

Lutz Kasper

***La nature du feu*: Nächtliche Szenen mit Émilie du Châtelet**

1 Émilie du Châtelets Schaffensperiode im Kontext zeitgenössischer Debatten

1.1 Aufklärung und Gegenaufklärung

Eine deutliche Prägung erfuhr der für diesen Beitrag zentrale Zeitraum des Zusammenlebens von Émilie du Châtelet und Voltaire zweifellos durch die frühen Bestrebungen der Aufklärung, dieser „epochalen Transformation, in deren Verlauf die Naturwissenschaft die Theologie als zentrale Institution der Weltdeutung ablöst und sich selbst zum Garanten und Maßstab eines universalen Wahrheitsdiskurses erhebt“ (Gipper 2002, 259).

Nicht ohne Einfluss auf zeitgenössische naturphilosophische Positionen blieb auch die so genannte Gegenaufklärung, als deren prominenter Vertreter der Genfer Philosoph und Künstler Jean-Jacques Rousseau (1712–1778) bekannt geworden ist. Folgt man dessen Lehre, muss sowohl der Fortschritt in den Wissenschaften als auch in den Künsten abgelehnt werden – führen sie doch zum Verderben der Menschenseele und zum Verfall von Moral und Sittlichkeit. Allerdings soll dieser Diskurs hier nicht weiter vertieft werden.

Die zentrale Figur der französischen Aufklärung, Voltaire, wird in diesem Beitrag unter einem spezifischen Blickwinkel als früher Protagonist eines naturwissenschaftlichen Popularisierungsdiskurses gesehen. Als beispielhaft und klares Indiz für das Besetzen dieser Rolle gilt das 1738 von Voltaire publizierte Werk *Eléments de la Philosophie de Newton*.

1.2 Descartes – Leibniz – Newton

Unterhalb der Diskursebene von Theologie, Aufklärung und Gegenaufklärung wird die Zeit des Zusammenlebens von Émilie du Châtelet und Voltaire von spezifischen und auch personengebundenen Sub-Debatten geprägt. Von unmittelbarer Bedeutung für die hier dargelegten Entwicklungen sind die jeweils wechselseitigen Diskrepanzen der Positionen René Descartes' (1596–1650), Sir Isaac

Newtons (1642–1726) und Gottfried Wilhelm Leibniz' (1646–1716) zu sehen. Dabei zeigen es deren Lebensdaten bereits an, dass ein unmittelbarer Diskurs nur zwischen Newton und Leibniz hatte bestehen können. Die Cartesischen Positionen, die im Frankreich der frühen Aufklärung noch gut etabliert waren, wurden insbesondere von den aufkommenden Ideen Newtons angegriffen. Als glühender Verfechter Newtons spielte Voltaire in diesem Prozess eine entscheidende Rolle. Unter naturwissenschaftlichen Gesichtspunkten bildeten Cartesische und Newton'sche Positionen Gegenpole, besonders in methodischer Hinsicht. Mit Blick auf die Physik wird vor allem die Auseinandersetzung um die Newton'sche Gravitationstheorie zu einem zentralen Streitpunkt. Der hauptsächliche Vorwurf der Cartesianer besteht in der prinzipiell unerklärbaren Fernwirkung der gravitativen Anziehungskraft, die mithin eine metaphysische *qualitas occulta* darstellt.

In einer sicher verkürzenden Weise lässt sich die Position Newtons dem Empirismus und die Position Leibniz' dem Rationalismus zuordnen. Die Auseinandersetzungen zwischen der Leibniz'schen Metaphysik und Newton'schen Physik betrafen vor allem die Grundfrage nach der Geltung einer durchgängig mechanistisch-deterministischen Weltauffassung.¹ Während diese Frage von Newton klar verneint wird, gibt Leibniz mit seiner ‚besten aller möglichen Welten‘ hier folgende positive Antwort: „Diese Welt bedarf, wenn sie einmal geschaffen ist, keinerlei nichtmechanischer Erklärung mehr“ (Schupp 2013, 232). Allerdings erfolgte die Newton-Rezeption im achtzehnten Jahrhundert gerade in diesem Leibniz'schen Sinn.

Daneben zeigt sich eine konzeptionelle Unvereinbarkeit auch in der Gegenüberstellung von dem Newton'schen absoluten Raum-Zeitbegriff und dem Leibniz'schen Vorgriff auf eine relative Raum-Zeit-Struktur. Schließlich zog der Prioritätenstreit zur Infinitesimalrechnung die Aufmerksamkeit nicht nur der eingeweihten Wissenschaftler auf sich. Jedoch soll dieser Kontroverse hier nicht weiter nachgegangen werden.

Auch zwischen Leibniz'scher und Cartesischer Mechanik bestehen Differenzen. Während Descartes mit seiner *quantitas motus*, der Konstanz der „Bewegungssumme“ $\sum(m \cdot v) = \text{const.}$, eine Basis für Newtons spätere Formulierung $F \sim \Delta(m \cdot v)$ schuf, ging Leibniz in der Weiterentwicklung der Resultate Galileo Galileis und des niederländischen Astronomen und Mathematikers Christiaan Huygens (1629–1695) von einer Konstanz der „Kräfte“ aus: $mv^2 + 2mgh = \text{const.}$

Die jüngere Generation von Naturwissenschaftlern, zu der Émilie du Châtelet wie auch ihr Lehrer Pierre Louis Moreau de Maupertuis (1698–1759), der im Jahr

¹ Die Verkürzung liegt u. a. darin, dass Newtons Philosophie keinen Idealfall von Empirismus darstellt, worauf in Reichenberger (2014, 16) hingewiesen wird.

