.: Olms 1983 (= Christian Wolff: *Gesammelte Werke*, III. Abteilung: Materialien und Dokumente, Bd. 17).
- [Formey 1757] JEAN HENRI SAMUEL FORMEY: « Eloge de M. de Wolf. » *Eloges des académiciens de Berlin et de divers autres savans*, Bd. 2. Berlin: Étienne de Bourdeaux 1757: 219–263.
- [Frank 1917] PHILIPP FRANK: „Die Bedeutung der physikalischen Erkenntnistheorie Machs für das Geistesleben der Gegenwart.“ *Die Naturwissenschaften* 5/5 (1917): 65–72.
- [Franke 2006] THOMAS FRANKE: *Ideale Natur aus kontingenter Erfahrung: Johann Joachim Winckelmanns normative Kunstlehre und die empirische Naturwissenschaft*. Würzburg: Königshausen & Neumann 2006.

- [Freudenthal 1996] GIDEON FREUDENTHAL: „Leibniz als Transzendentalphilosoph malgré lui. Der Status der Erhaltungssätze.“ In: Martin Fontius/Hartmut Rudolph/Gary Smith (Hgg.): *Labora diligenter: Potsdamer Arbeitstagung zur Leibnizforschung vom 4. bis 6 Juli 1996*. Stuttgart: Steiner 1996: 9–29.
- [Freudenthal 2002] GIDEON FREUDENTHAL: “Perpetuum mobile: the Leibniz-Papin Controversy.” *Studies in History and Philosophy of Science (Part A)* 33/3 (2002): 573–637.
- [Freudenthal 1993] HANS FREUDENTHAL: “Thoughts on Teaching Mechanics. Didactical Phenomenology of the Concept of Force.” *Educational Studies in Mathematics* 25/1:2 (1993): 71–87.
- [Friedrich (Preußen, König II.) 1789] FRIEDRICH (PREUSSEN, KÖNIG II.): *Hinterlassene Werke Friedrichs II., König von Preußen*, Bd. 15: *Briefe der Marquise Du Châtelet an den König*, hg. v. Ewald Friedrich Graf von Hertzberg, neue verb. u. verm. Aufl. Berlin: Decker 1789.
- [Friedrich (Preußen, König II.) 1850] FRÉDÉRIC II, ROI DE PRUSSE: *Œuvres de Frédéric le Grand. Werke Friedrichs des Großen*, Bd. 16: *Correspondance de Frédéric avec M. de Suhm*, hg. v. Johann David Erdmann Preuß. Berlin: Decker 1850.
- [Friedrich (Preußen, König II.) 1851] FRÉDÉRIC II, ROI DE PRUSSE: *Œuvres de Frédéric le Grand. Werke Friedrichs des Großen*, Bd. 17: *Correspondance de Frédéric avec la marquise du Châtelet; Correspondance de Frédéric avec M. Jordan*, hg. v. Johann David Erdmann Preuß. Berlin: Decker 1851.
- [Friedrich (Preußen, König II.) 1853] FRÉDÉRIC II, ROI DE PRUSSE: *Œuvres de Frédéric le Grand. Werke Friedrichs des Großen*, Bde. 21–23: *Correspondance de Frédéric avec Voltaire*, hg. v. Johann David Erdmann Preuß. Berlin: Decker 1853.
- [Fries 1811] JAKOB FRIEDRICH FRIES: *Grundriss der Logik. Ein Lehrbuch zum Gebrauch für Schulen und Universitäten*. Heidelberg: Mohr & Winter 1811.
- [Gabbey 1980] ALAN GABBEY: “Force and Inertia in the Seventeenth Century: Descartes and Newton.” In: Stephen Gaukroger (Hg.): *Descartes: Philosophy, Mathematics, and Physics*. Brighton: Harvester Press 1980: 230–320.

- [Galili/Tseitlin 2003] IGAL GALILI/MICHAEL TSEITLIN: “Newton’s First Law: Text, Translations, Interpretations and Physics Education.” *Science & Education* 12/1 (2003): 45–73.
- [Galitzin 1860] AUGUSTIN GALITZIN: « Une lettre inédite de Crousaz à la marquise du Châtelet. » *Bulletin du bibliophile et du bibliothécaire* 14 (1860): 1621–1625.
- [Gardiner [Janik] 1982] LINDA GARDINER [JANIK]: “Searching for the Metaphysics of Science: The Structure and Composition of Madame Du Châtelet’s *Institutions de physique*.” *Studies on Voltaire and the Eighteenth Century (SVEC)* 201 (1982): 85–113.
- [Gardiner [Janik] 2008] LINDA GARDINER [JANIK]: « Mme Du Châtelet traductrice. » In: Ulla Kölving/Olivier Courcelle (Hgg.): *Émilie Du Châtelet. Éclairages & documents nouveaux*. Paris: Ferney-Voltaire (Centre international d’étude du XVIIIe siècle) 2008: 167–172.
- [Gaukroger 1980] STEPHEN GAUKROGER: *Descartes: Philosophy, Mathematics and Physics*. Totowa, N. J.: Harvester 1980.
- [Gauvin 2006] JEAN-FRANÇOIS GAUVIN: « Le cabinet de physique du château de Cirey et la philosophie naturelle de Mme Du Châtelet et de Voltaire. » In: JUDITH P. ZINSSER/JULIE C. HAYES (HGG.): *Émilie Du Châtelet: Rewriting Enlightenment Philosophy and Sciences*. Oxford: Voltaire Foundation 2006: 165–202.
- [Gehler 1790a] JOHANN SAMUEL TRAU GOTT GEHLER: „Maschinen, Machinae, Machines.“ In: Johann Samuel Traugott Gehler: *Physikalisches Wörterbuch oder Versuch einer Erklärung der vornehmsten Begriffe und Kunstwörter der Naturlehre mit kurzen Nachrichten von der Geschichte der Erfindungen und Beschreibungen der Werkzeuge begleitet in alphabetischer Ordnung*, Bd. 3: *Von Liq bis Sed*. Leipzig: Schwickert 1790: 141–142.
- [Gehler 1790b] JOHANN SAMUEL TRAU GOTT GEHLER: „Mechanik, Mechanica, Mechanique.“ In: Johann Samuel Traugott Gehler: *Physikalisches Wörterbuch oder Versuch einer Erklärung der vornehmsten Begriffe und Kunstwörter der Naturlehre mit kurzen Nachrichten von der Geschichte der Erfindungen und Beschreibungen der Werkzeuge begleitet in alphabetischer Ordnung*, Bd. 3: *Von Liq bis Sed*. Leipzig: Schwickert 1790: 166–174.
- [Gehler 1790c] JOHANN SAMUEL TRAU GOTT GEHLER: „Mechanismus.“ In: Johann Samuel Traugott Gehler: *Physikalisches Wörterbuch oder Versuch*

einer Erklärung der vornehmsten Begriffe und Kunstwörter der Naturlehre mit kurzen Nachrichten von der Geschichte der Erfindungen und Beschreibungen der Werkzeuge begleitet in alphabetischer Ordnung, Bd. 3: *Von Liq bis Sed*. Leipzig: Schwickert 1790: 174.

[Gehler 1790d] JOHANN SAMUEL TRAUGOTT GEHLER: „Physik, Naturlehre, Naturkunde, Naturwissenschaft, Physica, Physice, Philosophia naturalis, Physique.“ In: Johann Samuel Traugott Gehler: *Physikalisches Wörterbuch oder Versuch einer Erklärung der vornehmsten Begriffe und Kunstwörter der Naturlehre mit kurzen Nachrichten von der Geschichte der Erfindungen und Beschreibungen der Werkzeuge begleitet in alphabetischer Ordnung*, Bd. 3: *Von Liq bis Sed*. Leipzig: Schwickert 1790: 488–508.

[Gehler 1790e] JOHANN SAMUEL TRAUGOTT GEHLER: „Phänomene, Erscheinungen, Naturbegebenheiten, Phaenomena, Apparentiae, Phénomènes.“ In: Johann Samuel Traugott Gehler: *Physikalisches Wörterbuch oder Versuch einer Erklärung der vornehmsten Begriffe und Kunstwörter der Naturlehre mit kurzen Nachrichten von der Geschichte der Erfindungen und Beschreibungen der Werkzeuge begleitet in alphabetischer Ordnung*, Bd. 3: *Von Liq bis Sed*. Leipzig: Schwickert 1790: 454–460.

[Gehler 1798] JOHANN SAMUEL TRAUGOTT GEHLER: „Gravitation, Schwerkraft, allgemeine Schwere, Gravitatio, Gravitatio univeralis, Gravitation.“ In: Johann Samuel Traugott Gehler: *Physikalisches Wörterbuch oder Versuch einer Erklärung der vornehmsten Begriffe und Kunstwörter der Naturlehre mit kurzen Nachrichten von der Geschichte der Erfindungen und Beschreibungen der Werkzeuge begleite*, Bd. 2: *Von Erd bis Lin*, 2. Aufl.. Leipzig: Schwickert 1798: 517–537.

[Gerhard 1998] ANSELM GERHARD: „Die Rolle der Musik in den enzyklopädischen Wörterbüchern des 18. Jahrhunderts.“ In: Carsten Zelle (Hg.): *Enzyklopädien, Lexika und Wörterbücher im 18. Jahrhundert*, Bd. 2. Göttingen: Wallstein Verlag 1998: 40–51.

[Gerhardt 1860] CARL IMMANUEL GERHARDT (HG.): *Briefwechsel zwischen Leibniz und Christian Wolf. Aus den Handschriften der Königlichen Bibliothek zu Hannover*. Halle: Schmidt 1860.

[Gerlach u. a. 1980] HANS-MARTIN GERLACH/GÜNTER SCHENK/BURCHARD THALER (HGG.): *Christian Wolff als Philosoph der Aufklärung in Deutschland: Hallesches Wolff-Kolloquium 1979 anlässlich der 300. Wiederkehr seines Geburtstages*. Wissenschaftspublizistik der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg 1980.

- [Gerlach 2001] HANS-MARTIN GERLACH (HG.): *Christian Wolff. Seine Schule und seine Gegner*. Hamburg: Meiner 2001.
- [Gireau-Geneaux 2001] ANNIE GIREAU-GENEAUX: « Mme Du Châtelet entre Leibniz et Newton: matière, force et substance. » In: François de Gandt (Hg.): *Cirey dans la vie intellectuelle. La réception de Newton en France*. Oxford: Voltaire Foundation 2001: 173–186.
- [Giuliani 1747] CARLO ANTONIO GIULIANI (HG.): *Memorie sopra la fisica e istoria naturale di diversi valentuomini*, Bd. 3. Lucca: Benedini 1747.
- [Gjertsen 1986] DEREK GJERTSEN: *The Newton Handbook*. London: Routledge & Kegan Paul 1986.
- [Gleede 2009] BENJAMIN GLEEDE: *Platon und Aristoteles in der Kosmologie des Proklos: ein Kommentar zu den 18 Argumenten für die Ewigkeit der Welt bei Johannes Philoponos*. Tübingen: Mohr Siebeck 2009.
- [Göckel] RUDOLF GÖCKEL: *Lexicon philosophicum quo tanquam clave philosophiae fores aperiuntur*. Frankfurt: Becker 1613.
- [Goethe 1982] JOHANN WOLFGANG VON GOETHE: *Werke: Hamburger Ausgabe*, Bd. 12: *Schriften zur Kunst, Schriften zur Literatur, Maximen und Reflexionen*, 10. Ausg., hg. v. Erich Trunz, Hans Joachim Schrimpf u. Herbert von Einem. München: Beck 1982.
- [Goethe 1998] JOHANN WOLFGANG VON GOETHE: *Werke: Hamburger Ausgabe*, Bd. 11: *Italienische Reise*, 6. Ausg., hg. v. Herbert von Einem. München: Beck 1998.
- [Goldenbaum 1999] URSULA GOLDENBAUM: „Die Bedeutung der öffentlichen Debatte über das Jugement der Berliner Akademie für die Wissenschaftsgeschichte. Eine kritische Sichtung hartnäckiger Vorurteile.“ In: Hartmut Hecht (Hg.): *Pierre Louis Moreau de Maupertuis. Eine Bilanz nach 300 Jahren*. Berlin: Arno Spitz/Baden-Baden: Nomos 1999: 383–417.
- [Goldenbaum 2003] URSULA GOLDENBAUM: „Ein Urteil der Königlichen Akademie zu Berlin.“ *Gegenworte. Hefte für den Disput über Wissen* 11 (2003): 63–65.
- [Goldenbaum 2004] URSULA GOLDENBAUM: „Das Publikum als Garant der Freiheit der Gelehrtenrepublik. Die öffentliche Debatte über den Jugement de l'Académie Royale des Sciences et Belles Lettres sur une Lettre prétendue de M. de Leibnitz 1752–1753.“ In: Ursula Goldenbaum (Hg.): *Appell an das*

Publikum. Die öffentliche Debatte der deutschen Aufklärung 1687–1796, Teil 1. Berlin: Akademie-Verlag 2004: 509–651.

- [Goldenbaum 2006] URSULA GOLDENBAUM: „Friedrich II. und die Berliner Aufklärung.“ In: Günther Lottes/Iwan-Michelangelo D’Aprile (Hgg.): *Hofkultur und aufgeklärte Öffentlichkeit: Potsdam im 18. Jahrhundert im europäischen Kontext*. Berlin: Akademie Verlag 2006: 123–142.
- [Goldenbaum/Jesseph 2008] URSULA GOLDENBAUM/DOUGLAS JESSEPH (HGG.): *Infinitesimal Differences: Controversies between Leibniz and his Contemporaries*. Berlin u. a.: de Gruyter 2008.
- [Gottmanna 2012] FELICIA GOTTMANNA: “Du Châtelet, Voltaire, and the Transformation of Mandeville’s Fable.” *History of European Ideas* 38/2 (2012): 218–232.
- [Gottsched 1733] JOHANN CHRISTOPH GOTTSCHED: *Erste Gründe der gesamten Weltweisheit, darinn alle philosophische Wissenschaften in ihrer natürlichen Verknüpfung abgehandelt werden: zum Gebrauch academischer Lectionen*. Leipzig: Breitkopf 1733.
- [Gottschedin 1736] LOUISE ADELGUNDE VIKTORIE GOTTSCHED: *Die Pietisterey im Fischbein-Rocke. Oder die Doctormäßige Frau. In einem Lust-Spiele vorgestellet*. Rostock: o. V. 1736.
- [Gottschedin 1741] LOUISE ADELGUNDE VIKTORIE GOTTSCHED: *Zwo Schriften, welche von der Frau Marquise von Chatelet und dem Herrn von Mairan, das Maaß der lebendigen Kräfte in den Körpern betreffend, sind gewechselt worden*. Leipzig: Breitkopf 1741.
- [Gottschedin 1753] LOUISE ADELGUNDE VIKTORIE GOTTSCHED: *Sammlung aller Streitschriften, die neulich über das vorgebliche Gesetz der Natur, von der kleinsten Kraft in den Wirkungen der Körper, zwischen dem Präsidenten von Maupertuis zu Berlin, Herrn Professor König in Holland u. a. m. gewechselt worden. Unparteiisch ins Deutsche übersetzt*. Leipzig: Breitkopf 1753.
- [Gottschedin 1763] LOUISE ADELGUNDE VIKTORIE GOTTSCHED: *Der Frau Luise Adelgunde Victoria Gottschedinn geb. Kulmus Sämmtliche Kleine Gedichte. Recueil de petites pieces de Poesie de feu Mde. Gottsched, avec celles qui ont été composées à son honeur, & l’histoire de sa vie par M. Gottsched, son époux*. Leipzig: Breitkopf 1763.

- [Goy 2007] INA GOY: *Architektonik oder die Kunst der Systeme. Eine Untersuchung zur Systemphilosophie der „Kritik der reinen Vernunft“*. Paderborn: Mentis 2007.
- [Graf 1889] JOHANN HEINRICH GRAF: *Der Mathematiker Johann Samuel König und das Princip der kleinsten Aktion. Ein akademischer Vortrag*. Bern: Wyss 1889.
- [Gravesande 1720/21] WILLEM JACOB 'S GRAVESANDE: *Physices elementa mathematica, experimentis confirmata. Sive introductio ad philosophiam Newtonianam*, 2 Bde. Leyden: van der Aa & Balduinum 1720/21.
- [Gravesande 1722] WILLEM JACOB 'S GRAVESANDE: *Essai d'une nouvelle théorie sur le choc des corps*. Den Haag: Johnson 1722.
- [Gravesande 1727] WILLEM JACOB 'S GRAVESANDE: *Matheseos universalis elementa. Quibus accedunt, Specimen commentarii in Arithmetica Universalem Newtoni: ut & De determinanda Forma Seriei infinitae adsumtae Regula Nova*. Leyden: Luchtmans 1727.
- [Gravesande 1728] WILLEM JACOB 'S GRAVESANDE: *The Elements of Universal Mathematics, or Algebra: To which is added, A Specimen of a Commentary on Sir Isaac Newton's Universal Arithmetic. Containing, Demonstrations of his Method of finding Divisors, and of his Rule for extracting the Root of a Binomial. Also A New Rule for determining the Form of an Assum'd Infinite Series*. London: Paterson 1728.
- [Greenberg 1995] JOHN LEONARD GREENBERG: *The Problem of the Earth's Shape from Newton to Clairaut: the Rise of Mathematical Science in Eighteenth-Century Paris and the Fall of "Normal" Science*. Cambridge: Cambridge University Press 1995.
- [Grün 1999] KLAUS-JÜRGEN GRÜN: *Vom unbewegten Beweger zur bewegendem Kraft. Der pantheistische Charakter der Impetustheorie im Mittelalter*. Paderborn: Mentis 1999.
- [Guénon 1946] RENÉ GUÉNON: *Les Principes du Calcul infinitésimal*. Paris: Gallimard 1946.
- [Guerlac 1978] HENRY GUERLAC: "Amicus Plato and Other Friends." *Journal of the History of Ideas* 39/4 (1978): 627–633.
- [Guicciardini 2003] NICCOLÒ GUICCIARDINI: "Newton's Method and Leibniz' Calculus." In: Hans Niels Jahnke (Hg.): *A History of Analysis*. Providence, Rhode Island: American Mathematical Society Press 2003: 73–103.

- [Guicciardini 2009] NICCOLÒ GUICCIARDINI: *Isaac Newton on Mathematical Certainty and Method*. Cambridge, MA: MIT Press 2009.
- [Haas 1919] ARTHUR HAAS: „Die Axiomatik der modernen Physik.“ *Die Naturwissenschaften* 7/41 (1919): 744–750.
- [Hagengruber 1998] RUTH HAGENGRUBER (HG.): *Klassische philosophische Texte von Frauen. Texte vom 14. bis zum 20. Jahrhundert*. München: dtv 1998.
- [Hagengruber 1999] RUTH HAGENGRUBER: „Eine Metaphysik in Briefen. Emilie du Châtelet an Maupertuis.“ In: Hartmut Hecht (Hg.): *Pierre Louis Moreau de Maupertuis. Eine Bilanz nach 300 Jahren*. Berlin: Arno Spitz/Baden-Baden: Nomos 1999: 189–211.
- [Hagengruber 2002] RUTH HAGENGRUBER: „Gegen Rousseau und für die Physik: Gabrielle Emilie du Châtelet (1706–1749). Das Leben einer Wissenschaftlerin im Zeitalter der Aufklärung.“ *Konsens* 18 (2002): 27–30.
- [Hagengruber 2011a] RUTH HAGENGRUBER (HG.): *Von Diana zu Minerva. Philosophierende Aristokratinnen des 17. und 18. Jahrhunderts*. Berlin: Akademie-Verlag 2011.
- [Hagengruber 2011b] RUTH HAGENGRUBER: „Das Glück der Vernunft. Emilie du Châtelets Reflexionen über die Moral.“ In: Ruth Hagengruber (Hg.): *Von Diana zu Minerva. Philosophierende Aristokratinnen des 17. und 18. Jahrhunderts*. Berlin: Akademie-Verlag 2011: 111–127.
- [Hagengruber 2012a] RUTH HAGENGRUBER (HG.): *Émilie du Châtelet Between Leibniz and Newton*. Dordrecht u. a.: Springer 2012.
- [Hagengruber 2012b] RUTH HAGENGRUBER: “Emilie du Châtelet Between Leibniz and Newton: The Transformation of Metaphysics.” In: Ruth Hagengruber (Hg.): *Emilie du Châtelet Between Leibniz and Newton*. Dordrecht u. a.: Springer 2012: 1–59.
- [Hagengruber/Hecht 2014] RUTH HAGENGRUBER/HARTMUT HECHT (HGG.): *Émilie du Châtelet und die Deutsche Aufklärung*. Hildesheim u. a.: Olms 2014 [im Erscheinen].
- [Hakfoort 1982] CASPER HAKFOORT: “Christian Wolff tussen Cartesianen en Newtonianen.” *Tijdschrift voor de Geschiedenis der Geneeskunde, Natuurwetenschappen, Wiskunde en Techniek* 5 (1982): 27–38.

- [Halfwassen 2000] JENS HALFWASSEN: „Der Demiurg. Seine Stellung in der Philosophie Platons und seine Deutung im antiken Platonismus.“ In: Ada B. Neschke-Hentschke (Hg.): *Le Timée de Platon: Contributions À L’Histoire de Sa Réception (= Platons Timaios. Beiträge zu seiner Rezeptionsgeschichte.)* Louvain u. a.: Peeters 2000: 39–61.
- [Hall 1980] A. RUPERT HALL: *Philosophers at War: The Quarrel between Newton and Leibniz*. Cambridge: Cambridge University Press 1980.
- [Hall 1992] ALFRED RUPERT HALL: *Isaac Newton. Adventurer in Thought*. Cambridge: Cambridge University Press 1992.
- [Hamel 1910] FRANK HAMEL: *An Eighteenth Century Marquise: A Study of Emilie du Châtelet and Her Times*. London: Stanley Paul & Company 1910.
- [Hankins 1990] THOMAS L. HANKINS: *Jean D’Alembert: Science and the Enlightenment*. London: Taylor & Francis 1990.
- [Hanley 1991] WILLIAM HANLEY: “Voltaire, Newton, and the Law.” *Library* 13/1 (1991): 48–65.
- [Harman 1988a] PETER M. HARMAN: “Newton to Maxwell: The Principia and British Physics.” *Notes and Records of the Royal Society of London* 42 (1988): 75–96.
- [Harman 1988b] PETER M. HARMAN: “Dynamics and Intelligibility: Bernoulli and McLaurin.” In: Roger S. Woolhouse (Hg.): *Metaphysics and Philosophy of Science in the Seventeenth and Eighteenth Centuries. Essays in Honour of Gerd Buchdahl*. Dordrecht: Kluwer 1988: 213–225.
- [Harper 2011] WILLIAM L. HARPER: *Isaac Newton’s Scientific Method: Turning Data into Evidence about Gravity and Cosmology*. Oxford u. a.: Oxford University Press 2011.
- [Hartbecke 2005] KARIN HARTBECKE: „Der Timaios in der französischen Aufklärung.“ In: Thomas Leinkauf/Carlos G. Steel (Hgg.): *Platons Timaios als Grundtext der Kosmologie in Spätantike, Mittelalter und Renaissance (= Plato’s Timaeus and the Foundations of Cosmology in Late Antiquity, the Middle Ages and Renaissance)*. Leuven: Leuven University Press 2005: 453–480.
- [Harth 1992] ERICA HARTH: *Cartesian Women: Versions and Subversions of Rational Discourse in the Old Regime*. Ithaca: Cornell University Press 1992.

- [Hartmann 1737] GEORG VOLCKMAR HARTMANN: *Anleitung zur Historie der Leibnitzsch-Wolffischen Philosophie*. Hildesheim u. a.: Olms 1973 (= Christian Wolff: Gesammelte Werke, III. Abteilung: Materialien und Dokumente, Bd. 4).
- [Häseler 1993] JENS HÄSELER: *Ein Wanderer zwischen den Welten, Charles Etienne Jordan (1700–1745)*. Sigmaringen: Thorbecke 1993.
- [Häseler 2003] JENS HÄSELER: « Formey et Crousaz, ou comment fallait-il combattre le scepticisme? » In: Gianni Paganini (Hg.): *The Return of Scepticism: From Hobbes and Descartes to Bayle*. Dordrecht: Kluwer 2003: 449–462.
- [Hasse/Scholz 1928] HELMUT HASSE/HEINRICH SCHOLZ: *Die Grundlagentheorie der griechischen Mathematik*. Berlin: Pan-Verlag 1928.
- [Hausherr/Stork 1999] REINER HAUSHERR/HANS-WALTER STORK (HGG.): *Bible moralisée. Codex Vindobonensis 2554 der Österreichischen Nationalbibliothek*, 3. Aufl. Graz: Akad. Dr.- u. Verl.-Anst. 1999.
- [Hayes 1999] JULIE CANDLER HAYES: *Reading the French Enlightenment: System and Subversion*. Cambridge: Cambridge University Press 1999.
- [Hecht 1991] HARTMUT HECHT: „Leibniz’ Kategorie des Maßes.“ In: Hartmut Hecht (Hg.): *Gottfried Wilhelm Leibniz im philosophischen Diskurs über Geometrie und Erfahrung*. Berlin: Akademie-Verlag 1991: 130–161.
- [Hecht 1999a] HARTMUT HECHT (HG.): *Pierre Louis Moreau de Maupertuis. Eine Bilanz nach 300 Jahren*. Berlin: Arno Spitz/Baden-Baden: Nomos 1999.
- [Hecht 1999b] HARTMUT HECHT: „Neue Dimensionen wissenschaftlicher Reisen im 18. Jahrhundert. Maupertuis’ Lapplandexpedition.“ *Berichte zur Wissenschaftsgeschichte* 22 (1999): 81–93.
- [Hecht 2012] HARTMUT HECHT: “In the Spirit of Leibniz – Two Approaches from 1742.” In: Ruth Hagengruber (Hg.): *Emilie du Châtelet Between Leibniz and Newton*. Dordrecht u. a.: Springer 2012: 61–75.
- [Heinekamp 1986] ALBERT HEINEKAMP (HG.): *Beiträge zur Wirkungs- und Rezeptionsgeschichte von Gottfried Wilhelm Leibniz*. Wiesbaden u. a.: Steiner 1986.

- [Heisenberg 1927] WERNER HEISENBERG: „Über den anschaulichen Inhalt der quantentheoretischen Kinematik und Mechanik.“ *Zeitschrift für Physik* 43:3/4 (1927): 172–198.
- [Helbig 2004] HOLGER HELBIG: *Naturgemäße Ordnung. Darstellung und Methode in Goethes Lehre von den Farben*. Köln u. a.: Böhlau 2004.
- [Hellwig 2008] MARION HELLWIG: *Alles ist gut: Untersuchungen zur Geschichte einer Theodizee-Formel im 18. Jahrhundert in Deutschland, England und Frankreich*. Würzburg: Königshausen & Neumann 2008.
- [Helmholtz 1875] HERMANN VON HELMHOLTZ: „Wirbelstürme und Gewitter.“ In: Hermann von Helmholtz: *Reden und Vorträge*, Bd. 2. Braunschweig: Vieweg 1884: 139–164.
- [Helmholtz 1886] HERMANN VON HELMHOLTZ: „Über die physikalische Bedeutung des Prinzips der kleinsten Wirkung.“ *Journal für Mathematik* 100 (1886): 137–166, 213–222.
- [Henn 1976] CLAUDIA HENN: „Sinnreiche Gedanken‘. Zur Hermeneutik des Chladenius.“ *Archiv für Geschichte der Philosophie* 58/3 (1976): 240–264.
- [Hentschel 2003] KLAUS HENTSCHEL: „Der Vergleich als Brücke zwischen Wissenschaftsgeschichte und Wissenschaftstheorie.“ *Journal for General Philosophy of Science* 34 (2003): 251–175.
- [Hentschel 2005] KLAUS HENTSCHEL: „Die Pariser Preisschriften Voltaires und der Marquise du Châtelet von 1738 über die Natur und Ausbreitung des Feuers.“ In: Susan Splinter/Sybille Gerstengarbe/Horst Remane u. a. (Hgg.): *Physica et Historia. Festschrift für Andreas Kleinert zum 65. Geburtstag*. Halle: Leopoldina 2005: 175–186.
- [Hesselink 2010] PAULIEN HESSELINK: *La marquise Mathématicienne. Émilie du Châtelet et les Principia mathematica de Newton*. Master en langue et culture française: Orientation Vertalen, Université d’Utrecht 2010. Online abrufbar auf dem Publikationsserver *IGITUR* der Universitätsbibliothek Utrecht: <http://igitur-archive.library.uu.nl/student-theses/2011-0112-200336/UUindex.html> [10.12.2013].
- [Hiebert 1962] ERWIN N. HIEBERT: *Historical Roots of the Principle of the Conservation of Energy*. Madison: University of Wisconsin State Historical Society 1962.

- [Higgitt 2007a] REBEKAH HIGGITT: *Recreating Newton: Newtonian Biography and the Making of Nineteenth-Century History of Science*. London: Pickering & Chatto 2007.
- [Higgitt 2007b] REBEKAH HIGGITT: “Discriminating Days? Partiality and Impartiality in Nineteenth-Century Biographies of Newton.” In: Thomas Söderqvist (Hg.): *The Poetics of Biography in Science, Technology and Medicine*. Aldershot: Ashgate 2007: 155–172.
- [Hoffmann 1866] LUDWIG HOFFMANN: *Mathematisches Wörterbuch: Alphabetische Zusammenstellung sämmllicher in die mathematischen Wissenschaften gehörender Gegenstände in erklärenden und beweisenden synthetisch und analytisch bearbeiteten Abhandlungen*, Bd. 5. Berlin: Wiegandt & Hempel 1866.
- [Honnefelder 1990] LUDGER HONNEFELDER: *Scientia transcendens: Die formale Bestimmung der Seiendheit und Realität in der Metaphysik des Mittelalters und der Neuzeit*. Hamburg: Meiner 1990.
- [Howald-Haller 1999] MARIO HOWALD-HALLER: „Maupertuis’ Messungen in Lappland.“ In: Hartmut Hecht (Hg.): *Pierre Louis Moreau de Maupertuis. Eine Bilanz nach 300 Jahren*. Berlin: Arno Spitz/Baden-Baden: Nomos 1999: 71–88.
- [Hutter/Böhme 1989] KOLUMBAN HUTTER/GERNOT BÖHME (HGG.): *Die Anfänge der Mechanik: Newtons Principia gedeutet aus ihrer Zeit und ihrer Wirkung auf die Physik*. Berlin u. a.: Springer 1989.
- [Hutton 2004a] SARAH HUTTON: “Emilie du Châtelet’s *Institutions de physique* as a Document in the History of French Newtonianism.” *Studies in History and Philosophy of Science (Part A)* 35 (2004): 515–531.
- [Hutton 2004b] SARAH HUTTON: “Women, Science and Newtonianism: Emilie du Châtelet Versus Francesco Algarotti.” In: JAMES E. FORCE/SARAH HUTTON (HGG.): *Newton and Newtonianism: New Studies*. New York u. a.: Kluwer 2004: 183–203.
- [Hutton 2012] SARAH HUTTON: “Between Newton and Leibniz: Emilie du Châtelet and Samuel Clarke.” In: Ruth Hagengruber (Hg.): *Emilie du Châtelet Between Leibniz and Newton*. Dordrecht u. a.: Springer 2012: 61–75.
- [Huyghens 1703] CHRISTIAAN HUYGHENS: *Opuscula Postuma*. Leiden: Bouwesteyn 1703.

- [Ilfte 2007] ROBERT ILFFE: *Isaac Newton. A Very Short Introduction*. Oxford u. a.: Oxford University Press 2007.
- [Iltis 1971] CAROLYN ILTIS [MERCHANT]: “Leibniz and the vis viva Controversy.” *Isis* 62 (1971): 21–35.
- [Iltis 1977] CAROLYN ILTIS [MERCHANT]: “Madame du Châtelet’s Metaphysics and Mechanics.” *Studies in History and Philosophy of Science (Part A)* 8 (1977): 29–48.
- [Isely 1894] LOUIS ISELY: *Les femmes mathématiciennes: conférence académique du 23. février 1892 Hypathie, Emilie Du Châtelet, Marie Agnesi, Sophie Germain, Sophie Kowalewska*. Neuchâtel: Impr. Nouvelle 1894.
- [Iverson 2006] JOHN IVERSON: “A Female Member of the Republic of Letters: Du Châtelet’s Portrait in the Bilder-Sal [...] Berühmter Schriftsteller.” In: Judith P. Zinsser/Julie C. Hayes (Hgg.): *Émilie Du Châtelet: Rewriting Enlightenment Philosophy and Sciences*. Oxford: Voltaire Foundation 2006: 35–64.
- [Iverson 2008] JOHN IVERSON: « Émilie Du Châtelet, Louise Gottsched et la Société des Aléthophiles: une traduction allemande de l’échange au sujet des forces vives. » In: Ulla Kölving/Olivier Courcelle (Hgg.): *Émilie Du Châtelet. Éclairages & documents nouveaux*. Paris: Ferney-Voltaire (Centre international d’étude du XVIIIe siècle) 2008: 283–300.
- [Jammer 1964] MAX JAMMER: *Der Begriff der Masse in der Physik*. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft 1964.
- [Janiak 2007] ANDREW JANIAC: “Newton and the Reality of Force.” *Journal for the History of Philosophy* 45 (2007): 127–147.
- [Janiak/Schliesser 2012] ANDREW JANIAC/ERIC SCHLIESSER (HGG.): *Interpreting Newton. Critical Essays*. Cambridge, MA: Cambridge University Press 2012.
- [Janssens-Knorsch 1986] UTA JANSSENS-KNORSCH: „Jean Deschamps, Wolff-Übersetzer und ‚Aléthophile français‘ am Hofe Friedrichs des Großen.“ In: Werner Schneiders (Hg.): *Christian Wolff 1679–1754. Interpretationen zu seiner Philosophie und deren Wirkung. Mit einer Bibliographie der Wolff-Literatur*, 2. Aufl. Hamburg: Meiner 1986: 254–265.
- [Janssens-Knorsch 1988] UTA JANSSENS-KNORSCH: „Heldenverehrung und Kritik: Friedrich der Große in den Augen seines französischen Untergebenen

- Jean Des Champs.“ In: Jürgen Ziechmann (Hg.): *Fridericianische Miniaturen*, Bd. 1. Bremen: Ziechmann 1988: 65–80.
- [Janssens-Knorsch 1990] UTA JANSSENS-KNORSCH: *The Life and “Mémoires Secrets” of Jean Des Champs (1707–1767): Journalist, Minister, and Man of Feeling*. Amsterdam u. a.: APA-Holland University Press 1990.
- [Jäsche 1816] GOTTLOB BENJAMIN JÄSCHE: *Einleitung zu einer Architectonik der Wissenschaften. Nebst einer Skiagraphie und allgemeinen Tafel des gesammten Systems menschlicher Wissenschaften nach architektonischem Plane: zunächst zum Gebrauche für seine encyclopädischen Vorlesungen*. Dorpat: Schönmann 1816.
- [Jauch 1990] URSULA PIA JAUCH: *Damenphilosophie & Männermoral. Von Abbé de Gerard bis Marquis de Sade. Ein Versuch über die lächelnde Vernunft*. Wien: Passagen Verlag 1990.
- [Jauch 1998] URSULA PIA JAUCH: *Jenseits der Maschine. Philosophie, Ironie und Ästhetik bei Julien Offray de La Mettrie (1709–1751)*. München u. a.: Hanser 1998.
- [Jehl 1998] RAINER JEHL: „Jacob Brucker und die ‚Encyclopédie‘“ In: Wilhelm Schmidt-Biggemann/Theo Stammen (Hgg.): *Jacob Brucker (1696–1770): Philosoph und Historiker der europäischen Aufklärung*. Berlin: Akademie-Verlag 1998: 234–256.
- [Jöcher 1750] CHRISTIAN GOTTLIEB JÖCHER (HG.): *Allgemeines Gelehrten-Lexicon, Darinne die Gelehrten aller Stände sowohl männ- als auch weiblichen Geschlechts, welche vom Anfang der Welt bis auf ietziige Zeit gelebt, und sich der gelehrten Welt bekannt gemacht, Nach ihrer Geburt, Leben, merckwürdigen Geschichten, Absterben und Schrifften aus den glaubwürdigsten Scribenten in alphabetischer Ordnung beschrieben werden*, 1. Theil: A–C. Hildesheim u. a.: Olms 1960 (= Reprint der Ausg. Leipzig: Gleditsch 1750).
- [Joly 2001] BERNARD JOLY: « Les théories du feu de Voltaire et madame Du Châtelet. » In: François de Gandt (Hg.): *Cirey dans la vie intellectuelle. La réception de Newton en France*. Oxford: Voltaire Foundation 2001: 212–237.
- [Jourdain 1913] PHILIP EDWARD BERTRAND JOURDAIN: *The Principle of Least Action*. Chicago: Open Court Pub. Co. 1913.
- [Jurin 1732] JAMES JURIN: *Dissertationes physico-mathematicae*. London: In-nys 1732.