1749 von Friedrich II. zum Leiter der Preußischen Akademie der Wissenschaften berufen wurde, oder Émilies Zeitgenosse Leonhard Euler gezählt werden können, findet in der lebhaft geführten Kontroverse um die naturphilosophischen Positionen der ‚Alten‘ neue und eigene Wege. Gerade Émilie du Châtelet sucht, anders als viele ältere Zeitgenossen in der Leibniz-Newton-Debatte eher die Gemeinsamkeiten als die Differenzen (vgl. Suisky 2014). Auch in der philosophischen Rezeption ihres Werkes *Institutions de physique* (1735) wird eine eindeutige Hinwendung der Marquise du Châtelet zu einer der Positionen Newtons oder Leibniz’ nicht gesehen; es wird vielmehr als Synthese von Newtonianismus und Leibnizianismus aufgefasst.² Auf jeden Fall aber hat sich in Voltaires Urteil Émilie zu weit von Newtons metaphysischen Positionen entfernt, indem sie sich die Standpunkte von Leibniz und Christian Wolff – etwa die Forderung nach einem „zureichenden Grund“ – zu eigen machte.³

1.3 Innerphysikalische Debatten: Licht und Wärme

Die historische Modellgenese zum Licht und dessen Ausbreitungsmechanismen gehört zu den spannendsten Abschnitten der Geschichte der Naturwissenschaften. Die außergewöhnliche Vielfalt der Erklärungsansätze zur Natur des Lichtes und zum Sehen umfasst mythisch-religiöse Anfänge in allen antiken Hochzivilisationen, klassisch-optische Theorien bereits während der ersten Blütezeit der Optik – vor allem durch den bedeutenden islamischen Gelehrten aus Kairo, Ibn al-Haytham (965–1040), entwickelt – sowie die modernen Deutungen des Lichts durch die Quantenphysik. Verwunderlich ist die vorliegende Modell-Diversität keineswegs, zeigt sich doch das Licht – neben dem Schall – am unmittelbarsten als Phänomen mit unseren Sinneseindrücken verbunden. Die Situation der Modellbildung in der Optik zu Beginn des achtzehnten Jahrhunderts lässt sich durch die Existenz von im Wesentlichen drei konkurrierenden Ansätzen beschreiben. Einer Erklärung Descartes’ zufolge breitet sich Licht in Form von Wirbelbewegungen einer feinen, das Universum vollständig ausfüllenden Materie aus und ruft dadurch schließlich Sehempfindungen im Auge hervor (Abb. 1a). Eine grundsätzlich andere Natur des Lichts wird mit der Korpuskular-Theorie beschrieben (Abb. 1b), zu deren prominenten Vertretern Newton gehörte. Die Ausbreitung des Lichts wird hier direkt als Fortbewegung von Teilchen mit einer bestimmten

² Vgl. hierzu: Reichenberger 2014; Hagengruber 2012.

³ Der ‚Satz vom zureichenden Grund‘ bildete eine wesentliche Säule der Leibniz’schen Philosophie; vgl. Fischer 2009, 474.

Geschwindigkeit erklärt. Diese Theorie ermöglicht eine einfache Erklärung der Lichtausbreitung auch in einem angenommenen Vakuum, so z. B. zwischen der Sonne und der Erde. Eine dritte Theorie ist mit den Vorstellungen von Christiaan Huygens gegeben. Demnach breitet sich Licht als eine wellenartige Störung eines – hier wieder vorausgesetzten – alles umgebenden Äthers aus, dessen Teilchen durch Stoßprozesse miteinander wechselwirken (Abb. 1c).

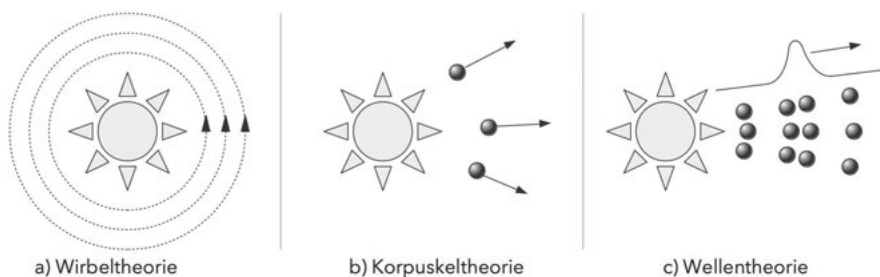


Abbildung 1: Lichtmodelle in der ersten Hälfte des achtzehnten Jahrhunderts. (vgl. Simonyi 2001, 284)