- [Jurin 1744] JAMES JURIN: “An Inquiry into the Measure of the Force of Bodies in Motion: With a Proposal of an Experimentum Crucis, to Decide the Controversy about It.” *Philosophical Transactions* 43 (1744): 423–440.
- [Jurin 1746] JAMES JURIN: “Dynamical Principles, or Metaphysical Mechanical Principles.” *Philosophical Transactions* 44 (1746): 217–225.
- [Kahle 1735] LUDWIG MARTIN KAHLE: *Elementa logicae probabilium methodo mathematica in usum scientiarum et vitae adornata*. Greifswald u. a.: Weitbrecht 1741.
- [Kahle 1741] LUDWIG MARTIN KAHLE: *Vergleichung der Leibnitzischen und Neutonischen Metaphysik, wie auch verschiedener anderer philosophischer und mathematischer Lehren beyder Weltweisen, angestellt und dem Herrn von Voltaire entgegen gesetzt von Martin Kahle* Göttingen: Königl. Univ.-Buchhandlung 1741.
- [Kant AA I] IMMANUEL KANT: *Gedanken von der wahren Schätzung der lebendigen Kräfte und Beurtheilung der Beweise derer sich Herr von Leibnitz und andere Mechaniker in dieser Streitsache bedient haben welche die Kraft der Körper überhaupt betreffen*. In: Immanuel Kant: *Werke, Akademie-Textausgabe*, Bd. 1: *Vorkritische Schriften I: 1747–1756*. Berlin u. a.: de Gruyter 1968: 1–182.
- [Kant AA VIII] IMMANUEL KANT: *Gesammelte Schriften*, Bd. 8: *Abhandlungen nach 1781*, hg. v. der Königlich Preußischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin. Berlin: de Gruyter 1912.
- [Kant AA IX] IMMANUEL KANT: *Werke, Akademie-Textausgabe*, Bd. 9: *Logik, Physische Geographie, Pädagogik*. Berlin: de Gruyter 1968.
- [Kant KrV] IMMANUEL KANT: *Werkausgabe*, Bde. 3–4: *Kritik der reinen Vernunft*, hg. v. Wilhelm Weischedel. Frankfurt a. M.: Suhrkamp 1974.
- [Kant 1784] IMMANUEL KANT: „Beantwortung der Frage: Was ist Aufklärung.“ *Berlinische Monatschrift* 12 (1784): 481–494.
- [Kästner 1766] ABRAHAM GOTTHELF KÄSTNER: *Anfangsgründe der höhern Mechanik, welche von der Bewegung fester Körper besonders die praktischen Lehren enthalten*, 2. Aufl. Göttingen: Vanderhoeck & Ruprecht 1793.
- [Kavanagh 1850] JULIA KAVANAGH: *Woman in France During the Eighteenth Century*. London: Smith, Elder & Co. 1850.

- [Kavanagh 1862] JULIA KAVANAGH: *French Women of Letters: Biographical Sketches*, Bd. 1. London: Hurst and Blackett 1862.
- [Kawashima 1990] KEIKO KAWASHIMA: « La Participation de Madame du Châtelet à la Querelle sur les Forces Vives. » *Historia Scientiarum* 40 (1990): 9–28.
- [Keill 1701] JOHN KEILL: *Introductio ad veram physicam: seu Lectiones physicae habitae in Schola naturalis philosophiae Academiae oxoniensis, A.D. 1700. Quibus accedunt Christiani Hugenii theoremata de vi centrifuga & motu circulari demonstrata*, 6. Aufl. London: Typis academicis 1741.
- [Keill 1720] JOHN KEILL: *An Introduction to Natural Philosophy: Or, Philosophical Lectures Read in the University of Oxford, Anno Dom. 1700. To which are Added the Demonstrations of Monsieur Huygens's Theorems, Concerning the Centrifugal Force and Circular Motion*. London: Senex 1720.
- [Khamara 2006] EDWARD J. KHAMARA: *Space, Time, and Theology in the Leibniz-Newton Controversy*. Frankfurt a. M. u. a.: Ontos 2006.
- [King-Hele/Hall 1988] DESMOND G. KING-HELE/ALFRED RUPERT HALL (HGG.): *Newton's Principia and Its Legacy: Proceedings of a Royal Society Discussion Meeting Held on 30 June 1987*. London: Royal Society 1988.
- [Kirchhoff 1876] GUSTAV KIRCHHOFF: *Vorlesungen über mathematische Physik*, Bd. 1: Mechanik. Leipzig: Teubner 1876.
- [Kirchner 1907] FRIEDRICH KIRCHNER (HG.): *Wörterbuch der Philosophischen Grundbegriffe*, 5. Aufl., neu bearb. v. Carl Michaëlis. Leipzig: Dürr'sche Buchhandlung 1907.
- [Klein 1933] FELIX KLEIN: *Elementarmathematik vom höheren Standpunkt aus*, Bd. 1: *Arithmetik, Algebra, Analysis*, 4. Aufl., ausgearb. v. Ernst Hellinger. Berlin: Springer 1933.
- [Kleinbaum 1970] ABBY ROSE KLEINBAUM: *Jean Jacques Dortous de Mairan (1678–1771). A Study of an Enlightenment Scientist*. Ph. D. Thesis Columbia University 1970.
- [Kleinschmidt 2004] ERICH KLEINSCHMIDT: *Die Entdeckung der Intensität: Geschichte einer Denkfigur im 18. Jahrhundert*. Göttingen: Wallstein 2004.

- [Klens 1994] ULRIKE KLENS: *Mathematikerinnen im 18. Jahrhundert: Maria Gaetana Agnesi, Gabrielle-Emilie du Châtelet, Sophie Germain. Fallstudien zur Wechselwirkung von Wissenschaft und Philosophie im Zeitalter der Aufklärung*. Pfaffenweiler: Centaurus 1994.
- [Klopp 1860] ONNO KLOPP: *Der König Friedrich II. von Preussen und die deutsche Nation*. Schaffhausen: Hurter 1860.
- [Knabe 1978] PETER-ECKHARD KNABE: *Die Rezeption der französischen Aufklärung in den „Göttingischen gelehrten Anzeigen“ 1739–1779*. Frankfurt a. M.: Klostermann 1978.
- [Kneser 1928] ADOLF KNESER: *Das Prinzip der kleinsten Wirkung von Leibniz bis zur Gegenwart*. Leipzig: Teubner 1928.
- [Knobloch/Szabó 1976] EBERHARD KNOBLOCH/ISTVÁN SZABÓ: „Unbekannte Beiträge zum Streit um das wahre Kraftmaß.“ *Humanismus und Technik* 20/3 (1976): 89–128.
- [Kochiras 2009] HYLARIE KOCHIRAS: “Gravity and Newton’s Substance Counting Problem.” *Studies in History and Philosophy of Science (Part A)* 40 (2009): 267–280.
- [Köhler 2007] CORNELIA CAROLINE KÖHLER: *Frauengelehrsamkeit im Leipzig der Frühaufklärung. Möglichkeiten und Grenzen am Fallbeispiel des Schmähschriftenprozesses im Zusammenhang mit der Dichterkrönung Christiana Mariana von Zieglers*. Leipziger Universitätsverlag: Leipzig 2007.
- [Kölving 2008] ULLA KÖLVING: «Émilie Du Châtelet, bibliographie chronologique.» In: Ulla Kölving/Olivier Courcelle (Hgg.): *Émilie Du Châtelet. Éclairages & documents nouveaux*. Paris: Ferney-Voltaire (Centre international d’étude du XVIIIe siècle) 2008: 341–385.
- [Kölving/Courcelle 2008] ULLA KÖLVING/OLIVIER COURCELLE (HGG.): *Émilie Du Châtelet. Éclairages & documents nouveaux*. Paris: Ferney-Voltaire (Centre international d’étude du XVIIIe siècle) 2008.
- [Kondylis 2002] PANAJOTIS KONDYLIS: *Die Aufklärung im Rahmen des neuzeitlichen Rationalismus*. Hamburg: Meiner 2002.
- [König 1735a] JOHANN SAMUEL KÖNIG: „Epistola ad geometras.“ *Nova acta eruditorum* 8 [Aug.] (1735): 369–373.

- [König 1735b] JOHANN SAMUEL KÖNIG: „De nova quadam facili delineatu trajectoria, et de methodis, huc spectantibus, dissertatiuncula.“ *Nova acta eruditorum* 9 [Sept.] (1735): 400–411.
- [König 1738] JOHANN SAMUEL KÖNIG: „De centro inertiae atque gravitatis meditatiuncula prima.“ *Nova acta eruditorum* 1 [Jan.] (1738): 34–48.
- [König 1741a] JOHANN SAMUEL KÖNIG: *Die Figur der Erden, bestimmt durch die Beobachtungen der Herren von Maupertuis, Clairaut, Camus, le Monnier, von der Academie der Wissenschaften, und des Hrn. Abts Outhiers, Correspondents der gleichen Academie, in Begleitung des Herrn Celsius, Professor in der Astronomie zu Upsal, auf Ordre des Königs bey dem Polarzirkel angestellet durch Herrn von Maupertuis. Aus dem Französischen übersetzt, und mit Hrn. Celsius Untersuchung der Cassinischen Messungen vermehret.* Zürich: Heidegger und Compagnie 1741.
- [König 1741b] JOHANN SAMUEL KÖNIG: „Demonstratio brevis theorematis Cartesiani.“ *Nova acta eruditorum* 1 [Jan.] (1741): 33–35.
- [König 1744] JOHANN SAMUEL KÖNIG: « Lettre de Mr. Koenig* a Mr. A.B **** écrite de Paris à Berne le 29 novembre 1739 sur la Construction des Alvéoles des Abeilles, avec quelques Particularités Littéraires. » *Journal helvétique* 4 [Apr.] 1744: 353–363.
- [König 1749] JOHANN SAMUEL KÖNIG: *Oratio inauguralis, de optimis Wolfiana et Newtoniana, philosophandi methodis: earumque amico consensu.* Franeker: Gulielmus Coulon 1749.
- [König 1751] JOHANN SAMUEL KÖNIG: „De universali principio aequilibrü & motus, in vi viva reperto, deque nexu inter vim vivam & actionem, utriusque minimo, dissertatio.“ *Nova acta eruditorum* 3 [März] (1751): 125–135, 162–176.
- [König 1753] JOHANN SAMUEL KÖNIG: „Oratio inauguralis de optimis Wolfianae et Newtonianae philosophiae methodis earumque consensu, earumque amico consensu.“ *Museum helveticum: ad juvandas literas in publicos usus apertum* 28 (1753): 588–652.
- [König 1762] JOHANN SAMUEL KÖNIG: *Éléments de géométrie contenant les six premiers livres d'Euclide*, hg. v. Jean-Jacques Blassière. Den Haag: Pierre van Os 1762.

- [König 2010] TORSTEN KÖNIG: *Naturwissen, Ästhetik und Religion in Bernardin de Saint-Pierres Études de la Nature*. Frankfurt a.M. u. a.: Lang 2010.
- [Koser/Droysen 1908–1911] REINHOLD KOSER/HANS DROYSEN (HGG.): *Briefwechsel Friedrichs des Großen mit Voltaire*, 3 Bde. Leipzig: Hirzel 1908–1911.
- [Koyré 1951] ALEXANDRE KOYRÉ: « La gravitation universelle de Kepler à Newton. » *Archives Internationales d'Histoire des Sciences* 4 (1951): 638–653.
- [Koyré 1965] ALEXANDRE KOYRÉ: *Newtonian Studies*. Cambridge, MA: Harvard University Press 1965.
- [Koyré/Cohen 1961] ALEXANDRE KOYRÉ/I. BERNARD COHEN: “The Case of the Missing *Tanquam*. Leibniz, Newton & Clarke.” *Isis* 52/4 (1961): 555–566.
- [Koyré/Cohen 1972] ALEXANDRE KOYRÉ/I. BERNARD COHEN (HGG.): *Isaac Newton's Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica. The third edition (1726) with Variant Readings*, 2 Bde., hg. v. Alexandre Koyré u. I. Bernard Cohen. Cambridge, MA: Harvard University Press 1972.
- [Krämer 1991] SYBILLE KRÄMER: *Berechenbare Vernunft: Kalkül und Rationalismus im 17. Jahrhundert*. Berlin u. a.: de Gruyter 1991.
- [Krauss 1996] WERNER KRAUSS: „Ein Akademiesekretär vor 200 Jahren: Samuel Formey.“ In: Werner Krauss/Manfred Naumann/Martin Fontius (Hgg.): *Das wissenschaftliche Werk*, Bd. 7: *Aufklärung*, Teil 3: *Deutschland und Spanien*. Berlin u. a.: de Gruyter 1996: 203–215.
- [Kreimendahl 2007] LOTHAR KREIMENDAHL: „Empiristische Elemente im Denken Christian Wolffs.“ In: Jürgen Stolzenberg/Oliver-Pierre Rudolph (Hgg.): *Christian Wolff und die Europäische Aufklärung. Akten des 1. Internationalen Christian-Wolff-Kongresses in Halle (Saale) 4.–8. April 2004*. Hildesheim u. a.: Olms 2007: 95–112 (= Christian Wolff: *Gesammelte Werke*, III. Abteilung: *Materialien und Dokumente*, Bd. 101 [= *Wolffiana* II. 1]).
- [Krömer/Chin-Drian 2012] RALF KRÖMER/YANNICK CHIN-DRIAN (HGG.): *New Essays on Leibniz Reception: In Science and Philosophy of Science 1800–2000*. New York u. a.: Springer 2012.

- [Krug 1827] WILHELM TRAUOGOTT KRUG: *Allgemeines Handwörterbuch der philosophischen Wissenschaften nebst ihrer Literatur und Geschichte*, Bd. 1: A–E. Leipzig: Brockhaus 1827.
- [Kuhn 1959] THOMAS S. KUHN: “Energy Conservation as an Example of Simultaneous Discovery.” In: Marshall Clagett (Hg.): *Critical Problems in the History of Science*. Madison: University of Wisconsin Press 1959: 321–356.
- [Kuhn 1970] THOMAS S. KUHN: *The Structure of Scientific Revolutions*, 2. u. um das Postskriptum von 1969 erg. Aufl. Chicago: University of Chicago Press 1970.
- [Kuhn 2001] WILFRIED KUHN: *Ideengeschichte der Physik. Eine Analyse der Entwicklung der Physik im historischen Kontext*. Braunschweig u. a.: Vieweg 2001.
- [Kutschmann 1983] WERNER KUTSCHMANN: *Die Newtonsche Kraft. Metamorphose eines wissenschaftlichen Begriffs*. Stuttgart: Steiner 1983.
- [La Beaumelle 1856] LAURENT ANGLIVIEL DE LA BEAUMELLE: *Vie de Maupertuis, suivie des Lettres inédites de Frédéric le Grand et de Maupertuis*. Paris: Ledoyen 1856.
- [Lagrange 1788] JOSEPH LOUIS LAGRANGE: *Mécanique analytique*. Paris: Desaint 1788.
- [La Harpe 1955] JACQUELINE ELLEN VIOLETTE DE LA HARPE: *Jean-Pierre de Crousaz (1663-1750) et le conflit des idées au siècle des Lumières*. Berkeley u. a.: University of California Press 1955.
- [Lakatos 1982] IMRE LAKATOS: *Die Methodologie der wissenschaftlichen Forschungsprogramme*. Braunschweig u. a.: Vieweg 1982.
- [Lamarra 1990] ANTONIO LAMARRA (HG.): *L’Infinito in Leibniz. Problemi e Terminologia. Simposio internazionale del Lessico intellettuale europeo e della Gottfried-Wilhelm-Leibniz-Gesellschaft, Roma, 6–8 novembre 1986*. Rom: Ateneo 1990.
- [Lamarra 1999] ANTONIO LAMARRA: « Les traductions au XVIIIe siècle de la *Monadologie* de Leibniz. » In: Dominique Berlioz/Frédéric Nef (Hgg.): *L’actualité de Leibniz: les deux labyrinthes*. Stuttgart u. a.: Steiner 1999: 471–483.

- [Lamarra 2007] ANTONIO LAMARRA: « Contexte génétique et première réception de la *Monadologie*. Leibniz, Wolff et la doctrine de l'harmonie préétablie. » *Revue de Synthèse* 128/3–4 (2007): 311–323.
- [Lambert 1764] JOHANN HEINRICH LAMBERT: *Neues Organon oder Gedanken über die Erforschung und Bezeichnung des Wahren und dessen Unterscheidung vom Irrthum und Schein*. Leipzig: Wendler 1764.
- [Lambert 1770] JOHANN HEINRICH LAMBERT: *Beyträge zum Gebrauche der Mathematik und deren Anwendung*, Bd. 2. Berlin: Verlag des Buchladens der Realschule 1770.
- [Lambert 1771] JOHANN HEINRICH LAMBERT: *Anlage zur Architectonic, oder, Theorie des Einfachen und des Ersten in der philosophischen und mathematischen Erkenntniss*. Riga: Hartknoch 1771.
- [Lambert 1782] JOHANN HEINRICH LAMBERT: *Deutscher gelehrten Briefwechsel*, Bd. 1, hg. v. Johann III Bernoulli. Berlin u. a.: Bernoulli & Dessauer Buchhandlung der Gelehrten 1782.
- [La Mettrie 1747a] JULIEN OFFRAY DE LA METTRIE [ANON.]: *L'école de la volupté (dédié à Mme du Châtelet)*. Köln: Marteau 1747.
- [La Mettrie 1747b] JULIEN OFFRAY DE LA METTRIE [ANON.]: *Histoire naturelle de l'âme, traduite de l'anglais de M. Charp, par feu M.H.*** de l'Académie des sciences, etc. [...], et augmentée de la Lettre critique de M. de La Mettrie à mme la marquise Du Châtelet*. Oxford: Aux dépends de l'Auteur 1747.
- [La Mettrie 1748a] JULIEN OFFRAY DE LA METTRIE [ANON.]: *Traité de la vie heureuse, par Sénèque, avec un Discours du traducteur sur le même sujet*. Potsdam: Chretien Frederic Voss 1748.
- [La Mettrie 1748b] JULIEN OFFRAY DE LA METTRIE [ANON.]: *L'homme machine*. Leiden: Luzac 1748.
- [La Mettrie 1751a] JULIEN OFFRAY DE LA METTRIE: *L'art de jouir. Et quibus ipsa modis tractetur blanda voluptas*. Braunschweig: o. V. 1751.
- [La Mettrie 1751b] JULIEN OFFRAY DE LA METTRIE [ANON.]: *Das höchste Gut, oder des Herrn de la Mettrie Philosophische Gedanken über die Glückseligkeit*. Frankfurt a. M.: Junius 1751.

- [La Mettrie 1751c] JULIEN OFFRAY DE LA METTRIE [ANON.]: *Die Kunst die Wollust zu empfinden. Aus dem Französischen des Herrn Alethejus Demetrius übersetzt. Mit einer Zuschrift von dem Verfasser an den Herrn Professor Haller in Göttingen.* Braunschweig: o. V. 1751.
- [La Mettrie 1975] JULIEN OFFRAY DE LA METTRIE: *Discours sur le bonheur*, hg. v. John Falvey. Oxford: Voltaire Foundation 1975.
- [La Mettrie 1987a] JULIEN OFFRAY DE LA METTRIE: *Die Kunst, Wollust zu empfinden*, hg., übers. u. engl. v. Bernd A. Laska. Nürnberg: LSR-Verlag 1987.
- [La Mettrie 1987b] JULIEN OFFRAY DE LA METTRIE: « Lettre à la Marquise de Châtelet. » *Corpus. Revue de Philosophie* 5/6 (1987): 143–148.
- [Laplace 1814] PIERRE-SIMON DE LAPLACE: *Essai philosophique sur les probabilités.* Paris: Courcier 1814.
- [Laplace 1819] PIERRE-SIMON DE LAPLACE: *Des Grafen Laplace Philosophischer Versuch über Wahrscheinlichkeiten*, nach der dritten Pariser Auflage übersetzt von Friedrich Wilhelm Tonnies. Als wissenschaftliche Anleitung zur Berichtigung unserer Urtheile in Fällen der Ungewißheit, für Philosophen, Aerzte, Theologen, Naturforscher und Staatsmänner, mit erläuternden Anmerkungen herausgegeben von Karl Christian von Langsdorf. Heidelberg: Gross 1819.
- [Lascano 2011] MARCY P. LASCANO: “Emilie du Châtelet on the Existence and Nature of God: An Examination of Her Arguments in Light of Their Sources.” *British Journal for the History of Philosophy* 19/4 (2011): 741–758.
- [Lasswitz 1890] KURD LASSWITZ: *Geschichte der Atomistik vom Mittelalter bis Newton.* Hamburg: Voss 1890.
- [Lau 1999] VIKTOR LAU: *Erzählen und Verstehen: Historische Perspektiven der Hermeneutik.* Stuttgart: Königshausen & Neumann 1999.
- [Laudan 1968] LARRY LAUDAN: “A Postmortem on the Vis Viva Controversy.” *Isis* 59 (1968): 130–143.
- [Laursen 1996] JOHN CHRISTIAN LAURSEN: “Swiss Anti-skeptics in Berlin.” In: Martin Fontius/Helmut Holzhey (Hgg.): *Schweizer im Berlin des 18. Jahrhunderts.* Berlin: Akademie Verlag 1996: 261–281.

- [Lefèvre 2001] WOLFGANG LEFÈVRE (HG.): *Between Leibniz, Newton, and Kant: Philosophy and Science in the Eighteenth Century*. Dordrecht: Kluwer 2001.
- [Leibniz AA II, 1] GOTTFRIED WILHELM LEIBNIZ: *Sämtliche Schriften und Briefe*, Reihe II: *Philosophischer Briefwechsel*, Bd. 1: 1663–1685, 2., völlig neubearb., erg. u. erw. Aufl. Berlin: Akademie-Verlag 2006.
- [Leibniz AA II, 3] GOTTFRIED WILHELM LEIBNIZ: *Sämtliche Schriften und Briefe*, Reihe II: *Philosophischer Briefwechsel*, Bd. 3: 1695–1700. Berlin: Akademie-Verlag 2012.
- [Leibniz AA III, 5] GOTTFRIED WILHELM LEIBNIZ: *Sämtliche Schriften und Briefe*, Reihe III: *Mathematischer, Naturwissenschaftlicher und Technischer Briefwechsel*, Bd. 5: 1691–1693. Berlin: Akademie-Verlag 2003.
- [Leibniz AA III, 6] GOTTFRIED WILHELM LEIBNIZ: *Sämtliche Schriften und Briefe*, Reihe III: *Mathematischer, Naturwissenschaftlicher und Technischer Briefwechsel*, Bd. 6: 1694–Juni 1696. Berlin: Akademie-Verlag 2004.
- [Leibniz AA VI, 3] GOTTFRIED WILHELM LEIBNIZ: *Sämtliche Schriften und Briefe*, Reihe VI: *Philosophische Schriften*, Bd. 3: 1672–1676. Berlin: Akademie-Verlag 1981.
- [Leibniz AA VI, 6] GOTTFRIED WILHELM LEIBNIZ: *Sämtliche Schriften und Briefe*, Reihe VI: *Philosophische Schriften*, Bd. 6: *Nouveaux Essais*. Berlin: Akademie-Verlag 1990.
- [Leibniz AA VII, 5] GOTTFRIED WILHELM LEIBNIZ: *Sämtliche Schriften und Briefe*, Reihe VII: *Mathematische Schriften*, Bd. 5: *Infinitesimalmathematik 1674–1676*. Berlin: Akademie-Verlag 2008.
- [Leibniz GM IV] GOTTFRIED WILHELM LEIBNIZ: *Leibnizens mathematische Schriften*, Erste Abtheilung, Bd. 4: *Briefwechsel zwischen Leibniz, Wallis, Varignon, Guido Grandi, Zendrini, Hermann und Freiherrn von Tschirnhaus*, hg. v. Carl Immanuel Gerhardt. Halle: Schmidt 1859.
- [Leibniz GP II] GOTTFRIED WILHELM LEIBNIZ: *Die philosophischen Schriften von Gottfried Wilhelm Leibniz*, Bd. 2, hg. v. Carl Immanuel Gerhardt. Berlin: Weidmann 1879.
- [Leibniz 1671a] GOTTFRIED WILHELM LEIBNIZ: „Hypothesis Physica Nova, Qua Phaenomenarum Naturae plerorumque causae ab unico quodam

- universali motu, in globo nostro supposito, neque Tychonicis, neque Copernicanis aspernando, repetuntur.“ In: Gottfried Wilhelm Leibniz: *Sämtliche Schriften und Briefe*, Reihe VI: *Philosophische Schriften*, Bd. 2: 1663–1672. Berlin: Akademie-Verlag 1966: 219–257.
- [Leibniz 1671b] GOTTFRIED WILHELM LEIBNIZ: „Theoria Motus Abstracti seu Rationes Motuum universales, a sensu et Phaenomenis independetes.“ In: GOTTFRIED WILHELM LEIBNIZ: *Sämtliche Schriften und Briefe*, Reihe VI: *Philosophische Schriften*, Bd. 2: 1663–1672. Berlin: Akademie-Verlag 1966: 258–276.
- [Leibniz 1686] GOTTFRIED WILHELM LEIBNIZ: „Brevis demonstratio erroris memorabilis Cartesii.“ In: Gottfried Wilhelm Leibniz: *Sämtliche Schriften und Briefe*, Reihe VI: *Philosophische Schriften*, Bd. 4: 1677–Juni 1690, Teil C. Berlin: Akademie-Verlag 1999: 2027–2030.
- [Leibniz 1695a] GOTTFRIED WILHELM LEIBNIZ: *Specimen Dynamicum*. Lateinisch-Deutsch, hg. u. übers. v. Hans G. Dosch, Glenn W. Most u. Enno Rudolph. Hamburg: Meiner 1982.
- [Leibniz 1695b] GOTTFRIED WILHELM LEIBNIZ: « Système nouveau de la nature et de la communication des substances. » *Journal des Sçavans* 27. Juni/4. Juli (1695): 444–454, 455–462.
- [Leibniz 1702] GOTTFRIED WILHELM LEIBNIZ: « Extrait d’une lettre de M. Leibnitz à M. Varignon contenant l’explication de ce qu’on a rapporté de luy, dans les Mémoires de Trévoux des mois de novembre et decembre derniers. » *Journal des Sçavans* 20. März (1702): 297–302.
- [Leibniz 1707] GOTTFRIED WILHELM LEIBNIZ: „Dissertatio Epistolica de Philosophia Platonica ad Michaellem Gottlieb Hanschium.“ In: Christian Kortholt (Hg.): *Viri illustris Godefridi Guilielmi Leibnitii epistolae ad diversos*, Bd. 3. Leipzig: Breitkopf 1734: 64–70.
- [Leibniz 1710] GOTTFRIED WILHELM LEIBNIZ: *Essais de théodicée sur la bonté de dieu, la liberté de l’homme et l’origine du mal*. Amsterdam: Troyel 1710.
- [Leibniz 1713] GOTTFRIED WILHELM LEIBNIZ: „Epistula ad V. Cl. Christianum Wolfium, Professorem Matheseos Halensem, circa Scientiam Infiniti.“ *Acta eruditorum* 5/6 [Supplementa] (1713): 264–270.
- [Leibniz 1720a] GOTTFRIED WILHELM LEIBNIZ: *Des Herrn Gottfried Wilhelm von Leibnitz Lehrsätze über die Monadologie; ingleichen von Gott und*

seiner Existenz, seinen Eigenschaften und von der Seele des Menschen, wie auch dessen letzte Vertheidigung seines Systematis Harmoniae praestabilitae wider die Einwürffe des Herrn Bayle, übers. v. Heinrich Köhler. Frankfurt a. M.: Meyer 1720.

[Leibniz 1720b] GOTTFRIED WILHELM LEIBNIZ: *Merckwürdige Schrifften, welche auf gnädigsten Befehl Ihro Königl. Hoheit der Cron-Princessin von Wallis, zwischen dem Herrn Baron von Leibnitz und dem Herrn D. Clarke über besondere Materien der natürlichen Religion in Frantzösischer und Englischer Sprache gewechselt, und mit einer Vorrede Herrn Christian Wolfens, nebst einer Antwort Herrn Ludwig Philipp Thümmigs auf die fünffte Englische Schrift, wegen ihrer Wichtigkeit in teutscher Sprache heraus gegeben worden von Heinrich Köhlern*. Frankfurt a. M.: Meyer 1720.

[Leibniz 1734] GOTTFRIED WILHELM LEIBNIZ: *Viri illustris Godefridi Guilielmi Leibnitii epistolae ad diversos*, Bd. 3. Leipzig: Breitkopf 1734.

[Leibniz 1744] GOTTFRIED WILHELM LEIBNIZ: *Herrn Gottfried Wilhelms Freiherrn von Leibnitz Theodicee: das ist, Versuch von der Güte Gottes, Freiheit des Menschen, und vom Ursprunge des Bösen*, nach der 1744 ersch., mit Zus. u. Anm. v. Johann Christoph Gottsched erg., vierten Ausg. hg., kommentiert u. mit einem Anh. vers. v. Hubert Horstmann. Berlin: Akademie-Verlag 1996.

[Leibniz 1765] GOTTFRIED WILHELM LEIBNIZ: *Oeuvres philosophiques latines et françaises de feu Mr. de Leibnitz, tirées de ses Manuscrits qui se conservent dans la Bibliothèque royale à Hanovre*, hg. v. Rudolph Erich Raspe. Amsterdam u. a.: Schreuder 1765.

[Leibniz 1839] GOTTFRIED WILHELM LEIBNIZ: *God. Guil. Leibnitii Opera Philosophica quae exstant Latina Gallica Germanica omnia. Pars altera*, hg. v. Johann Eduard Erdmann. Berlin: Eichler 1839.

[Leibniz 1840] GOTTFRIED WILHELM LEIBNIZ: *God. Guil. Leibnitii Opera Philosophica quae exstant Latina Gallica Germanica omnia. Pars prior*, hg. v. Johann Eduard Erdmann. Berlin: Eichler 1840.

[Leibniz 1846] GOTTFRIED WILHELM LEIBNIZ: *Briefwechsel zwischen Leibniz, Arnauld und dem Landgrafen Ernst von Hessen-Rheinfels*, aus den Handschriften der Königl. Bibl. zu Hannover hg. v. Carl L. Grotefend. Hannover: Hahnsche Hofbuchhandlung 1846.

[Leibniz 1884] GOTTFRIED WILHELM LEIBNIZ: *Die Werke von Leibniz gemäß seinem handschriftlichen Nachlasse in der Königlichen Bibliothek zu*

Hannover durch die Munificenz Seiner Majestät des Königs von Hannover ermöglichte Ausgabe von Onno Klopp, Erste Reihe: Historisch-politische und staatswissenschaftliche Schriften, Bd. 11. Hannover: Klindworth's Verlag 1884.

- [Leibniz 1925] GOTTFRIED WILHELM LEIBNIZ: *Versuche in der Theodizee über die Güte Gottes, die Freiheit des Menschen und den Ursprung des Übels*, übers. u. mit Anm. vers. v. Arthur Buchenau. Hamburg: Meiner 1996 (= Reprint der Ausg. Leipzig: Meiner 1925).
- [Leibniz 1954] GOTTFRIED WILHELM LEIBNIZ: *Principes de la nature et de la grâce fondés en raison. Principes de la philosophie ou monadologie*, hg. v. André Robinet. Paris: Presses Universitaires de France 1954.
- [Leibniz 1989] GOTTFRIED WILHELM LEIBNIZ: *Werke: Philosophische Schriften*, Bd. 5, 2. Hälfte: Die Briefe von besonderem philosophischen Interesse. Die Briefe der zweiten Schaffensperiode, hg. u. übers. v. Werner Wiater. Darmstadt: Wiss. Buchges. 1989.
- [Leibniz 1994] GOTTFRIED WILHELM LEIBNIZ: *La réforme de la dynamique: De corporum concursu (1678) et autres textes*, hg. v. Michel Fichant. Paris: Vrin 1994.
- [Leibniz 1997] GOTTFRIED WILHELM LEIBNIZ: *Philosophischer Briefwechsel: Der Briefwechsel mit Antoine Arnauld*. Französisch–Deutsch, hg. u. übers. v. Reinhard Finster. Hamburg: Meiner 1997.
- [Leibniz 2002] GOTTFRIED WILHELM LEIBNIZ: *Monadologie und andere metaphysische Schriften, französisch-deutsch (= Discours de métaphysique; Monadologie; Principes de la nature et de la grâce fondés en raison)*, hg., übers., mit Einl., Anm. u. Registern vers. v. Ulrich Johannes Schneider. Hamburg: Meiner 2002.
- [Leibniz/Bernoulli 1745] GOTTFRIED WILHELM LEIBNIZ/JOHANN I. BERNOULLI: *Virorum Celeberr. Got. Gul. Leibnitii et Johan. Bernoullii Commercium Philosophicum et Mathematicum*, 2 Bde. Lausanne u. a.: Bousquet 1745.
- [Leinkauf 2012] THOMAS LEINKAUF: *Einheit, Natur, Geist. Beiträge zu metaphysischen Grundproblemen im Denken von Gottfried Wilhelm Leibniz*. Berlin: trafo 2012.

- [L'Hospital 1696] GUILLAUME FRANÇOIS ANTOINE L'HOSPITAL: *Analyse des infiniment petits, pour l'intelligence des lignes courbese*, 2. Aufl. Paris: Montalant 1716.
- [Le Ru 2005] VÉRONIQUE LE RU: *Voltaire newtonien. Le combat d'un philosophe pour la science*. Paris: Vuibert 2005.
- [Le Sueur 1896] ACHILLE LE SUEUR (HG.): *Maupertuis et ses correspondants: Lettres inédites du grand Frédéric, du prince Henri de Prusse, de Labeaumelle, du président Henault, du Comte de Tressan, d'Euler, de Kaestner, de König, de Haller, de Condillac, de l'Abbé d'Olivet, du Maréchal d'Écosse, etc.* Montreuil-sur-Mer: Impr. Notre-Dame des Prés 1896.
- [Lewendoski 2004a] ALEXANDRA LEWENDOSKI (HG.): *Leibnizbilder im 18. und 19. Jahrhundert*. Stuttgart u. a.: Steiner 2004.
- [Lewendoski 2004b] ALEXANDRA LEWENDOSKI: „Reaktionsketten eines Leibnizverständnisses: Clarke, Newton, Voltaire, Kahle.“ In: Alexandra Lewendoski (Hg.): *Leibnizbilder im 18. und 19. Jahrhundert*. Stuttgart: Steiner 2004: 121–145.
- [Lichtenberg 1787] GEORG CHRISTOPH LICHTENBERG: *Vorlesungen zur Naturlehre. Lichtenbergs annotiertes Handexemplar der vierten Aufl. von Johann Christian Polykarp Erxleben: Anfangsgründe der Naturlehre*, hg. v. der Akademie der Wissenschaften zu Göttingen, bearb. v. Wiard Hinrichs, Albert Krayer u. Horst Zehe. Göttingen: Wallstein 2005.
- [Lind 1992] GUNTER LIND: *Physik im Lehrbuch 1700–1850. Zur Geschichte der Physik und ihrer Didaktik in Deutschland*. Berlin u. a.: Springer 1992.
- [Littrow 1835] JOSEPH JOHANN VON LITTRAW: *Geschichte der Entdeckung der allgemeinen Gravitation durch Newton*. Wien: Beck 1835.
- [Locke 1690] JOHN LOCKE: *An Essay Concerning Human Understanding, Collated and Annotated, with Prolegomena, Biographical, Critical, and Historical* by Alexander Campell Fraser, 2 Bde. Oxford: Clarendon Press 1894.
- [Locqueneux 1995] ROBERT LOCQUENEUX: « Les *Institutions de physique* de Madame Du Châtelet ou d'un traité de paix entre Descartes, Leibniz et Newton. » *Revue du Nord* 77 (1995): 859–892.
- [Lodge 2004] PAUL LODGE: *Leibniz and His Correspondents*. Cambridge, MA: Cambridge University Press 2004.

- [Lorenz 1986] MARTINA LORENZ: „Der Anteil Christian Wolffs an der Rezeption von Grundprinzipien der Newtonschen Physik in Deutschland zu Beginn des 18. Jahrhunderts: ein Beitrag zum Verhältnis von Physik und Frühaufklärung.“ *Historia Scientiarum* 31 (1986): 87–100.
- [Lorenz 1997] STEFAN LORENZ: *De Mundo Optimo. Studien zu Leibniz' Theodizee und ihrer Rezeption in Deutschland (1710–1791)*. Stuttgart: Steiner 1997.
- [Lorenz 2007] STEFAN LORENZ: „Auferstehung eines Leibes dessen Glieder wunderbarlich herum zerstreuet sind“. Leibniz-Renaissancen und ihre editorischen Reflexe.“ In: Annette Sell (Hg.): *Editionen – Wandel und Wirkung. Beiträge zur Fachtagung der „Arbeitsgemeinschaft philosophischer Editionen“, 21.–23. Februar 2005 in Bonn*. Tübingen: Niemeyer 2007: 65–92.
- [Lorhard 1606] JACOB LORHARD: *Ogdoas Scholastica, continens Diagraphen Typicam artium: Grammatices (Latinae, Graecae), Logices, Rhetorices, Astronomices, Ethices, Physices, Metaphysices, seu Ontologiae*. St. Gallen: Straub 1606.
- [Ludovici 1735–38] CARL GÜNTHER LUDOVICI: *Ausführlicher Entwurf einer vollständigen Historie der Wolffischen Philosophie*, 3 Bde. Leipzig: Löwe 1735–38.
- [Ludovici 1737] CARL GÜNTHER LUDOVICI: *Ausführlicher Entwurf einer vollständigen Historie der Leibnizischen Philosophie zum Gebrauch seiner Zuhörer herausgegeben*, 2 Bde. Hildesheim u. a.: Olms 1966 (= Reprint der Ausg. Leipzig: Löwe 1737).
- [Ludovici 1738] CARL GÜNTHER LUDOVICI: *Neueste Merckwürdigkeiten der Leibnitzisch-Wolffischen Weltweisheit*. Hildesheim u. a.: Olms 1973 (= Christian Wolff: *Gesammelte Werke*, III. Abteilung: *Materialien und Dokumente*, Bd. 3).
- [Maas 2012] AD MAAS: “The Man Who Erased Himself: Willem Jacob’s Gravesande and the Enlightenment.” In: Eric Jorink/Ad Maas (Hgg.): *Newton and the Netherlands: How Newton’s Ideas Entered the Continent*. Amsterdam: Amsterdam University Press 2012: 113–137.
- [Macarrón Machado 2009] MARÍA DE LOS ÁNGELES MACARRÓN MACHADO: «Madame du Châtelet. Leibniziana Malgrè Voltaire.» *Thémata. Revista Filosofía* 42 (2009): 51–75.