Für alltäglich zu beobachtende optische Phänomene wie Brechung oder Reflexion von Licht liefern alle drei theoretischen Ansätze Erklärungen, wenngleich mit erheblichen Differenzen in den jeweils daraus ableitbaren Konsequenzen. Als Beispiel sei hier die aus den Erklärungen für die Refraktion in lichtdurchlässigen Medien sich ergebende Lichtgeschwindigkeit im brechenden Medium angeführt. In der Korpuskular-Theorie wird aufgrund anziehender Kräfte zwischen dem brechenden Medium und den sich unter einem bestimmten Winkel annähernden Lichtteilchen eine entsprechende Beschleunigung angenommen, die dann zu einer zusätzlichen Geschwindigkeitskomponente senkrecht zur Oberfläche des brechenden Mediums führt. Diese Annahme erklärt einerseits den entstehenden Brechungswinkel (zum Lot hin). Andererseits muss dann aber die Lichtgeschwindigkeit im Medium als größer angenommen werden als die in Luft. Nach der Huygens'schen Sichtweise verhält es sich mit den Lichtgeschwindigkeiten gerade umgekehrt. Neben dem Verhältnis von Einfallswinkel und Brechungswinkel kann auch das Verhältnis der Ausbreitungsgeschwindigkeiten geometrisch aus dem Huygens'schen Prinzip der Elementarwellen abgeleitet werden. Für eine experimentelle Bestätigung dafür hat es allerdings noch ein Jahrhundert gebraucht.

In einem engen Verhältnis zum Licht steht hinsichtlich der Theorieentwicklung die Wärme als physikalisch zu beschreibender Begriff. Beide Phänomene treten häufig vereint auf. Dem Licht wohnt schließlich Wärme inne, wie es aus optischen Experimenten mit Brennläsern oder Brennsiegeln bekannt war. So

erscheint es auch folgerichtig, dass für die Wärme mit dem ‚Wärmestoff‘ bzw. den ‚Feuerteilchen‘ ein vergleichbarer Erklärungsansatz entwickelt wurde.

Zum Ende des siebzehnten Jahrhunderts waren jedoch auch bereits solche Vorstellungen verbreitet, nach denen die Wärme ihren Ursprung in der Bewegung der Teilchen hat, die die Körper bilden. Somit wurden das Phänomen der Wärme und die Bewegungsenergie von Körperteilchen miteinander in Verbindung gebracht. Dennoch nahm die Entwicklung der Modellvorstellungen von ‚Wärme‘ nicht unmittelbar den durch die Idee der Bewegung geprägten Verlauf. Zunächst etablierte sich die Theorie, deren Kern die Substanzvorstellung bildete.

Bei dem irischen Naturwissenschaftler und Mitbegründer der *Royal Society*, Robert Boyle (1627–1691), bedeutete Wärmeübertragung die Freisetzung der feurigen Atome aus dem atomaren Gefüge der gewöhnlichen Materie und Wiedereinfang durch andere Materie, die sich dann erwärmt. Mit dieser Wärmeteilchen-Theorie ist das beobachtbare Phänomen der Wärmeausdehnung konsistent. Sie bedeutet nämlich das Eindringen der Wärmeteilchen in die Poren des erwärmten Körpers. Hingegen konnte das Phänomen des Zusammenziehens von Körpern bei Abkühlung als Indiz gegen die anfänglich ebenfalls postulierte Existenz von Kälteatomen dienen. In die Zeit des siebzehnten Jahrhunderts fielen auch das Aufkommen und die Verbreitung von Thermometern. Damit verfügten die Naturforscher über ein Instrument zur quantitativen Untersuchung von Wärmephänomenen. Doch was zeigt es eigentlich an? Eine Interpretation im Sinne der Wärmesubstanz-Theorie würde lauten: Ein Thermometer misst die Konzentration der Feuersubstanz in Körpern.

Mit Wolff (1679–1754) kam der Gedanke des ‚Wärmefluidums‘ in die Naturlehre. Wärme war demzufolge eine sehr feine Flüssigkeit, die in eine spezielle Sorte von Poren der Körper eindringt und dort gebunden bleibt. Dabei existieren zweierlei Poren in gewöhnlicher Materie. Eine Sorte bietet Raum für das Eindringen von gewöhnlichen Medien wie Wasser oder Luft. Die andere steht dem Wärmefluidum zur Verfügung. Die Abhängigkeit dieser Poren vom jeweiligen Stoff führte schließlich auf den Begriff der ‚spezifischen Wärmekapazität‘. Joseph Black (1728–1799), ein schottischer Physiker und Chemiker, führte diese Idee weiter aus und beschrieb Wärme als eine elastische gewichtslose Flüssigkeit, das *Caloricum*. Dieses genügt einem Erhaltungssatz und geht mit dem Trägerstoff eine Art chemischer Verbindung ein. Somit erscheint bei Black erstmals auch das Konzept der ‚latenten Wärme‘.

Schließlich bildeten sich auch ‚Hybridmodelle‘ aus Substanzvorstellung und kinetischen Erklärungen. Eine einfache Verschmelzung beider Grundannahmen führte auf die Aussage, dass sich die in einem warmen Körper angesammelten Feuerteilchen in ständiger heftiger Bewegung befinden.