- [Mach 1883] ERNST MACH: *Die Mechanik in ihrer Entwicklung. Historisch-kritisch dargestellt*, hg. v. Horst-Heino von Borzeszkowski u. Renate Wahsner. Berlin: Akademie-Verlag 1988 (= Reprint der Ausg. Leipzig: Barth 1912⁷).
- [Mach 1905] ERNST MACH: *Erkenntnis und Irrtum. Skizzen zur Psychologie der Forschung*, 3. Aufl. Leipzig: Barth 1917.
- [MacLaurin 1724] COLIN MACLAURIN: « Démonstration des Loix du Choc des Corps ». *Pièces qui ont remporté le prix de l'Académie Royale des Sciences en 1724*. Paris: Jombert 1724: 1–24.
- [MacLaurin 1741] COLIN MACLAURIN: „Inquisitio physica in causam fluxus et refluxus maris.“ *Pièces qui ont remporté le prix de l'Académie Royale des Sciences en 1740*. Paris: Martin 1741: 193–234.
- [MacLaurin 1748] COLIN MACLAURIN: *An Account of Sir Isaac Newton's Philosophical Discoveries*. London: A. Millar and J. Nourse 1748.
- [Maier 1939] ANNELIESE MAIER: *Das Problem der intensiven Größe in der Scholastik (De Intensione et Remissione Formarum)*. Leipzig: Keller 1939.
- [Maier 1944] ANNELIESE MAIER: „Die scholastische Wesensbestimmung der Bewegung als forma fluens oder fluxus formae und ihre Beziehung zu Albertus Magnus.“ *Angelicum* 21 (1944): 97–111.
- [Maier 1967] ANNELIESE MAIER: „Galilei und die scholastische Impetustheorie.“ In: Anneliese Maier: *Ausgehendes Mittelalter. Gesammelte Aufsätze zur Geistesgeschichte des 14. Jahrhunderts*, Bd. 2. Rom: Storia e letteratura 1967: 465–490.
- [Mairan 1728] JEAN-JACQUES DORTOUS DE MAIRAN: *Dissertation sur l'estimation et la mesure des forces motrices des corps*. Paris: Jombert 1741 (= Reprint des gleichnamigen Aufsatzes in den *Mémoires de l'Académie des sciences* Paris 1728).
- [Mairan 1741] JEAN-JACQUES DORTOUS DE MAIRAN: *Lettre de MR. de Mairan, Secrétaire perpétuel de l'Académie Royale des Sciences, & c. à Madame la Marquise du Chastellet. Sur la question des forces vives, en réponse aux objections qu'elle lui fait sur ce sujet dans ses Institutions de physique*. Paris: Jombert 1741.
- [Mancosu 1996] PAOLO MANCOSU: *Philosophy of Mathematics & Manual Practice in the 17th Century*. Oxford: Oxford University Press 1996.

- [Mandelbrote 2004] SCOTT MANDELBROTE (HG.): *Newton and Newtonianism*. Amsterdam: Elsevier 2004 (= Special Issue of *Studies in History and Philosophy of Science*, September 2004).
- [Mandeville 1714] BERNARD MANDEVILLE: *The Fable of the Bees: or, Private Vices, Publick Benefits*. London: Roberts 1714.
- [Mandeville 1720] BERNARD MANDEVILLE: *Free Thoughts on Religion, the Church, and National Happiness*. London: Jauncy & Roberts 1720.
- [Mandeville 1924] BERNARD MANDEVILLE: *The Fable of the Bees: or, Private Vices, Publick Benefits*, 2 Bde, hg. v. Frederick Benjamin Kaye. Oxford: Clarendon Press 1924.
- [Marcolungo 2007] FERDINANDO LUIGI MARCOLUNGO (HG.): *Christian Wolff tra psicologia empirica e psicologia razionale Atti del seminario internazionale di studi, Verona, 13. bis 14. Mai 2005*. Hildesheim u. a.: Olms 2007 (= Christian Wolff: *Gesammelte Werke*, III. Abteilung: *Materialien und Dokumente*, Bd. 133 [= *Wolffiana III*]).
- [Martin 1973] GOTTFRIED MARTIN: *Platons Ideenlehre*. Berlin u. a.: de Gruyter 1973.
- [Martin 1999] JEAN-PIERRE MARTIN: « Pierre-Louis Moreau de Maupertuis: maitre d'oeuvre de l'expédition de Laponie (1736–1737). » In: Hartmut Hecht (Hg.): *Pierre Louis Moreau de Maupertuis. Eine Bilanz nach 300 Jahren*. Berlin: Arno Spitz/Baden-Baden: Nomos 1999: 57–69.
- [Martin-Robine 2006] FLORENCE MARTIN-ROBINE: *Histoire du principe de moindre action. Trois siècles de principes variationnels de Fermat à Feynman*. Paris: Vuibert 2006.
- [Maumiani 2001] MAURIZIO MAUMIANI: “To Twist the Meaning: Newton’s *Regulae Philosophandi* Revisited.” In: Jed Z. Buchwald/I. Bernard Cohen (Hgg.): *Isaac Newton’s Natural Philosophy*. Cambridge, MA: MIT Press 2001: 3–14.
- [Maupertuis 1732] PIERRE LOUIS MOREAU DE MAUPERTUIS: *Discours sur les différentes figures des astres*, 2. Aufl. Paris: Martin, Coignard & Guerin 1742.
- [Maupertuis 1738] PIERRE LOUIS MOREAU DE MAUPERTUIS: *La figure de la terre, déterminée par les observations de Messieurs de Maupertuis, Clairaut, Camus, Le Monnier, et de M. l’abbé Outhier, accompagnés de M. Celsius, faites par ordre du roy au cercle polaire*. Paris: Imprimerie Royale 1738.

- [Maupertuis 1740] PIERRE LOUIS MOREAU DE MAUPERTUIS: « Loi de repos des corps. » *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences* (1740): 170–176.
- [Maupertuis 1744] PIERRE LOUIS MOREAU DE MAUPERTUIS: « Accord de différentes loix de la nature qui avoient jusqu'ici paru incompatibles. » *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences* (1744): 417–426.
- [Maupertuis 1746] PIERRE LOUIS MOREAU DE MAUPERTUIS: « Les loix du mouvement et du repos déduites d'un principe métaphysique. » *Mémoires de l'Académie des Sciences de Berlin* 2 (1746): 267–294.
- [Mayer 1842] JULIUS ROBERT MAYER: „Bemerkungen über die Kräfte der unbelebten Natur.“ *Annalen der Chemie und Pharmazie* 42/5 (1842): 233–240.
- [Mazéas 1758] JEAN-MATHURIN MAZÉAS: *Elémens d'arithmétique, d'algèbre et de géométrie*. Paris: Mercier 1758.
- [Mazzotti 2008] MASSIMO MAZZOTTI: « Mme Du Châtelet académicienne de Bologne. » In: Ulla Kölving/Olivier Courcelle (Hgg.): *Émilie Du Châtelet. Éclairages & documents nouveaux*. Paris: Ferney-Voltaire (Centre international d'étude du XVIIIe siècle) 2008: 121–126.
- [McNiven Hine 1996] ELLEN MCNIVEN HINE: *Jean-Jacques Dortous de Mairan and the Geneva Connection. Scientific Networking in the Eighteenth Century*. Oxford: Voltaire Foundation 1996.
- [Meißner 1737] HEINRICH ADAM MEISSNER: *Philosophisches Lexicon, darinnen die Erklärungen und Beschreibungen aus des sal. tit. tot. hochberühmten Weltweisen, Herrn Christian Wolffens sämmtlichen teutschen Schrifften seines philosophischen Systematis sorgfältig zusammen getragen*. Bayreuth u. a.: Vierling 1737.
- [Meli 1993] DOMENICO BERTOLONI MELI: *Equivalence and Priority: Newton versus Leibniz. Including Leibniz's Unpublished Manuscript on the Principia*. Oxford: Clarendon Press 1993.
- [Meli 2006] DOMENICO B. MELI: “Inherent and Centrifugal Forces in Newton.” *Archive for History of Exact Sciences* 60/3 (2005): 319–335.
- [Menzel 1996] WOLFGANG WALTER MENZEL: *Vernakuläre Wissenschaft: Christian Wolffs Bedeutung für die Herausbildung und Durchsetzung des Deutschen als Wissenschaftssprache*. Tübingen: Niemeyer 1996.

- [Merian 1860] PETER MERIAN: *Die Mathematiker Bernoulli. Jubelschrift zur vierten Säkularfeier der Universität Basel*. Basel: Schweighauer'sche Univ.-Druckerei 1860.
- [Meyer 2007] URSULA I. MEYER: *Die andere Philosophiegeschichte*. Aachen: ein-FACH-verlag 2007.
- [Meyer 2009] URSULA I. MEYER: *Aufklärerinnen*. Aachen: ein-FACH-verlag 2009.
- [Minsinger 1832] FRANZ MINSINGER: *Lehrbuch der Arithmetik und Algebra*. Augsburg: Köllman'schen Buchhandlung 1832.
- [Mittelstraß 1995] JÜRGEN MITTELSTRASS: „Galilei als Methodologe.“ *Beiträge zur Wissenschaftsgeschichte* 18 (1995): 15–25.
- [Montucla 1758] JEAN-ÉTIENNE MONTUCLA: *Histoire des mathématiques*, Bd. 2. Paris: Jombert 1758.
- [Moriarty 2006] PAUL VEATCH MORIARTY: “The Principle of Sufficient Reason in Du Châtelet's Institutions.” In: Judith P. Zinsser/Julie C. Hayes (Hgg.): *Émilie Du Châtelet: Rewriting Enlightenment Philosophy and Sciences*. Oxford: Voltaire Foundation 2006: 203–225.
- [Morrison 2011] TESSA MORRISON: *Isaac Newton's Temple of Solomon and His Reconstruction of Sacred Architecture*. Basel u. a.: Springer 2011.
- [Mosheim 1741] GOTTLIEB CHRISTIAN MOSHEIM: *Metaphysik des Neuton oder Vergleichung der Meinungen des Herrn von Leibnitz und des Neutons*. Helmstedt: Weygand 1741.
- [Most 1984] GLENN W. MOST: „Zur Entwicklung von Leibniz' *Specimen dynamicum*.“ In: Albert Heinekamp (Hg.): *Leibniz' Dynamica*. Stuttgart u. a.: Steiner (1984): 148–163.
- [Nagel 1994] FRITZ NAGEL: „Schweizer Beiträge zu Leibniz-Editionen des 18. Jahrhunderts: die Leibniz-Handschriften von Johann Bernoulli und Jacob Hermann in den Briefwechseln von Bourguet, König, Kortholt und Cramer.“ In: Gottfried-Wilhelm-Leibniz-Gesellschaft (Hg.): *Leibniz in Europa. VI. Internationaler Leibniz-Kongreß. Hannover, 18. bis 23. Juli 1994*, Vorträge, I. Teil. Hannover: Gottfried-Wilhelm-Leibniz-Gesellschaft 1994: 525–533.
- [Nagel 1996] FRITZ NAGEL: „Die Mathematiker Bernoulli und Berlin.“ In: Martin Fontius/Helmut Holzhey (Hgg.): *Schweizer im Berlin des 18. Jahrhunderts*. Berlin: Akademie-Verlag 1996: 355–372.

- [Nagel 2012] FRITZ NAGEL: “‘Sancti Bernoulli orate pro nobis’. Emilie du Châtelet’s Rediscovered *Essai sur l’optique* and Her Relation to the Mathematicians from Basel.” In: Ruth Hagengruber (Hg.): *Emilie du Châtelet Between Leibniz and Newton*. Dordrecht u. a.: Springer 2012: 97–112.
- [Nernst 1922] WALTHER NERNST: „Zum Gültigkeitsbereich der Naturgesetze.“ *Die Naturwissenschaften* 10/21 (1922): 489–495.
- [Neumann 2012] HANNS-PETER NEUMANN: „Die Korrespondenz zwischen Christian Wolff und Ernst Christoph Graf von Manteuffel: Umfang, Bedeutung und Inhalt.“ *Denkströme. Journal der Sächsischen Akademie der Wissenschaften* 8 (2012): 74–84.
- [Newton 1661] ISAAC NEWTON: *Certain Philosophical Questions: Newton’s Trinity Notebook*, hg. v. James Edward McGuire and Martin Tamny. Cambridge: Cambridge University Press 1980.
- [Newton 1706] ISAAC NEWTON: *Optice: sive de reflexionibus, refractionibus, inflexionibus et coloribus lucis*, 3 Bde, ins Lateinische übers. v. Samuel Clarke. London: Smith & Walford 1706.
- [Newton 1707] ISAAC NEWTON: *Arithmetica Universalis; Sive de compositione et resolutione arithmetica liber*. Cambridge: Typis Academicus/London: Benjamin Tooke 1707.
- [Newton 1715] ISAAC NEWTON [ANON.]: “An Account of the Book Entituled *Commercium Epistolicum Collini & aliorum*.” *Philosophical Transactions* 29/2 (1715): 173–225.
- [Newton 1730] ISAAC NEWTON: *Opticks: or, a Treatise of the Reflections, Refractions, Inflections and Colours of Light*, with a Foreword by Albert Einstein, an Introduction by Sir Edmund Whittaker, a Preface by I. Bernard Cohen, and an Analytical Table of Contents Prepared by by Duane H. D. Roller. New York: Dover 1952 (= Reprint der Ausg. London: Innys 1730⁴).
- [Newton 1739–1742] ISAAC NEWTON: *Newtoni Principia Philosophiae, cum Commentario Perpetuo*, 3 Bde, hg. v. Thomas Le Seur u. François Jacquier. Genf: Barrillot 1739–1742.
- [Newton 1872] ISAAC NEWTON: *Mathematische Principien der Naturlehre*, hg. v. Jacob Philipp Wolfers. Berlin: Oppenheim 1872.
- [Newton 1959] ISAAC NEWTON: *The Correspondence of Isaac Newton*, Bd. 1: 1661–1675, hg. v. Herbert Westren Turnbull. Cambridge: Cambridge University Press 1959.

- [Newton 1960] ISAAC NEWTON: *The Correspondence of Isaac Newton*, Bd. 2: 1676–1687, hg. v. Herbert Westren Turnbull. Cambridge: Cambridge University Press 1960.
- [Newton 1962] ISAAC NEWTON: *Unpublished Scientific Papers of Isaac Newton: A Selection from the Portsmouth Collection in the University Library*, hg. v. A. Rupert Hall u. Marie Boas Hall. Cambridge: Cambridge University Press 1962.
- [Newton 1974] ISAAC NEWTON: *The Mathematical Papers of Isaac Newton*, Bd. 8: 1697–1722, hg. v. Derek Thomas Whiteside. Cambridge, MA: Cambridge University Press 1974.
- [Newton 1975] ISAAC NEWTON: *The Correspondence of Isaac Newton*, Bd. 5: 1709–1713, hg. v. Herbert Westren Turnbull, fortges. v. A. Rupert Hall u. Laura Tilling. London: Cambridge University Press 1975.
- [Newton 1981] ISAAC NEWTON: *The Mathematical Papers of Isaac Newton*, Bd. 6: 1684–1691, hg. v. Derek Thomas Whiteside. Cambridge, MA: Cambridge University Press 1981.
- [Newton 1982] ISAAC NEWTON: *Les principia de Newton. Genèse et structure des chapitres fondamentaux avec traduction nouvelle*, übers. u. hg. v. Marie-Françoise Biarnais. Paris: Centre de documentation sciences humaines 1982.
- [Newton 1985a] ISAAC NEWTON: *De Philosophiae Naturalis Principia Mathematica – Les principes mathématiques de la philosophie naturelle*, neu übers. u. hg. v. Marie-Françoise Biarnais. Paris: Blanchard 1985.
- [Newton 1985b] ISAAC NEWTON: *De la Gravitation ou Les Fondements de la Mécanique Classique*, übers. u. hg. v. Marie-Françoise Biarnais. Paris: Les Belles Lettres 1985.
- [Newton 1988] ISAAC NEWTON: *Über die Gravitation [...]: Texte zu den philosophischen Grundlagen der klassischen Mechanik*. Lateinisch–Deutsch, übers. u. erl. v. Gernot Böhme. Frankfurt a. M.: Klostermann 1988.
- [Newton 1989] ISAAC NEWTON: *The Preliminary Manuscripts for Isaac Newton's 1687 Principia, 1684–1685*, hg. v. Derek Thomas Whiteside. Cambridge, MA: Cambridge University Press 1989.
- [Newton 1999a] ISAAC NEWTON: *The Principia: Mathematical Principles of Natural Philosophy. Preceded by A Guide to Newton's Principia by I. B. Cohen*, übers. u. hg. v. I. Bernard Cohen u. Anne Whitman. Berkeley: University of California Press 1999.

- [Newton 1999b] ISAAC NEWTON: *Die mathematischen Prinzipien der Physik*, übers. u. hg. v. Volkmar Schüller. Berlin u. a.: de Gruyter 1999.
- [Newton 2004] ISAAC NEWTON): *Isaac Newton: Philosophical Writings*, hg. v. Andrew Janiak. Cambridge, MA: Cambridge University Press 2004.
- [Noack 1976] HERMANN NOACK: „Naturgemälde und Naturerkenntnis. Alexander von Humboldts ‚Kosmos‘ in problemgeschichtlicher Rückschau.“ In: Klaus Hammacher (Hg.): *Universalismus und Wissenschaft im Werk und Wirken der Brüder Humboldt*. Frankfurt a. M.: Klostermann 1976: 44–70.
- [Nussenzweig/Carneiro/Rosa 1989] MOISÉ NUSSENZVEIG/FERNANDO LUIZ LOBO CARNEIRO/LUIZ PINGUELLI ROSA (HGG.): *300 anos dos Principia de Newton*. Rio de Janeiro: Núcleo de Publicações COPPE: Dazibao 1989.
- [O’Neill 1998] EILEEN O’NEILL: “Disappearing Ink: Early Modern Philosophers and Their Fate in History.” In: Janet A. Kourany (Hg.): *Philosophy in a Feminist Voice: Critiques and Reconstructions*. Princeton: Princeton University Press 1998: 17–62.
- [Ostertag 1910] HEINRICH OSTERTAG (HG.): *Der philosophische Gehalt des Wolff-Manteuffelschen Briefwechsels*. Hildesheim u. a.: Olms 1980 (= Christian Wolff: Gesammelte Werke, III. Abteilung: Materialien und Dokumente, Bd. 14).
- [Otto 2011] RÜDIGER OTTO: „Gottscheds Leibniz.“ In: Friedrich Beiderbeck/Stephan Waldhoff (Hgg.): *Pluralität der Perspektiven und Einheit der Wahrheit im Werk von G. W. Leibniz: Beiträge zu seinem philosophischen, theologischen und politischen Denken*. Berlin: Akademie Verlag 2011: 191–263.
- [Paccioni 2007] JEAN-PAUL PACCIONI (HG.): *Leibniz, Wolff et les monades. Sciences et métaphysiques*. Paris: Centre National du Livre 2007 (= Revue de Synthèse 128/3–4).
- [Papin 1689] DENIS PAPIN: „De gravitatis causa et proprietatibus observationes.“ *Acta eruditorum* 4 [April] (1689): 183–188.
- [Papineau 1977] DAVID PAPINEAU: “The Vis Viva Controversy: Do Meanings Matter?” *Studies in History and Philosophy of Science (Part A)* 8/2 (1977): 111–142.
- [Pappus 1877] PAPPUS ALEXANDRINUS: *Pappi Alexandrini Collectiones quae supersunt*, Bd. 2, hg. v. Friedrich Otto Hultsch. Berlin: Weidmann 1877.