Obwohl die Wärmestoff-Theorie – wie wir inzwischen wissen – aufgegeben werden musste, entstanden auf ihrer Grundlage viele der heute im Schulunterricht genutzten Erkenntnisse der Wärmelehre. Im Rahmen dieser Modellvorstellung wurden solche bis jetzt vertrauten Begriffe wie ‚Wärmemenge‘, ‚spezifische Wärme‘ oder ‚latente Wärme‘ geprägt. Bis in die aktuelle Fachsprache der Physik hat die Vorstellung eines ‚Wärmefluidums‘ ihre Spuren hinterlassen. Hinter solchen Begriffen wie ‚Wärmefluss‘, ‚Wärmedämmung‘ (das ‚Errichten eines Dammes‘) oder auch ‚Wärmespeicher‘ steht schließlich nichts anderes als eine Substanzvorstellung. Solche residualen Bestandteile überholter Modelle in aktuellen Fachsprachen sind kaum zu vermeiden. Doch sollte dem – gerade in Ausbildungszusammenhängen – Beachtung geschenkt werden. Stellt man in fachdidaktischen Studien gewonnene Erkenntnisse zusammen (z. B. für den Wärmebegriff in Kasper 2011), ergeben sich augenfällige Parallelen zwischen der historischen Begriffsentwicklung und nichtadäquaten Vorstellungen von Lernenden im Fach Physik. Allein schon aus diesem Grund ist eine explizite und reflektierte Auseinandersetzung mit der Fachsprache und ihrer Entwicklung im Fachunterricht allgemeinbildender Schulen erforderlich. Die im vierten Kapitel besprochene Methode des (fiktiven) Dialoges und das im Anhang vorgestellte Beispiel zeigen hierfür eine praktische Umsetzungsmöglichkeit.

2 Émilie und Voltaire – zwei Genies kreuzen ihre Wege

2.1 Émilie du Châtelet – göttlich, genial, gegen den Strom

Émilie du Châtelet wuchs in den privilegierten Verhältnissen einer reichen Familie in Paris auf. Früh zeigten sich ihre Begabungen, zunächst vor allem auf sprachlichem Gebiet. Sie beherrschte bereits als Jugendliche mehrere Sprachen, darunter auch alte Sprachen, aus denen sie später Werke der antiken Literatur ins Französische übersetzte. Aber auch in Mathematik erreichte sie bald ein Niveau, dem nur noch ein Unterricht durch Universitätsprofessoren wie dem berühmten Mathematiker Pierre-Louis Moreau de Maupertuis gerecht wurde. Ihre Talente beschränkten sich jedoch nicht auf den ausschließlich kognitiven Bereich. Es hieß, sie sei eine außergewöhnlich gute Fechterin und Reiterin gewesen. Einer Überlieferung nach focht sie sogar mit Soldaten, wobei sie sich in diesem Wettstreit passabel gehalten haben soll.

Du Châtelet war dank ihrer Ausbildung und ihrer Ausbilder bestens verankert in den intellektuellen Zirkeln von Paris. Zwar blieb ihr als Frau ein Universitätsstudium verwehrt, doch genoss sie aufgrund ihrer Begabungen und der familiären Vermögenssituation eine mathematische Privatausbildung auf Universitätsniveau.

In der Mitte des achtzehnten Jahrhunderts entwickelte sich in Paris eine lebhafteste Kultur der akademischen Salons. Mitglieder der verschiedenen Fakultäten trafen sich nach den offiziellen Seminaren vorzugsweise in Kaffeehäusern zum fortgesetzten Debattieren. Für die Naturphilosophen und Mathematiker bildete das *Café Gradot* ein Zentrum zunehmender Bekanntheit und Beliebtheit. Wer auf sich hielt, ging dort hin. Das wollte sich auch Émilie nicht entgehen lassen und nahm einen ersten Anlauf. Die Café-Besitzer complimentierten sie jedoch schnell wieder hinaus, weil auch in diesen Salons Frauen keinen Zutritt fanden. Damit gab sich die genauso leidenschaftliche wie auch entschlossene Marquise nicht zufrieden. In ihrer ganz eigenen Art kehrte sie einige Tage nach dem Rauswurf zurück – diesmal in auserlesener Herrengarderobe! Erneut wollte der *Chef du Café* sie am Zutritt hindern. Jetzt aber begehrt die akademischen Gäste, allen voran Maupertuis, auf und bestellten ihr demonstrativ eine Tasse Kaffee. Wegen der Befürchtung der Café-Betreiber, ihre prominenten Gäste zu verlieren, wurde Émilie fortan geduldet, und die ‚Nur-für-Männer-Regel‘ galt seit diesem Vorfall als gebrochen. In diesem Zusammenhang sei angemerkt, dass diese Begebenheit keine allein mit dem Ego der Marquise zu erklärende Singularität ist. Du Châtelet zeigte sich an verschiedenen Stellen in ihren Publikationen als bewusste und frühe Kämpferin für eine Gleichbehandlung und Chancengleichheit der Geschlechter. In ihrer Übersetzung von Mandevilles *Bienenfabel* (1714) lässt sich folgender bemerkenswerte Kommentar finden:

Lassen wir den Leser darüber nachdenken, dass zu keiner Zeit in so vielen Jahrhunderten eine gute Tragödie, ein guter Roman, ein beachtenswertes Märchen, ein gutes Gemälde, ein Physikbuch jemals von einer Frau stammt, warum diese Wesen, die in der ähnlichen Weise wie Männer zu verstehen scheinen, durch unüberwindbare Hindernisse davon abgehalten werden. Lassen wir die Menschen einen Grund dafür finden, aber bis sie ihn finden, haben Frauen Grund, gegen ihre Erziehung zu protestieren.

Wenn ich König wäre, ich würde einen Missbrauch abschaffen, der die Hälfte der Menschheit zurücksetzt. Ich würde Frauen an allen Menschenrechten teilhaben lassen, insbesondere an den geistigen. Es scheint als wären sie nur geboren, um zu täuschen, dieses scheint die einzig intellektuelle Übung zu sein, die ihnen erlaubt ist. Die neue Erziehung würde der gesamten Menschheit zugute kommen. Frauen würden mehr wert sein und Männer könnten sich mit ihnen messen.

Ich bin überzeugt, dass sich viele Frauen aufgrund ihres Bildungsmangels ihrer Begabungen gar nicht bewusst sind oder dass sie sie verbergen wegen der Vorurteile gegenüber ihren intellektuellen Fähigkeiten. Meine eigene Erfahrung bestätigt dieses: Das Glück brachte

mich mit gebildeten Menschen zusammen, die mir die Hand zur Freundschaft reichten. Da begann ich zu begreifen, dass ich ein geistiges Wesen sei. (du Châtelet, Kommentar in der Einleitung der Übersetzung von Bernard Mandeville *The Fable of the Bees*)⁴

Im Folgenden werden einige der herausragendsten wissenschaftlichen Arbeiten du Châtelets angeführt. Unter ihnen ist sicher die Übersetzung und Kommentierung sowie Ergänzung von Newtons wichtigstem Werk (*Principia mathematica*),⁵ die du Châtelet buchstäblich in ihren letzten Lebenstagen fertigstellen konnte, besonders hervorzuheben.

1735: Übersetzung von Mandevilles *The Fable of The Bees: or, Private Vices Publick Benefits*

1735: *Problèmes de Géometrie et de Mathématique*

1737: *Dissertation sur la nature et la propagation du feu* (vgl. Abschnitt 3)

1739: *Institutions de Physique*

1749: Vollendung der Übersetzung und Kommentierung von Newtons *Principia mathematica*

Dem Werk *Dissertation sur la nature et la propagation du feu* ist hier ein eigener Abschnitt (3) gewidmet. Ein weiteres Werk, das nach seinem Erscheinen einige Beachtung gefunden hat, später aber nahezu in Vergessenheit geriet, ist eine Arbeit, in der Émilie ihrem Sohn, stellvertretend für die jugendliche Generation, physikalisches und naturphilosophisches Wissen vermittelt. Es handelt sich um die 1739 erschienenen *Institutions de Physique* und kann als eines der ersten Lehrbücher der Physik angesehen werden. Die *Institutions* sind einige Jahre später auch in deutscher Übersetzung erschienen (du Châtelet 1743). Aus didaktischer Sicht ist das Werk vor allem deswegen bemerkenswert, weil es in ganz selbstverständlicher Weise neben dem eigentlichen physikalischen Wissen auch solches über Methoden der Physik enthält und damit dem heute zu Recht geforderten Kriterium eines Lernens über die Physik im Sinne von ‚*Nature of Science*‘ in hervorragender Weise gerecht wird.⁶ Insbesondere die Rolle von Hypothesen bei der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung wird ausführlich behandelt (Kap. I: „Von den Gründen unserer Erkenntniß“; Kap. IV: „Von den Hypothesen“).

⁴ Übersetzung ins Deutsche: www.correspondance-voltaire.de (14. März 2016).

⁵ Sir Isaac Newtons Hauptwerk mit dem vollständigen Titel *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* erschienen 1687 in lateinischer Sprache.

⁶ Als ‚*Nature of Science*‘ werden in den naturwissenschaftlichen Fachdidaktiken ein Verständnis der Besonderheiten der Naturwissenschaften, epistemologische Vorstellungen sowie Wissen über die Grenzen von Naturwissenschaften verstanden.

Diese Herangehensweise ist aus historischen Gründen freilich naheliegend, bildeten doch Physik und Metaphysik zu dieser Zeit noch eine Einheit. Newtons ablehnende Haltung gegenüber einer Verwendung von Hypothesen wurde von du Châtelet sehr kritisch diskutiert. Mithilfe eines einleuchtenden Sprachbildes erläutert sie die Notwendigkeit von Hypothesen:

Einige Philosophen unserer Zeit fehlen unter andern auch darin, daß sie alle Hypothesen aus der Physik verbannen wollen. Sie sind darin so nothwendig, als die Gerüste an einem Hause, das man bauet. Zwar sind die Gerüste unnütze, wenn das Gebäude fertig ist, man konnte es aber ohne sie nicht ausführen. (du Châtelet 1743, 9)

Gleichzeitig warnt du Châtelet jedoch vor deren unüberlegtem Gebrauch:

Es ist freylich an dem, daß die Hypothesen das Gift der Philosophie werden, wenn man sie für Wahrheiten gelten lassen will; und vielleicht sind sie sodann gefährlicher als das unverständliche Schulgeschwätze der Scholastiker. [...] Hingegen verführt eine sinnreiche und kühne Hypothese, die sogleich einige Wahrscheinlichkeit zeigt, den Hochmuth der Menschen, sie anzunehmen. Der Verstand vergnügt sich daran, daß er die subtilen Gründe erfunden, und bedient sich danach aller seiner Scharfsinnigkeit, sie zu vertheidigen. (du Châtelet 1743, 10)

2.2 Voltaire (eigentlich: François-Marie Arouet)

Voltaire füllte das achtzehnte Jahrhundert unbestreitbar mit Glanz. Sein Ruhm verlieh ihm sogar politische Macht und Einfluss – wie beispielsweise auf Friedrich den Großen.⁷ Was passierte jedoch im folgenden Jahrhundert? Ab dessen zweiter Hälfte schien Voltaires Glanz in Europa schlagartig zu verblassen. An verschiedener Stelle wird sogar von Geringschätzung gesprochen. In einer Analyse im neunzehnten Jahrhundert will Emil Heinrich du Bois-Reymond zwar ein „Veralten seiner Poesie“, eine „Beschaulichkeit seiner Ästhetik“ sowie eine „Seichtigkeit seiner Poesie“ erkennen (du Bois-Reymond 1868, 6). Den wahren Grund für den Niedergang von Voltaires Ruhm sieht du Bois-Reymond jedoch bereits vor hundertfünfzig Jahren darin, dass die idealen Werte, für die Voltaire zeitlebens mit Mut und Hingabe einstand – Geistesfreiheit, Menschenwürde und Gerechtigkeit – „uns gleichsam zum natürlichen Lebenselement geworden sind, wie die Luft, an die wir erst denken, wenn sie uns fehlt“ (du Bois-Reymond 1868, 6).

⁷ Friedrich II. („Friedrich der Große“ oder auch der „Alte Fritz“) (1712–1786), ab 1772 König von Preußen und Kurfürst von Brandenburg, entstammt dem Geschlecht der Hohenzollern.

Ein wenig beleuchteter Bereich der geistigen Produktion Voltaires ist dessen Beziehung zur Naturwissenschaft. Seine Studien bilden trotz einer gewissen Randständigkeit in der Rezeption des Gesamtwerkes einen bedeutsamen Abschnitt in Voltaires geistig-philosophischer Entwicklung. Anregung zur Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlichen Fragen erhielt Voltaire ganz sicher durch du Châtelet und die besondere Atmosphäre während der mit ihr gemeinsam auf Schloss Cirey verbrachten Zeit.

In den 20er Jahren des achtzehnten Jahrhunderts herrschten in Frankreich noch die Lehren Descartes', der große Erfolge in der Mathematik erzielte, dessen physikalische Theorien sich jedoch in verschiedener Hinsicht als Irrwege erwiesen. Zu dieser Zeit etwa erreichte in England die ‚mathematische Physik‘ Newtons ihren Höhepunkt. Auch Voltaire fühlte sich davon stark beeindruckt, was ihn zum Anhänger dieser neuen Naturphilosophie werden ließ. Diesen seinen Eindruck wiederum teilte er Émilie mit, die ihrerseits die unglaubliche Leistung vollbrachte, Newtons Hauptwerk *Principia mathematica* sowohl zu übersetzen als auch zu kommentieren.⁸ Ihre Übersetzung galt lange Zeit als die Beste im französischen Sprachraum.

Das eigentliche Initialereignis für Voltaires naturwissenschaftliche Publikationstätigkeit ist eine Lesung des Venezianers Francesco Alcoretti, einem Schriftsteller, der Wissenschaft und Kunst einem großen Publikum bekannt machte. Beide begegneten sich 1735 in Cirey. Alcorettis größtes (populär-)wissenschaftliches Verdienst ist sein Werk *Il Newtonianismo per le Dame* (1737).⁹ Er war immerhin Mitglied der *Royal Society* und hat einige der optischen Experimente Newtons in einer von der wissenschaftlichen Gemeinde anerkannten Weise mit hoher Präzision repliziert.¹⁰ Auf Schloss Cirey las Alcoretti aus seinem Werk vor, was wiederum Voltaire veranlasste, seinerseits eine solche Aufklärungsarbeit für sein Heimatland zu leisten. Das Ergebnis ist die Veröffentlichung der *Éléments de la philosophie de Neuton*. Allerdings wurde Voltaire die Druckerlaubnis im eigenen Land verwehrt, weshalb das Buch erstmals 1738 in den Niederlanden erschien. Es erlebte mehrere Folgeauflagen, denen Voltaire noch eine Kritik der Cartesischen und Leibniz'schen Systeme (natürlich aus Newton'scher Position) hinzufügte. Zum Veröffentlichungszeitpunkt hatte Newtons Lehre – zögerlich erst – über junge Akademiemitglieder wie Maupertuis und Alexis-Claude Clairaut Fuß fassen

⁸ Dabei hatte du Châtelet mathematisch-fachlichen Beistand in Gestalt von Alexis-Claude Clairaut (1713–1765) einem französischen Mathematiker und Physiker.

⁹ „Newton für die Dame“ (1737).