- [Paz 2001] BOGUSLAW PAZ: „Christian Wolffs Ontologie: ihre Voraussetzungen und Hauptdimensionen (mit besonderer Berücksichtigung der Philosophie von Gottfried Wilhelm Leibniz).“ In: Hans-Martin Gerlach (Hg.): *Christian Wolff. Seine Schule und seine Gegner*. Hamburg: Meiner 2001: 27–49.
- [Petersilka 2005] CORINA PETERSILKA: *Die Zweisprachigkeit Friedrichs des Großen. Ein linguistisches Porträt*. Tübingen: Max Niemeyer 2005.
- [Petry/Wielema 1997] MICHAEL J. PETRY/MICHIEL R. WIELEMA: „Antonius Brugmans (1732–1789). Bruggenbouwer in de Filosofie.“ In: Henri A. Krop/Han van Ruler/Arie Johan Vanderjagt (Hgg.): *Zeer kundige professoren: beoefening van de filosofie in Groningen van 1614 tot 1996*. Hilversum: Uitgeverij Verloren 1997: 135–148.
- [Planck 1915] MAX PLANCK: „Das Prinzip der kleinsten Wirkung.“ In: Paul Hinneberg (Hg.): *Die Kultur der Gegenwart. Ihre Entwicklung und ihre Ziele*, Teil 3, Abt. 3, Bd. 1: *Physik*. Leipzig: Teubner 1915: 692–702.
- [Playfair 1814] JOHN PLAYFAIR: „Review of « Essai Philosophique sur les Probabilités. Par M. le Compté Laplace ».“ *Edinburgh Review* 46 (1814): 320–340.
- [Pleschinski 1992] HANS PLESCHINSKI (HG.): *Aus dem Briefwechsel Voltaire – Friedrich der Große*. Zürich: Haffmanns 1992.
- [Poggendorff 1863] JOHANN CHRISTIAN POGGENDORFF: „Du Châtelet (Gabrielle-Émilie Le Tonnelier de Breteuil, marquise).“ In: Johann Christian Poggendorff (Hg.): *Biographisch-literarisches Handwörterbuch zur Geschichte der exacten Wissenschaften : enthaltend Nachweisungen über Lebensverhältnisse und Leistungen von Mathematikern, Astronomen, Physikern, Chemikern, Mineralogen, Geologen, Geographen usw. aller Völker und Zeiten*, Bd. 2. Leipzig: Barth 1863: 424–425.
- [Poleni 1718] GIOVANNI POLENI: *De Castellis per quae derivantur fluviorum aquae habentibus latera convergentia liber*. Padua: Cominus 1718.
- [Poser 2004] HANS POSER: „„Da ich wider Vermuthen gantz natürlich auf die vorher bestimmte Harmonie des Herrn von Leibnitz geführt ward, so habe ich dieselbe beybehalten.“ Christian Wolffs Rezeption der prästabilierten Harmonie.“ In: Alexandra Lewendoski (Hg.): *Leibnizbilder im 18. und 19. Jahrhundert*. Stuttgart: Steiner 2004: 49–64.
- [Pott 2002] SANDRA POTT: *Säkularisierung in den Wissenschaften seit der Frühen Neuzeit*, Bd. 1: *Medizin, Medizinethik und schöne Literatur: Studien*

zu Säkularisierungsvorgängen vom frühen 17. bis zum frühen 19. Jahrhundert. Berlin u. a.: de Gruyter 2002.

- [Powell 1834] BADEN POWELL: *History of Natural Philosophy from the Earliest Periods to the Present Time*. London: Longman & Co. 1834.
- [Primer 2001] BERNARD MANDEVILLE: *Free Thoughts on Religion, the Church, and National Happiness*, hg. v. Irwin Primer. New Brunswick u. a.: Transaction Books 2001.
- [Probst 2001] ERNST PROBST: *Superfrauen*, Bd. 5: *Wissenschaft. Biographien von Wissenschaftlerinnen in Wort und Bild*. Norderstedt: Grin 2001.
- [Proesler 1954] HANS PROESLER: „Chladenius als Wegbereiter der Wissenssoziologie.“ *Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie* 6 (1954): 617–622.
- [Pulte 1989] HELMUT PULTE: *Das Prinzip der kleinsten Wirkung und die Kraftkonzeptionen der rationalen Mechanik*. Stuttgart: Steiner 1989.
- [Pulte 2000] HELMUT PULTE: „Hypotheses (non) fingo? Das Wissenschaftsverständnis der Aufklärung im Spiegel ihrer Newton-Rezeption.“ In: Ryszard Rżanowski (Hg.): *Aktualität der Aufklärung*. Breslau: Wydawnictwo Uniwersytetu Wrocławskiego 2000: 77–106.
- [Pulte 2001] HELMUT PULTE: “Order of Nature and Orders of Science. Mathematical Philosophy of Nature from Newton and Euler to Kant and Lagrange: Some Observations and Reflections on Changing Concepts of Science.” In: Wolfgang Lefèvre (Hg.): *Between Leibniz, Newton, and Kant: Philosophy and Science in the Eighteenth Century*. Dordrecht: Kluwer 2001: 61–92.
- [Pulte 2005] HELMUT PULTE: *Axiomatik und Empirie. Eine wissenschaftstheoriegeschichtliche Untersuchung zur Mathematischen Naturphilosophie von Newton bis Neumann*. Darmstadt: Wiss. Buchgess 2005.
- [Pulte/Mandelbrote 2013] HELMUT PULTE/SCOTT MANDELBROTE (HGG.): *The Reception of Isaac Newton in Europe*, 3 Bde. New York: Continuum Publishing Corporation 2013.
- [Raabe 2007] PAUL RAABE: „Christian Wolff in Halle.“ In: Rudolph Stolzenberg/Olivier Pierre Rudolph (Hgg.): *Christian Wolff und die europäische Aufklärung*. Hildesheim u. a.: Olms 2007: 55–70 (= Christian Wolff: *Gesammelte Werke*, III. Abteilung: *Materialien und Dokumente* [= *Wolffiana* II. 1]).

- [Randall 1961] JOHN H. RANDALL: *The School of Padua and the Emergence of Modern Science*. Padua: Editrice Antenore 1961.
- [Rathlef 1743] ERNST LUDWIG RATHLEF: *Geschichte jetztlebender Gelehrten, als eine Fortsetzung des Jetztlebenden Gelehrten Europa*. Zelle: Deetz 1743.
- [Reichenberger 2012] ANDREA REICHENBERGER: “Leibniz’s Quantity of Force: A ‘Heresy’? Emilie du Châtelet’s *Institutions* in the Context of the *Viva Viva* Controversy.” In: Ruth Hagengruber (Hg.): *Émilie du Châtelet Between Leibniz and Newton*. Dordrecht u. a.: Springer 2012: 157–171.
- [Reinhard 2011] HANS G. REINHARD: *Admirabilis transitus a potentia ad actum: Leibniz’ Deutung des Aristotelischen Entelechiebegriffs*. Würzburg: Königshausen & Neumann 2011.
- [Rey 2008] ANNE-LISE REY: « La figure du leibnizianisme dans les *Institutions de Physique* de la Marquise du Châtelet. » In: Ulla Kölving/Olivier Courcelle (Hgg.): *Émilie Du Châtelet. Éclairages & documents nouveaux*. Paris: Ferney-Voltaire (Centre international d’étude du XVIIIe siècle) 2008: 229–240.
- [Rey 2007] ANNE-LISE REY: « Diffusion et Réception de la Dynamique. La correspondance entre Leibniz et Wolff. » *Revue de Synthèse* 128/3–4 (2007): 279–294.
- [Richel 1973] VERONICA C. RICHEL: *Luise Gottsched: A Reconsideration*. Bern u. a.: Lang 1973.
- [Ricken 1990] ULRICH RICKEN (HG.): *Sprachtheorie und Weltanschauung in der europäischen Aufklärung. Zur Geschichte der Sprachtheorien des 18. Jahrhunderts und ihrer europäischen Rezeption nach der Französischen Revolution*. Berlin: Akademie-Verlag 1990.
- [Ricken 1995] ULRICH RICKEN: „Christian Wolff und die Wissenschaftssprache der deutschen Aufklärung.“ In: Heinz Leonhard Kretzenbacher/Harald Weinrich (Hgg.): *Linguistik der Wissenschaftssprache*. Berlin u. a.: de Gruyter 1995: 41–90.
- [Ricken 1999] ULRICH RICKEN: „Christian Wolffs Einfluß auf die Wissenschaftssprache der deutschen Aufklärung.“ In: Lothar Hoffmann/Hartwig Kalverkämper/Herbert Ernst Wiegand (Hgg.): *Fachsprachen. Ein internationales Handbuch zur Fachsprachenforschung und Terminologiewissenschaft (= Languages for Special Purposes. An International Handbook of*

- Special-Language and Terminology Research*), Halbbd. 2. Berlin u. a.: de Gruyter 1999: 2430–2440.
- [Robinet 1957] ANDRÉ ROBINET (HG.): *Correspondance Leibniz-Clarke présentée d'après les manuscrits originaux des bibliothèques de Hanovre et de Londres*, hg. v. André Robinet. Paris: Presses Universitaires de France 1957.
- [Rodrigues 2011a] ANA RODRIGUES: „Emilie du Châtelet. Vom glücklichen Leben zur Freiheit des Denkens.“ In: Ruth Hagengruber (Hg.): *Von Diana zu Minerva. Philosophierende Aristokratinnen des 17. und 18. Jahrhunderts*. Berlin: Akademie-Verlag 2011: 97–107.
- [Rodrigues 2011b] ANA RODRIGUES: „Emilie du du Châtelet, Julien Offray de La Mettrie und Pierre Louis Moreau de Maupertuis im Zwiegespräch über das Glück.“ In: Ruth Hagengruber (Hg.): *Von Diana zu Minerva. Philosophierende Aristokratinnen des 17. und 18. Jahrhunderts*. Berlin: Akademie-Verlag 2011: 153–161.
- [Rodrigues 2012] ANA RODRIGUES: „Emilie du du Châtelet, a Bibliography, in: Ruth Hagengruber (Hg.): *Emilie du Châtelet Between Leibniz and Newton*. Dordrecht u. a.: Springer 2012: 207–246.
- [Rohault 1671] JACQUES ROHAULT: *Traité de physique*, 2 Bde, 6. Aufl. Paris: G. Desprez 1705.
- [Rohault 1728/29] JACQUES ROHAULT: *Rohault's System of Natural Philosophy: Illustrated with Dr. Samuel Clarke's Notes, Taken mostly out of Sir Isaac Newton's Philosophy*, 2 Bde, 2. Aufl. London: James and Knapton 1728/29.
- [Roldán 2007] CONCHA ROLDÁN: „Damenphilosophie und europäische *Querelle des Femmes* zur Zeit Wolffs.“ In: Jürgen Stolzenberg/Oliver-Pierre Rudolph (Hgg.): *Christian Wolff und die europäische Aufklärung. Akten des 1. Internationalen Christian-Wolff-Kongresses in Halle (Saale) 4.–8. April 2004*, Teil 3, Sektion: *Kosmologie*, Sektion 6: *Theologie*, Sektion 7: *Praktische Philosophie*. Hildesheim u. a.: Olms 2007: 145–161 (= Christian Wolff: *Gesammelte Werke*, III. Abteilung: *Materialien und Dokumente*, Bde. 103 [= *Wolffiana* II. 3]).
- [Ross 1990] GEORGE MACDONALD ROSS: „Are There Real Infinitesimals in Leibniz's Metaphysics?“ In: Antonio Lamarra (Hg.): *L'Infinito in Leibniz. Problemi e Terminologia. Simposio internazionale del Lessico intellettuale europeo e della Gottfried-Wilhelm-Leibniz-Gesellschaft, Roma, 6–8 novembre 1986*. Rom: Ateneo 1990: 125–142.

- [Rudersdorf 2007] MANFRED RUDERSDORF (HG.): *Johann Christoph Gottsched in seiner Zeit. Neue Beiträge zu Leben, Werk und Wirkung*. Berlin u. a.: de Gruyter 2007.
- [Ruf 1991] PETER RUF: „Aufgeklärter Absolutismus und expansive Machtpolitik. Das friderizianische Preußen 1740–1786.“ In: Manfred Schlenke (Hg.): *Preussische Geschichte: eine Bilanz in Daten und Deutungen*, 2. Aufl. Freiburg i. B. u. a.: Ploetz 1991: 163–168.
- [Runckel 1776] DOROTHEE HENRIETTE VON RUNCKEL (HG.): *Briefe der Frau Luise Adelgunde Victorie Gottsched, geborene Kulmus*, Bd. 1. Königsberg u. a.: Kanter 1776.
- [Rusnock 1996] ANDREA ALICE RUSNOCK (HG.): *The Correspondence of James Jurin (1684–1750). Physician and Secretary to the Royal Society*. Amsterdam u. a.: Rodopi 1996.
- [Rusnock 1999] ANDREA ALICE RUSNOCK: “Correspondence Networks and the Royal Society, 1700–1750.” *The British Journal for the History of Science* 32/2 (1999): 155–169.
- [Rutherford 1748] THOMAS RUTHERFORTH: *A System of Natural Philosophy: Being a Course of Lectures in Mechanics, Optics, Hydrostatics, and Astronomy*, Bd. 1. Cambridge: Bentham 1748.
- [Rynasiewicz 1995a] ROBERT RYNASIEWICZ: “By Their Properties, Causes and Effects: Newton’s Scholium on Time, Space, Place and Motion–I. The Text.” *Studies in the History and Philosophy of Science (Part A)* 26/1 (1995): 133–153.
- [Rynasiewicz 1995b] ROBERT RYNASIEWICZ: “By Their Properties, Causes and Effects: Newton’s Scholium on Time, Space, Place and Motion–II. The Context.” *Studies in the History and Philosophy of Science (Part A)* 26/2 (1995): 295–321.
- [Saigey 1873] ÉMILE SAIGEY: *Les sciences au XVIIIe siècle: la physique de Voltaire*. Paris: Baillière 1873.
- [Saisselein 2006] REMY G. SAISSÉLIN: “Portraiture and the Ambiguity of Being.” In: Judith P. Zinsser/Julie C. Hayes (Hgg.): *Émilie Du Châtelet: Rewriting Enlightenment Philosophy and Sciences*. Oxford: Voltaire Foundation 2006: 91–102.

- [Sakmann 1897] PAUL SAKMANN: *Bernard de Mandeville und die Bienenfabel-Controverse: Eine Episode in der Geschichte der englischen Aufklärung*. Freiburg i. B.: Siebeck 1897.
- [Saltzer 2000] WALTER G. SALTZER: „Trägheit ohne Masse? Zu Descartes' *Principia Philosophiae* und Newtons Axiomatik.“ In: Wilhelm-Friedrich Niebel/Angelica Horn/Herbert Schnädelbach (Hgg.): *Descartes im Diskurs der Neuzeit*. Frankfurt a. M.: Suhrkamp 2000: 33–50.
- [Schaffer 1995] SIMON SCHAFFER: “The Show that Never Ends: Perpetual Motion in the Early Eighteenth Century.” *The British Journal for the History of Science* 28/2 (1995): 157–189.
- [Scheuchzer 1701] JOHANN JACOB SCHEUCHZER: *Physica, oder Natur-Wissenschaft*. Zürich: Bodmer 1701.
- [Schliesser 2011] ERIC SCHLIESSER: “Without God: Gravity as a Relational Quality in Newton's *Treatise*.” In: Dana Jalobeanu/Peter Anstey (Hgg.): *Vanishing Matter and the Laws of Motion: Descartes and Beyond*. New York: Routledge 2011: 80–102.
- [Schmidt 2010] URSULA SCHMIDT: *Wie wissenschaftliche Revolutionen zustande kommen: Von der vorkopernikanischen Astronomie zur Newtonschen Mechanik*. Würzburg: Königshausen & Neumann 2010.
- [Smith 1805] ADAM SMITH: *An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations, With Notes, Supplementary Chapters and a Life of Dr. Smith by William Playfair*, 3 Bde, 11. Aufl. London: Cadell and Davies 1805.
- [Schmitz 1997] MARKUS SCHMITZ: *Euklids Geometrie und ihre mathematiktheoretische Grundlegung in der neuplatonischen Philosophie des Proklos*. Würzburg: Königshausen & Neumann 1997.
- [Schmitz 2007] MARKUS SCHMITZ: „Zur Rezeption von Pappos' Mechanik durch Isaac Newton und zu aus dieser resultierenden begründungstheoretischen Aporien der neueren Physik.“ In: Jochen Althoff/Bernhard Herzhoff/Georg Wöhrle (Hgg.): *Antike Naturwissenschaft und ihre Rezeption*, Bd. 17. Trier: Wiss. Verlag Trier 2007: 109–119.
- [Schneider 1988] IVO SCHNEIDER: *Isaac Newton*. München: C. H. Beck 1988.
- [Schneiders 1983] WERNER SCHNEIDERS: “Zwischen Welt und Weisheit. Zur Verweltlichung der Philosophie in der frühen Moderne.“ *Studia Leibnitiana* 15/1 (1983): 2–18.

- [Schneiders 1989] WERNER SCHNEIDERS: “300 Jahre Aufklärung in Deutschland.“ In: Werner Schneiders (Hg.): *Christian Thomasius, 1655–1728: Interpretationen zu Werk und Wirkung: mit einer Bibliographie der neueren Thomasius-Literatur*. Hamburg: Meiner 1989: 1–20.
- [Schneiders 1997] WERNER SCHNEIDERS: *Das Zeitalter der Aufklärung*. München: Beck 1997.
- [Scholz 2007] ERHARD SCHOLZ: „G. W. Leibniz als Mathematiker.“ In: Franz Knipping/Sabine Mangold/Gerrit Walther (Hgg.): *Europa und die Wissenschaft. Große Forscherpersönlichkeiten und ihr Werk*. Trier: Wiss. Verlag Trier 2007: 37–68.
- [Scholz 1928] HEINRICH SCHOLZ: „Warum haben die Griechen die Irrationalzahlen nicht aufgebaut?“ *Kant-Studien* 33/1–2 (1928): 35–72.
- [Schönbeck 2003] JÜRGEN SCHÖNBECK: *Euklid: um 300 v. Chr.* Basel u. a.: Birkhäuser 2003.
- [Schönfeld 2000] MARTIN SCHÖNFELD: *The Philosophy of the Young Kant: the Precritical Project*. Oxford: Oxford University Press 2000.
- [Schramm 1985] MATTHIAS SCHRAMM: *Natur ohne Sinn. Das Ende des teleologischen Weltbildes*. Graz: Styria 1985.
- [Schroeder 2007] PROSPER SCHROEDER: *La loi de la gravitation universelle. Newton, Euler et Laplace*. Paris u. a.: Springer 2007.
- [Schumacher/Wehinger 2009] HANS SCHUMACHER/BRUNHILDE WEHINGER (HGG.): *Francesco Algarotti: Ein philosophischer Hofmann im Jahrhundert der Aufklärung*. Hannover: Wehrhahn 2009.
- [Schüller 1991] VOLKMAR SCHÜLLER (HG.): *Der Leibniz-Clarke Briefwechsel*, übers. u. hg. v. Volkmar Schüller. Berlin: Akademie-Verlag 1991.
- [Schüller 2001] VOLKMAR SCHÜLLER: “Samuel Clarke’s Annotations in Jacques Rohault’s *Traité de physique*, And How they Contributed to Popularizing Newton’s Physics.” In: Wolfgang Lefèvre (Hg.): *Between Leibniz, Newton, and Kant: Philosophy and Science in the Eighteenth Century*. Dordrecht: Kluwer 2001: 95–110.
- [Schupp 2003] FRANZ SCHUPP: *Geschichte der Philosophie im Überblick*, Bd. 3: *Neuzeit*. Hamburg: Meiner 2003.