¹⁰ 1660 gegründete britische Gelehrtenengesellschaft für Naturwissenschaften mit dem Status einer Akademie der Wissenschaften.

können. Tonangebend und prägend im Land waren indes noch immer die einflussreichen Kleriker und Priester der französischen Vorrevolutionszeit sowie der mächtige Hof einschließlich des Adels. Letzterem gehörten auch die Damen der Gesellschaft an, deren Einfluss auf das öffentliche Meinungsbild nicht zu unterschätzen war. An genau dieses Publikum aber richtete sich Voltaires Veröffentlichung: eine gut gebildete breite Öffentlichkeit. So ist es am Ende nicht als alleiniges Verdienst der akademischen Naturwissenschaftler Frankreichs zu sehen, dass sich in Frankreich schließlich doch die Newton'sche Philosophie durchsetzen konnte. Es ist auch und zu einem erheblichen Teil den erfolgreichen Popularisierungsbemühungen Voltaires zu verdanken. Einige physikalische Begriffe (z. B. die ‚Schwere‘ und die ‚Lichtbrechung‘) wurden hier erstmals einer breiten französischen Öffentlichkeit nahegebracht. So lässt sich mit du Bois-Reymond (1868) Voltaire schließlich als Wegbereiter für eine junge aufstrebende Wissenschaftlergeneration mit Vertretern wie Jean-Baptiste le Rond d'Alembert oder Charles Augustin de Coulomb sehen. Was für Voltaire gilt, kann den Vertretern der Aufklärung insgesamt als eine didaktische Leistung zuerkannt werden: das Popularisieren von naturwissenschaftlichen Methoden und Erkenntnissen.

Voltaire gebührt noch in weiterer Hinsicht großer Respekt aus Sicht der Naturwissenschaften. In seiner Person verschmelzen Literatur und Wissenschaft zu einer Art *Science Fiction* und verhelfen gerade auch dadurch zeitgenössisch aktuellen naturwissenschaftlichen Ideen zur Verbreitung in einer gebildeten Öffentlichkeit. Ein exemplarischer Blick in *Mikromegas – eine naturphilosophische Erzählung* (1752) zeigt diesen Anspruch Voltaires (Voltaire 1976, 245–265). Herr Mikromegas, ein außerirdischer Reisender vom Sirius, mehr als tausendfach größer als die Menschen, und sein Gefährte vom Saturn, der die Menschen in der Größe immer noch um das weit mehr als Hundertfache übertrifft, steuern auf die Erde zu:

„Beachten Sie auch die ganze Form der Kugel. Wie platt ist sie an den Polen, wie linkisch dreht sie sich um die Sonne, so daß die Polargegenden unbedingt unfruchtbar bleiben müssen. Was mich tatsächlich darin bestärkt, daß hier niemand wohnt, ist der Eindruck, daß vernünftige Leute hier niemals bleiben würden.“ (Voltaire 1976, 254)

Später gelingt ihnen auch trotz technischer Schwierigkeiten ein Gesprächskontakt mit den Menschen, den ‚intelligenten Stäubchen‘ und ‚Milben‘:

Herr Mikromegas richtete nun das Wort an einen anderen Gelehrten, den er auf seinem Daumen hielt. Er fragte ihn, was seine Seele sei und was sie täte. „Gar nichts“, antwortete der Malebranche-Philosoph, „Gott tut alles für mich, in ihm sehe ich alles, ich tue alles in ihm: Er bewirkt alles ohne mein Zutun.“ – „Nicht existieren käme auf dasselbe heraus“, entgegnete der Weise vom Sirius. (Voltaire 1976, 264)

Die im ersten Zitat zunächst unscheinbar anmutende Erwähnung der abgeplatteten Form der Erde zeigt sich auf den zweiten Blick als ein zur Veröffentlichungszeit hochaktueller und auch brisanter naturwissenschaftlicher Befund. Am Ende des siebzehnten Jahrhunderts nämlich ergab sich aus Newtons Gravitationstheorie die Konsequenz, dass die Erde ein Rotationsellipsoid darstellt und folglich an den Polen abgeplattet sein muss. Messungen in Frankreich dagegen deuteten auf eine in Richtung der Rotationsachse gestreckte Gestalt der Erde hin. So wurde dieses Problem zu einer *cause célèbre*, zu einer Affäre von nationaler Bedeutung für die *Französische Akademie der Wissenschaften*. König Louis XV. stattete eine Expedition zur geodätischen Vermessung der Erde aus, die unter der Leitung von Maupertuis im Jahr 1736 nach Lappland führte. Ein Jahr später legte Maupertuis die Ergebnisse vor: Die Länge eines Meridianbogens von je 1 Grad beträgt in Polnähe 111,09 km und in Frankreich 110,46 km (Simonyi 2001, 153). Damit wurde Newtons Vorhersage einer abgeplatteten Erde triumphal bestätigt.