- [Schwaiger 2011] CLEMENS SCHWAIGER: *Alexander Gottlieb Baumgarten. Ein intellektuelles Porträt: Studien zur Metaphysik und Ethik von Kants Leitautor*. Stuttgart u. a.: Frommann-Holzboog 2011.
- [Schwarzbach 2001] BERTRAM EUGENE SCHWARZBACH: « Les études bibliques à Cirey. » In: François de Gandt (Hg.): *Cirey dans la vie intellectuelle. La réception de Newton en France*. Oxford: Voltaire Foundation 2001: 26–54.
- [Schwarzbach 2006] BERTRAM EUGENE SCHWARZBACH: « Mme Du Châtelet's Examens de la Bible and Voltaire's La Bible enfin expliquée. » In: Judith P. Zinsser/Julie C. Hayes (Hgg.): *Émilie Du Châtelet: Rewriting Enlightenment Philosophy and Sciences*. Oxford: Voltaire Foundation 2006: 142–164.
- [Schwarzbach 2008a] BERTRAM EUGENE SCHWARZBACH: « Mme Du Châtelet et la Bible. » In: Ulla Kölving/Olivier Courcelle (Hgg.): *Émilie Du Châtelet. Éclairages & documents nouveaux*. Paris: Ferney-Voltaire (Centre international d'étude du XVIIIe siècle) 2008: 197–212.
- [Schwarzbach 2008b] BERTRAM EUGENE SCHWARZBACH: « Voltaire et les lettres à Eugénie. » In: Olivier René Bloch (Hg.): *Voltaire et les manuscrits philosophiques clandestins*. Paris: Presses de l'Université Paris-Sorbonne 2008: 41–66.
- [Schwarzbach 2011] BERTRAM EUGENE SCHWARZBACH: “Reason and the Bible in the So-Called Age of Reason.” *Huntington Library Quarterly* 74/3 (2011): 437–470.
- [Scott 1970] WILSON LUDLOW SCOTT: *The Conflict between Atomism and Conservation Theory, 1644–1860*. London: Macdonald 1970.
- [Scriba 1971] CHRISTOPH J. SCRIBA: “The French Edition of Newton's *Principia* (Translation of the Marquise Du Châtelet): 1759 or 1756?” *Actes XIIIe Congrès international d'histoire des sciences (Paris, 1968)*, Bd. 3, Reihe B: *Science et Philosophie: XVIIe et XVIIIe siècles*. Paris: Blanchard 1971: 117–119.
- [Segner 1747] JOHANN ANDREAS VON SEGNER: *Einleitung in die Naturlehre*. Göttingen: Vandenhoeck 1747.
- [Sellés 2006] MANUEL A. SELLÉS: “Infinitesimals in the Foundations of Newton's Mechanics.” *The British Journal for the History of Sciences* 8 (2006): 25–38.

- [Sepkoski 2007] DAVID SEPKOSKI: *Nominalism and Constructivism in Seventeenth-Century Mathematical Philosophy*. New York u. a.: Routledge 2007.
- [Shapin 1981] STEVEN SHAPIN: “Of Gods and Kings: Natural Philosophy and Politics in the Leibniz-Clarke Disputes.” *Isis* 72/2 (1981): 187–215.
- [Shimony 2010] IDAN SHIMONY: “Leibniz and the *vis viva* Controversy.” In: Marcelo Dascal (Hg.): *The Practice of Reason: Leibniz and His Controversies*. Benjamins: Amsterdam (2010): 51–73.
- [Sieg 2003] HANS MARTIN SIEG: *Staatsdienst, Staatsdenken und Dienstgesinnung in Brandenburg-Preußen im 18. Jahrhundert (1713–1806)*. Berlin: de Gruyter 2003.
- [Siegwart 1988] GEORG SIEGWART/HORST D. BRANDT (HGG.): *Johann Heinrich Lambert. Texte zur Systematologie und zur Theorie der wissenschaftlichen Erkenntnis*. Hamburg: Meiner 1988.
- [Sohncke 1850] LUDWIG ADOLF SOHNCKE: „Mathematik. Übersicht der mathematischen Literatur der neuern Zeit.“ *Allgemeine Monatsschrift für Literatur* 1/5 (1850): 344–358.
- [Sloan 2006] PHILLIP R. SLOAN: “Natural History.” In: Knud Haakonssen (Hg.): *The Cambridge History of Eighteenth-Century Philosophy*, Bd. 2. Cambridge: Cambridge University Press 2006: 903–938.
- [Slowik 2009] EDWARD SLOWIK: “Newton’s Metaphysics of Space: A ‘Tertium Quid’ Betwixt Substantivalism and Relationism, or Merely a ‘God of the (Rational Mechanical) Gaps’?” *Perspectives on Science* 17/4 (2009): 429–456.
- [Sommerfeld 1955] ARNOLD SOMMERFELD: *Vorlesungen über theoretische Physik*, Bd. 1: *Mechanik*. Leipzig: Geest & Portig 1955.
- [Spencer 2004] QUAYSHAWN SPENCER: “Do Newton’s Rules of Reasoning Guarantee Truth [...] Must They?” *Studies in History and Philosophy of Science (Part A)* 35 (2004): 759–782.
- [Speziali 1955] PIERRE SPEZIALI: « Une correspondance inédite entre Clairaut et Cramer. » *Revue d’histoire des sciences et de leurs applications* 8/3 (1955): 193–237.

- [Spoerhase/Werle/Wild 2009] CARLOS SPOERHASE/DIRK WERLE/
MARKUS WILD (HGG.): *Unsicheres Wissen: Skeptizismus und Wahrscheinlichkeit 1550–1850*. Berlin u. a.: de Gruyter 2009.
- [Stammel 1982] HANS STAMMEL: *Der Kraftbegriff in Leibniz' Physik*. Diss. Univ. Mannheim 1982.
- [Steinle 1991] FRIEDRICH STEINLE: *Newtons Entwurf „Über die Gravitation [...]“: Ein Stück Entwicklungsgeschichte seiner Mechanik*. Stuttgart: Steiner 1991.
- [Steinle 1992] FRIEDRICH STEINLE: „Was ist Masse? Newtons Begriff der Materiemenge.“ *Philosophia Naturalis* 29 (1992): 94–117.
- [Steinmann 1913] HEINRICH GUSTAV STEINMANN: *Über den Einfluß Newtons auf die Erkenntnistheorie seiner Zeit*. Bonn: Cohen 1913
- [Steinwehr 1746] WOLF BALTHASAR ADOLF VON STEINWEHR: *Des Herrn von Fontenelle, unter dem Namen des Ritters von Her*** herausgegebene Briefe*, übers. v. Wolf Balthasar Adolf von Steinwehr. Hannover u. a.: Schmidt 1746.
- [Steinwehr 1747] CHRISTIAN WOLFF: *Des Reichsfrey- und edlen Herro von Wolf vernünftige Gedancken von der nützlichen Erlernung und Anwendung der mathematischen Wissenschaften*, übers. v. Wolf Balthasar Adolf von Steinwehr. Halle: Regnerische Buchhandlung 1747.
- [Steinwehr 1749–1756] WOLF BALTHASAR ADOLF VON STEINWEHR: *Der königlichen Akademie der Wissenschaften in Paris physische Abhandlungen*, 12 Bde. Breslau: Korn 1749–1756.
- [Stifel 1544] MICHAEL STIFEL: *Arithmetica integra*. Nürnberg: Petreium 1544.
- [Stolzenberg/Fulda 2001] JÜRGEN STOLZENBERG/HANS FRIEDRICH FULDA (HGG.): *Architektonik und System in der Philosophie Kants*. Hamburg: Meiner 2001.
- [Stolzenberg/Rudolph 2007–2010] JÜRGEN STOLZENBERG/OLIVER-PIERRE RUDOLPH (HGG.): *Christian Wolff und die Europäische Aufklärung. Akten des 1. Internationalen Christian-Wolff-Kongresses in Halle (Saale) 4.–8. April 2004*. Hildesheim u. a.: Olms 2007–2010 (= Christian Wolff: Gesamelte Werke. III. Abteilung: Materialien und Dokumente, Bde. 101–105 [= Wolffiana II.1-5]).

- [Stolzenberg 2012] JÜRGEN STOLZENBERG: „Die historisch-kritische Edition des Briefwechsels zwischen Christian Wolff und Ernst Christoph Graf von Manteuffel als Projekt der Aufklärungsforschung.“ *Denkströme. Journal der Sächsischen Akademie der Wissenschaften* 8 (2012): 56–63.
- [Stöltzner/Weingartner 2005] MICHAEL STÖLTZNER/PAUL WEINGARTNER (HGG.): *Formale Teleologie und Kausalität in der Physik: zur philosophischen Relevanz des Prinzips der kleinsten Wirkung und seiner Geschichte*. Paderborn: Mentis 2005.
- [Straßberger 2007] ANDRES STRASSBERGER: *Johann Christoph Gottsched und die „philosophische“ Predigt: Studien zur aufklärerischen Transformation der protestantischen Homiletik im Spannungsfeld von Theologie, Philosophie, Rhetorik und Politik*. Tübingen: Mohr Siebeck 2007.
- [Suisky 2009] DIETER SUISKY: *Euler as Physicist*. Springer: Berlin 2009.
- [Suisky 2012] DIETER SUISKY: „Leonhard Euler and Emilie du Châtelet. On the Post-Newtonian Development of Mechanics.” In: Ruth Hagengruber (Hg.): *Emilie du Châtelet Between Leibniz and Newton*. Dordrecht u. a.: Springer 2012: 113–155.
- [Szabó 1969] ÁRPÁD SZABÓ: *Anfänge der griechischen Mathematik*. München: Oldenbourg 1969.
- [Szabó 1987] ISTVÁN SZABÓ: *Geschichte der mechanischen Prinzipien und ihrer wichtigsten Anwendungen*, 3. Aufl. Basel u. a.: Birkhäuser 1987.
- [Taton 1969] RENÉ TATON: «Madame du Châtelet, traductrice de Newton.» *Archives internationales d'histoire des sciences* 22 (1969): 185–210.
- [Thaliath 2005] BABU THALIATH: *Perspektivierung als Modalität der Symbolisierung: Erwin Panofskys Unternehmung zur Ausweitung und Präzisierung des Symbolisierungsprozesses in der „Philosophie der symbolischen Formen“ von Ernst Cassirer*. Würzburg: Königshausen & Neumann 2005.
- [Theerman/Seeff 1993] PAUL H. THEERMAN/ADELE F. SEEFF (HGG.): *Action and Reaction: Proceedings of a Symposium to Commemorate the Tercentenary of Newton's Principia*. New York: University of Delaware Press 1993.
- [Thiele 2005] RÜDIGER THIELE: „Variationsrechnung und Wirkungsprinzipien. Die Tragweite des extremalen Denkens bei Hilbert.“ In: Michael Stöltzner/Paul Weingartner (Hgg.): *Formale Teleologie und Kausalität in der Physik*. Paderborn: Mentis 2005: 115–159.

- [Thomas 1765] ANTOINE-LÉONARD THOMAS: *Eloge de René Descartes, par M. Thomas, Discours qui a remporté le prix de l'Académie Française en 1765*. Paris: Périsse 1765.
- [Thüring 1967] BRUNO THÜRING: *Die Gravitation und die philosophischen Grundlagen der Physik*. Berlin: Duncker & Humboldt 1967.
- [Till 2002] DIETMAR TILL: „Leibniz-Übersetzung und Leibniz-Rezeption im 18. Jahrhundert. Zur medialen Konstruktion der ‚Leibniz-Wolffschen Schulphilosophie.‘“ *Daphnis: Zeitschrift für Mittlere Deutsche Literatur und Kultur der Frühen Neuzeit (1400–1750)* 31/2–4 (2002 [recte 2004]): 643–699.
- [Todhunter 1873] ISAAK TODHUNTER: *A History of the Mathematical Theories of Attraction and the Figure of the Earth: From the Time of Newton to that of Laplace*, Bd. 1. New York u. a.: Dover 1962 (= Reprint der Ausg. London: Macmillan 1873).
- [Toulmonde 2008] MICHEL TOULMONDE: « Le Commentaire des *Principes de la philosophie naturelle*. » In: Ulla Kölving/Olivier Courcelle (Hgg.): *Émilie Du Châtelet. Éclairages & documents nouveaux*. Paris: Ferney-Voltaire (Centre international d'étude du XVIIIe siècle) 2008: 309–315.
- [Touzery/Artigas-Menant 2006] MIREILLE TOUZERY/GENEVIÈVE ARTIGAS-MENANT (HGG.): *Catalogue de l'Exposition Émilie du Châtelet (1706–1749), une femmes de sciences et de lettres à Créteil*. Paris: Gallimard 2006. Online-Katalog zur Ausstellung: <http://aura.u-pec.fr/duchatelet/Catalogue-expo-Du-Chatelet-Paris-12.pdf> [10.12.2013].
- [Trapnell 1982] WILLIAM H. TRAPNELL: *Christ and his "Associates" in Voltaireian Polemic: an Assault on the Trinity and the Two Natures*. Saratoga, CA: Anna Libri 1982.
- [Trapnell 1994] WILLIAM H. TRAPNELL: *Thomas Woolston: Madman and Deist?* Bristol: Thoemmes 1994.
- [Tredner 1982] HANS JÜRGEN TREDER: „Descartes' Physik der Hypothesen, Newtons Physik der Prinzipien und Leibnizens Physik der Prinzipie.“ *Studia Leibnitiana* 14/2 (1982): 278–286.
- [Troxler 1829] IGNAZ PAUL VITAL TROXLER: *Logik: Die Wissenschaft des Denkens und Kritik aller Erkenntniss, zum Selbststudium und für Unterricht auf höhern Schulen*, Bd. 1. Stuttgart u. a.: Cotta'sche Buchhandlung 1829.

- [Tweddle 2007] IAN TWEDDLE: *MacLaurin's Physical Dissertations*. London: Springer 2007.
- [Unze 1997] WALTER UNZE: „Polyhistor oder Vielschreiber? Johann Heinrich Samuel Formey (1711–1797).“ *Berlinische Monatsschrift* 6/3 (1997): 72–74.
- [Vailati 1997] ENZIO VAILATI: *Leibniz and Clarke: A Study of Their Correspondence*. New York u. a.: Oxford University Press 1997.
- [Vailliot 1978] RENÉ VAILLIOT: *Madame du Châtelet*. Paris: Albin Michel 1978.
- [Valentin 1998] MICHEL VALENTIN: *Maupertuis: Un savant oublié*. Rennes: La découverte 1998.
- [Vattel 1741] EMER DE VATTEL: *Defense du système Leibnitzien contre les objections et les imputations de Mr. de Crousaz*. Leyden: Luzac 1741.
- [Venturi 1971] FRANCO VENTURI: *Europe des Lumières: Recherches sur le XVIII^e siècle*. Paris u. a.: Mouton 1971.
- [Vidal 2011] FERNANDO VIDAL: *The Sciences of the Soul: The Early Modern Origins of Psychology*, übers. v. Saskia Brown. Chicago u. a.: University of Chicago Press 2011.
- [Vilain 1987] CHRISTIANE VILAIN: «Newton et le modèle mécaniste de la réfraction.» *Revue d'histoire des sciences* 40/3–4 (1987): 311–324.
- [Vogt 2005] WOLFGANG VOGT: *Moses Mendelssohns Beschreibung der Wirklichkeit menschlichen Erkennens*. Würzburg: Königshausen & Neumann 2005.
- [Voltaire 1734] VOLTAIRE (FRANÇOIS MARIE AROUET): *Lettres philosophiques*. Amsterdam: Lucas 1734.
- [Voltaire 1740] VOLTAIRE (FRANÇOIS MARIE AROUET): *Métaphysique de Neuton, ou parallèle des sentiments de Neuton et de Leibnitz*. Amsterdam: Étienne Ledet 1740.
- [Voltaire1741a] VOLTAIRE (FRANÇOIS MARIE AROUET): «Exposition du Livre des *Institutions physiques*, dans laquelle on examine les idées de Leibnitz.» *Mercur de France* 2 (1741): 1247–1310.
- [Voltaire 1741b] VOLTAIRE (FRANÇOIS MARIE AROUET): «Doutes sur la mesure des forces motrices et sur leur nature.» Voltaire: *Les Œuvres complètes de Voltaire*, Bd. 14, hg. v. Louis Moland. Paris: Garnier 1877–1885: 165–172.

- [Voltaire 1752] VOLTAIRE (FRANÇOIS MARIE AROUET): « Éloge Historique de Madame du Châstellet, pour mettre à la tête de la Traduction de Newton. » *Bibliothèque impartiale* 5/1 [Jan. u. Feb.] (1752): 136–146.
- [Voltaire 1754] VOLTAIRE (FRANÇOIS MARIE AROUET): « Éloge Historique de Madame du Châstellet. » *Mercure de France* 1 [Dez.] (1754): 6–18.
- [Voltaire 1773] VOLTAIRE (FRANÇOIS MARIE AROUET): *Elémens de la philosophie de Newton*, nouvelle édition, revue, corrigée & augmentée, avec les figures qui y sont relatives. Lausanne: Grasset & Comp. 1773.
- [Voltaire 1992a] VOLTAIRE (FRANÇOIS MARIE AROUET): *Eléments de la philosophie de Newton (= Œuvres complètes de Voltaire, Bd. 15)*, hg. v. Robert L. Walters u. William H. Barber. Oxford: Voltaire Foundation 1992.
- [Voltaire 1992b] VOLTAIRE (FRANÇOIS MARIE AROUET): *Philosophische Briefe*, übers. v. Rudolf von Bitter, durchges., erg., mit Anm. u. e. Nachw. vers. v. Jochen Köhler. Frankfurt a. M.: Fischer 1992.
- [Voltaire 1994] VOLTAIRE (FRANÇOIS MARIE AROUET): *Letters Concerning the English Nation*, hg. v. Nicholas Cronk. New York u. a.: Oxford University Press 1994.
- [Voltaire 1997] VOLTAIRE (FRANÇOIS MARIE AROUET): *Elemente der Philosophie Newtons. Verteidigung des Newtonianismus. Die Metaphysik des Newton*, hg. v. Renate Wahsner und Horst-Heino v. Borzeskowski, übers. v. Christa Poser. Berlin u. a.: de Gruyter 1997.
- [Voss 1979] JÜRGEN VOSS: *Universität, Geschichtswissenschaft und Diplomatie im Zeitalter der Aufklärung: Johann Daniel Schöpflin (1694–1771)*. München: Fink 1979.
- [Voss 1985] JÜRGEN VOSS: „Verbreitung, Rezeption und Nachwirkung der Encyclopedie in Deutschland.“ In: Gerhard Sauder/Jochen Schlobach (Hgg.): *Aufklärungen. Frankreich und Deutschland im 18. Jahrhundert*, Bd. 1. Heidelberg: Winter 1985: 183–192.
- [Wade 1938] IRA OWEN WADE: *The Clandestine Organization and Diffusion of Philosophic Ideas in France from 1700 to 1750*. Princeton: Princeton University Press/London: Oxford University Press 1938.
- [Wade 1941] IRA O. WADE: *Voltaire and Madame du Châtelet: an Essay on the Intellectual Activity at Cirey*. New York: Princeton University Press 1941.

- [Wade 1947] IRA O. WADE: *Studies on Voltaire. With Some Unpublished Papers of Mme. du Châtelet*. Princeton: Princeton University Press 1947.
- [Wade 1959] IRA O. WADE: *Voltaire and Candide: A Study in the Fusion of History, Art, and Philosophy. With the Text of the La Vallière Manuscript of Candide*. Princeton: Princeton University Press 1959.
- [Wagner 2004] FLORIAN WAGNER: *Die Entdeckung Lapplands: die Forschungsreisen Carl von Linnés und Pierre Louis Moreau de Maupertuis' in den 1730er Jahren*. Norderstedt: Books on Demand 2004.
- [Wahsner 1999] RENATE WAHSNER: „Über den ‚Ungrund der newtonischen Begriffe und Sätze‘. Eine metaphysische Diskussion über eine neue Physik.“ In: Hartmut Hecht (Hg.): *Pierre Louis Moreau de Maupertuis. Eine Bilanz nach 300 Jahren*. Berlin: Arno Spitz/Baden-Baden: Nomos 1999: 261–276.
- [Waibel 2007] VIOLETTA L. WAIBEL: „Die Systemkonzeption bei Wolff und Lambert.“ In: Jürgen Stolzenberg/Oliver-Pierre Rudolph (Hgg.): *Christian Wolff und die Europäische Aufklärung. Akten des 1. Internationalen Christian-Wolff-Kongresses in Halle (Saale) 4.–8. April 2004*. Hildesheim u. a.: Olms 2007: 51–70 (= Christian Wolff: *Gesammelte Werke*, III. Abteilung: *Materialien und Dokumente*, Bd. 103 [= *Wolffiana* II. 2]).
- [Waithe 1991] MARY ELLEN WAITHE: “Gabrielle Émilie le Tonnelier de Breteuil Du Châtelet-Lomont.” In: Mary Ellen Waithe (Hg.): *A History of Women Philosophers*, Bd. 3: *Modern Women Philosophers, 1600–1900*. Dordrecht: Kluwer 1991: 127–151.
- [Walters 1967] ROBERT L. WALTERS: “Chemistry at Cirey.” *Studies on Voltaire and the Eighteenth Century (SVEC)* 58 (1967): 1807–1827.
- [Waschkies 1987] HANS-JOACHIM WASCHKIES: *Physik und Physikotheologie des jungen Kant: Die Vorgeschichte seiner allgemeinen Naturgeschichte und Theorie des Himmels*. Amsterdam: John Benjamins Publishing Company 1987.
- [Watkins 1997] ERIC WATKINS: “The Laws of Motion from Newton to Kant.” *Perspectives on Science* 5 (1997): 311–348.
- [Wehinger 2005] BRUNHILDE WEHINGER (HG.): *Geist und Macht. Friedrich der Große im Kontext der europäischen Kulturgeschichte*. Berlin: Akademie-Verlag 2005.

- [Westfall 1971] RICHARD S. WESTFALL: *Force in Newton's Physics. The Science of Dynamics in the Seventeenth Century*. London: Macdonald 1971.
- [Westfall 1976] RICHARD S. WESTFALL: "The Changing World of the Newtonian Industry." *Journal of the History of Ideas* 37/1 (1976): 175–184, 175.
- [Westfall 1980] RICHARD S. WESTFALL: *Never at Rest. A Biography of Isaac Newton*. Cambridge: Cambridge University Press 1980.
- [Westfall 1996] RICHARD S. WESTFALL: *Isaac Newton: eine Biographie*. Heidelberg u. a.: Spektrum Akad. Verl. 1996.
- [Whitfield 2002] AGNÈS WHITFIELD: « Emilie du Châtelet, traductrice de Newton, ou la < traduction-confirmation >. » In: Jean Delisle (Hg.): *Portraits de traductrices*. Ottawa: Les Presses de l'Université d'Ottawa 2002: 87–116.
- [Wiedeburg 1750] BASILIUS CHRISTIAN BERNHARD WIEDEBURG: *Abhandlung von den mathematischen Verhältnissen und ihrer Größe*. Jena: Marggraf 1750.
- [Winckelmann 1764] JOHANN JOACHIM WINCKELMANN: *Geschichte der Kunst des Alterthums*. Dresden: Waltherische Hofbuchhandlung 1764.
- [Winter 2008] URSULA WINTER: „Übersetzungsdiskurse der französischen Aufklärung. Die Newton-Übersetzung von Émilie du Châtelet (1706–1749).“ In: Brunhilde Wehinger (Hg.): *Übersetzungskultur im 18. Jahrhundert: Übersetzerinnen in Deutschland, Frankreich und der Schweiz*. Hannover: Wehrhahn 2008: 19–36.
- [Winter 2012] URSULA WINTER: "From Translation to Philosophical Discourse – Emilie du Châtelet's Commentaries on Newton and Leibniz." In: Ruth Hagengruber (Hg.): *Emilie du Châtelet Between Leibniz and Newton*. Dordrecht u. a.: Springer 2012: 173–206.
- [Wolf 1845] JOHANN RUDOLF WOLF (HG.): *Auszüge aus Samuel König's Briefen an Albrecht von Haller*, mit literarisch-historischen Notizen hg. v. Johann Rudolf Wolf. Bern: Haller'schen Buchdr. 1845.
- [Wolf 1859] JOHANN RUDOLF WOLF: *Biographien zur Kulturgeschichte der Schweiz*, Bd. 2. Zürich: Orell, Füssli & Comp. 1859.
- [Wolf 1860] JOHANN RUDOLF WOLF: *Biographien zur Kulturgeschichte der Schweiz*, Bd. 3. Zürich: Orell, Füssli & Comp. 1860.

- [Wolff 1713] CHRISTIAN WOLFF: *Vernünfftige Gedancken von den Kräften des Menschlichen Verstandes und ihrem richtigen Gebrauche in Erkenntnis der Wahrheit*. Hildesheim u. a.: Olms 1965 (= Christian Wolff: Gesammelte Werke, I. Abteilung: Deutsche Schriften, Bd. 1).
- [Wolff 1717a] CHRISTIAN WOLFF [ANON.]: „Elogium Godofredi Guilielmi Leibnitii.“ *Acta eruditorum* 7 [Juli] (1717): 322–336.
- [Wolff 1717b] CHRISTIAN WOLFF [ANON.]: Rez. “A Collection of Papers, Which Passed Between the Late Mr. Leibniz and Dr. Clarke.” *Acta eruditorum* 10 [Oktober] (1717): 439–447.
- [Wolff 1720] CHRISTIAN WOLFF: *Vernünfftige Gedancken von Gott, der Welt und der Seele des Menschen, und allen Dingen überhaupt (Deutsche Metaphysik)*, 10. Aufl. Mit einer Einleitung und einem kritischen Apparat hg. v. Charles A. Corr. Hildesheim u. a.: Olms 1983 (= Christian Wolff: Gesammelte Werke, I. Abteilung: Deutsche Schriften, Bd. 2).
- [Wolff 1721a] CHRISTIAN WOLFF: *Oratio de Sinarum philosophia practica (= Rede über die praktische Philosophie der Chinesen)*. Lateinisch–Deutsch, übers., eingel. u. hg. v. Michael Albrecht. Hamburg: Meiner 1985.
- [Wolff 1721b] CHRISTIAN WOLFF [ANON.]: „Principia philosophiae, Autore G. G. Leibnitio.“ *Acta eruditorum* 7/11 [Supplementa]: 500–514.
- [Wolff 1723] CHRISTIAN WOLFF: *Vernünfftige Gedancken von den Würckungen der Natur, den Liebhabern der Wahrheit mitgetheilet (Deutsche Physik)*, 10. Aufl. Mit einer Einleitung und einem kritischen Apparat hg. v. Charles A. Corr. Hildesheim u. a.: Olms 1981 (= Gesammelte Werke, I. Abteilung: Deutsche Schriften, Bd. 6).
- [Wolff 1728a] CHRISTIAN WOLFF: *Philosophia rationalis sive logica, methodo scientifica pertractata et ad usum scietiarum atque vitae aptata. Praemittitur discursus praeliminaris de philosophia in genere*. Frankfurt u. a.: Regneriana 1728.
- [Wolff 1728b] CHRISTIAN WOLF: “Principia Dynamica.” *Commentarii Academiae scientiarum Imperialis Petropolitanae* 1 (1728): 217–238.
- [Wolff 1729–1735] CHRISTIAN WOLFF: *Horae subsecivae Marburgenses*. Hildesheim u. a.: Olms 1983 (= Gesammelte Werke, II. Abteilung: Lateinische Schriften, Bd. 34).

- [Wolff 1730] CHRISTIAN WOLFF: *Philosophia prima sive ontologia*. Hildesheim u. a.: Olms 1977 (= Gesammelte Werke, II. Abteilung: Lateinische Schriften, Bd. 3).
- [Wolff 1731] CHRISTIAN WOLFF: *Cosmologia generalis*. Hildesheim u. a.: Olms 1964 (= Gesammelte Werke, II. Abteilung: Lateinische Schriften, Bd. 4).
- [Wolff 1732–1741] CHRISTIAN WOLFF: *Elementa matheseos universae*. 5 Bde. Hildesheim u. a.: Olms 1983 (= Gesammelte Werke, II. Abteilung: Lateinische Schriften, Bd. 33).
- [Wolff 1732] CHRISTIAN WOLFF: *Psychologia empirica*. Hildesheim u. a.: Olms 1968 (= Gesammelte Werke, II. Abteilung: Lateinische Schriften, Bd. 5).
- [Wolff 1734a] CHRISTIAN WOLFF: *Psychologia rationalis*. Hildesheim u. a.: Olms 1994 (= Gesammelte Werke, II. Abteilung: Lateinische Schriften, Bd. 6).
- [Wolff 1734b] CHRISTIAN WOLFF: *Vollständiges Mathematisches Lexicon, Darinnen alle Kunst-Wörter und Sachen, welche in der erwegenden und ausübenden Mathesi vorzukommen pflegen, deutlich erkläret*. Leipzig: Gleditsch 1734.
- [Wolff 1736] CHRISTIAN WOLFF: *Logique, ou Réflexions sur les Forces de L'Entendement Humain, et Sur Leur Legitime Usage, Dans la Connoissance de la Verite*, übers. v. Jean Deschamps. Berlin: Haude 1736.
- [Wolff 1736–37] CHRISTIAN WOLFF: *Theologia naturalis, methodo scientifica pertractata*, 2 Bde. Frankfurt u. a.: Regner 1736–1737.
- [Wolff 1737] CHRISTIAN WOLFF: *Gesammelte kleine philosophische Schriften, welche bißher meistens lateinisch im Druck heraus waren, Zweiter Theil, darinnen besonders die zu der Vernunftlehre gehörigen, zusammengetragen, übersezet, auch mit nöthigen und nützlichen Anmerkungen versehen worden sind*. Magdeburg: Regner 1737.
- [Wolff 1741] CHRISTIAN WOLFF: *Elementa matheseos universae*, Bd. 5: *Qui Commentationem de Praecipuis Scriptis Mathematicis, commentationem de Studio Mathematico Recte Instituendo & Indices*. Genf: Bousquet 1741.

- [Wolff 1750] CHRISTIAN WOLFF: *Der Anfangs-Gründe aller mathematischen Wissenschaften Erster Theil, Welcher Einen Unterricht von der Mathematischen Lehr-Art, die Rechen-Kunst, Geometrie, Trigonometrie, und Bau-Kunst in sich enthält.* Hildesheim u. a.: Olms 1973 (= Christian Wolff: Gesammelte Werke, I. Abteilung: Deutsche Schriften, Bd. 12).
- [Wolff 1757] CHRISTIAN WOLFF: *Der Anfangs-Gründe aller mathematischen Wissenschaften Letzter Theil, welcher so wohl die gemeine Algebra, als die Differential- und Integral-Rechnung und einen Anhang von den vornehmsten Mathematischen Schriften in sich begreift.* Hildesheim u. a.: Olms 1973 (= Christian Wolff: Gesammelte Werke, I. Abteilung: Deutsche Schriften, Bd. 15).
- [Wolff 1860] CHRISTIAN WOLFF: *Briefe von Christian Wolff aus den Jahren 1719–1753: ein Beitrag zur Geschichte der kaiserlichen Academie der Wissenschaften zu St. Petersburg.* St. Petersburg: Eggers/Leipzig: Voss 1860.
- [Wolff 1980] CHRISTIAN WOLFF: *Biographie*, mit einem Vorwort v. Hans Werner Arndt. Hildesheim u. a.: Olms 1983 (= Christian Wolff: Gesammelte Werke, I. Abteilung: Deutsche Schriften, Bd. 10).
- [Wolff 1978] MICHAEL WOLFF: *Geschichte der Impetustheorie: Untersuchungen zum Ursprung der klassischen Mechanik.* Frankfurt a. M.: Suhrkamp 1978.
- [Woolhouse/Francks 1997] ROGER S. WOOLHOUSE/RICHARD FRANCK (HGG.): *Leibniz's New System and Associated Texts*, hg. u. übers. v. Roger S. Woolhouse u. Richard Francks. New York u. a.: Oxford University Press 1997.
- [Woolston 1727] THOMAS WOOLSTON: *Six Discourses on the Miracles of Our Savior, in View of the Present Controversy Between Infidels and Apostates*, 2. Aufl. London: o. V. 1727.
- [Woolston 1769] THOMAS WOOLSTON: *Discours sur les miracles de Jesus-Christ*, übers. v. Paul Henri Thiry d'Holbach. Amsterdam: Rey 1769.
- [Woolston 2001] THOMAS WOOLSTON: *Six discours sur les miracles de Notre Saveur, deux traductions manuscrites du XVIIIe siècle dont une de Mme Du Chatelet*, hg. v. William H. Trapnell. Paris: Honoré Champion 2001.
- [Wußing 2008] HANS WUSSING: *Vorlesungen zur Geschichte der Mathematik.* Frankfurt a. M.: Deutsch 2008.

- [Wuttke 1841] HEINRICH WUTTKE (HG.): *Christian Wolffs eigene Lebensbeschreibung*, hg. mit einer Abhandlung über Wolff v. Heinrich Wuttke. Leipzig: Weidmann 1841.
- [Zedler 1733] JOHANN HEINRICH ZEDLER (HG.): „Calculus differentialis.“ In: *Grosses vollständiges Universal-Lexicon Aller Wissenschaften und Künste*, Bd. 5: *C–Ch*. Halle a. d. S. u. a.: Zedler 1733: Sp. 185–194.
- [Zedler 1740] JOHANN HEINRICH ZEDLER (HG.): „Natur-Lehre, Naturkunde, Natur-Wissenschaft, Physick, Physica, Philosophia naturalis.“ In: *Grosses vollständiges Universal-Lexicon Aller Wissenschaften und Künste*, Bd. 23: *N–Net*. Halle a. d. S. u. a.: Zedler 1740: Sp. 1147–1167.
- [Zellini 1980] PAOLO ZELLINI: *Breve storia dell’infinito*. Mailand: Adelphi 1980.
- [Zimmermann 1879] ROBERT ZIMMERMANN: *Lambert. Der Vorgänger Kant’s: Ein Beitrag zur Vorgeschichte der Kritik der reinen Vernunft*. Wien: Gerold 1879.
- [Zinsser 1998] JUDITH P. ZINSSER: “Emilie du Châtelet: Genius, Gender, and Intellectual Authority.” In: Hilda L. Smith (Hg.): *Women Writers and the Early Modern British Political Tradition*. Cambridge: Cambridge University Press 1998: 168–90.
- [Zinsser 2001] JUDITH P. ZINSSER: “Translating Newton’s *Principia*: the Marquise du Châtelet’s Revisions and Additions for a French Audience.” *Notes and Records of the Royal Society of London* 55/2 (2001): 227–245.
- [Zinsser 2005] JUDITH P. ZINSSER: “The Many Representations of the Marquise Du Châtelet.” In: Judith P. Zinsser (Hg.): *Men, Women and the Birthing of Modern Science*. DeKalb, IL: Northern Illinois University Press 2005: 48–67.
- [Zinsser 2006] JUDITH P. ZINSSER: *La Dame d’Esprit: A Biography of the Marquise Du Châtelet*. New York: Viking 2006.
- [Zinsser 2007a] JUDITH P. ZINSSER: *Emilie Du Châtelet: Daring Genius of the Enlightenment*. New York: Penguin 2007.
- [Zinsser 2007b] JUDITH P. ZINSSER: “Mentors, the Marquise Du Châtelet and Historical Memory.” *Notes and Records of the Royal Society of London Royal Society* 61/2 (2007): 89–108.

- [Zinsser/Bour 2009] ÉMILIE DU CHÂTELET: *Selected Philosophical and Scientific Writings*, hg. u. übers. v. Judith P. Zinsser u. Isabelle Bour. Chicago: University of Chicago Press 2009.
- [Zinsser/Courcelle 2003] JUDITH P. ZINSSER/OLIVIER COURCELLE: “A Remarkable Collaboration: the Marquise Du Châtelet and Alexis Clairaut.” *Studies on Voltaire in the Eighteenth Century (SVEC)* 12 (2003): 107–120.
- [Zinsser/Hayes 2006] JUDITH P. ZINSSER/JULIE C. HAYES (HGG.): *Émilie Du Châtelet: Rewriting Enlightenment Philosophy and Sciences*. Oxford: Voltaire Foundation 2006.
- [Zwenger 1885] MAX ZWENGER: *Die lebendige Kraft und ihr Maß. Ein Beitrag zur Geschichte der Physik*. München: Lindauer’sche Buchhandlung 1885.

Internet-Ressourcen

- *Bernoulli-Edition*, Universitätsbibliothek Basel:
<http://www.ub.unibas.ch/bernoulli/> [10.12.2013].
- *Clairaut*: Chronologie de la vie de Clairaut (1713–1765):
<http://www.clairaut.com/> [10.12.2013].
- *ECHO* European Cultural Heritage Online, Max Planck Institut für Wissenschaftsgeschichte Berlin:
<http://echo.mpiwg-berlin.mpg.de> [10.12.2013].
- *The ARTFL Project*, University of Chicago:
<http://artfl-project.uchicago.edu/> [10.12.2013].
- *Gallica*, Bibliothèque nationale de France:
<http://gallica.bnf.fr/> [10.12.2013].
- *GDZ*, Göttinger Digitalisierungszentrum:
<http://gdz.sub.uni-goettingen.de/> [10.12.2013].
- *Gottsched-Briefwechsel*, Sächsische Akademie der Wissenschaften Leipzig:
<http://www.saw-leipzig.de/forschung/projekte/edition-des-briefwechsels-von-johann-christoph-gottsched> [10.12.2013].
- *Leibniz-Edition*, Gottfried-Wilhelm-Leibniz-Gesellschaft:
<http://www.leibniz-edition.de/> [10.12.2013].
- *Isaac Newton*
The Chymistry of Isaac Newton, Indiana University Bloomington:
<http://webapp1.dlib.indiana.edu/newton/> [10.12.2013].
Macclesfield Collection, Cambridge Digital Library:
<http://cudl.lib.cam.ac.uk/collections/newton> [10.12.2013].
The Newton-Project, University of Sussex:
<http://www.newtonproject.sussex.ac.uk/prism.php?id=1> [10.12.2013].
The Newton Project Canada, King's College Halifax (Nova Scotia):
<http://www.isaacnewton.ca/> [10.12.2013].