2.3 Glückliches Exil auf Château de Cirey

Du Châtelet und Voltaire gingen im Jahr 1734 eine Liebesbeziehung ein, die fünfzehn Jahre währte und das Leben beider ungemein bereicherte. Voltaire, dessen Publikationen ihm oft Schwierigkeiten mit dem Klerus bescherten, war wiederholt gezwungen, Paris zu verlassen. Ein verfallenes Gut des Marquis' du Châtelet, Émilies Gatten, bot sich als Exil an. Schloss Cirey, an der Grenze der Champagne zu Lothringen gelegen und damit weit genug von Paris entfernt, war als Zufluchtsort hervorragend geeignet. Voltaires solide finanzielle Situation erlaubte dem Paar, das heruntergekommene Gut zu renovieren und zu neuem, nie vorher gesehenem Leben zu erwecken. Mit welcher Entschlossenheit das Paar die wissenschaftliche Ausstattung ihres neuen Domizils vorantrieb, kann durch zeitgenössische Augenzeugenberichte illustriert werden. Hier zunächst eine Beschreibung der hauseigenen Bibliothek:

Bei diesen Bücherkäufen gingen sie so gründlich vor, daß die große Bibliothek in Cirey [...] mehr als zehntausend Bände aufwies und damit eine der größten im Frankreich jener Zeit geworden war. Darüber hinaus standen weitere fünftausend in Voltaires Arbeitsräumen. Émilie hatte zwei Arbeitszimmer, von denen jedes schließlich weitere drei- bis viertausend Bände beherbergte. Schloß Cirey, mitten in der Wildnis gelegen, hatte mehr Bücher als die meisten europäischen Universitäten. (Edwards 1971, 85)

Auch bei der Einrichtung eines Experimental-Raumes zeigte man nicht die Spur von Bescheidenheit:

Für solche Tests [Experimente] waren die meist überfüllten Räume des Schlosses zu klein, deshalb wurde die große Schloßhalle dazu ausersehen.

Sie glich bald einem enormen Physiklaboratorium. Überall sah man Metallrohre und Leitungen, die in geometrischen Mustern miteinander verbunden waren. Von den Deckenbalken hingen hölzerne Kugeln, die hin- und herschwangen, was für Vorübergehende nicht ganz ungefährlich war. [...]

Unermüdlich führte Émilie Experimente aus, um die Richtigkeit der Newtonschen Thesen über die Reaktion physikalischer Kräfte zu beweisen. Die große Halle, angefüllt mit allen möglichen Instrumenten, glich bald einem Irrgarten. (Edwards 1971, 108–109)

3 Die Ausschreibung der *Académie des Sciences* 1737

Wie gelangt man von den bislang genutzten Beispielen aus der Mechanik, insbesondere solchen zur ‚Kraft‘ hin zum Wärmebegriff oder gar zu einer konzeptuellen Wärmelehre?¹¹ Eine historisch authentische Fragestellung hilft hier vielleicht weiter: Woher kommt die Kraft, wenn ein Funke einen ganzen Brand entzünden kann? In vergleichbarer Weise, aber noch schärfer auf das viel diskutierte Wesen der Wärme fokussiert, wurde die Frage vom russischen Universalgelehrten Michail Wassiljewitsch Lomonossow (1711–1765) formuliert: Woher kommt plötzlich der ganze ‚Wärmestoff‘ bzw. die offensichtlich große Menge an ‚Feuerteilchen‘ beim Zünden einer Menge (kalten) Schießpulvers durch einen kleinen Funken? Der durchaus spöttische Tonfall lässt unschwer die Zweifel Lomonossows an der Wärmestofftheorie erkennen. Immer wieder wurde in der wissenschaftlichen Gemeinschaft auch auf das Problem einer prinzipiell unerschöpflichen Wärmestoff-Quelle durch Reibung hingewiesen – ein Problem, das im Rahmen der Wärmestoff-Hypothese immer unlösbar blieb und das schließlich am Ende des achtzehnten Jahrhunderts endgültig der kinetischen Wärmetheorie zum Sieg verhelfen sollte. Fragen wie diese verweisen auf eine wissenschaftlich unbefriedigende Situation zwischen den konfligierenden Theorien zum Wesen der Wärme und wurden dadurch zum Gegenstand eines Preisausschreibens der *Pariser Akademie der Wissenschaften*. Solchen ungelösten Problemen von zeit-

¹¹ Der Kraftbegriff im Zeitraum der Publikationen von Descartes bis Leibniz war ein gänzlich anderer als der heute verwendete Begriff der physikalischen Größe ‚Kraft‘. Insbesondere die „lebendige Kraft“ (*vis viva*) im Leibniz’schen Sinn spielte eine zentrale Rolle in den Betrachtungen der zeitgenössischen Naturphilosophie wie auch in den Publikationen du Châtelets und steht mit der heute als Bewegungsenergie gemeinten skalaren Erhaltungsgröße im Zusammenhang.

genössisch großer wissenschaftlicher Bedeutung widmete die *Pariser Akademie* sich derart, dass sie ein sehr hohes Preisgeld für klärende Beiträge ausschrieb. So auch 1737, als es um ‚*La nature du feu*‘ ging. Wie immer bei diesen Gelegenheiten nahmen auch an diesem Wettbewerb viele namhafte Forscher teil.

So geriet auch das Schloss Cirey in Aufregung und Betriebsamkeit. Voltaire beteiligte sich ganz offiziell am Essaywettbewerb und arbeitete einen Beitrag aus. Was er selbst nicht wusste: Nur einen Monat vor Einsendeschluss entschied auch du Châtelet sich, einen eigenen Essay einzureichen. Das konnte aus Sicht einer Frau freilich nur anonym geschehen. Selbst vor ihrem Lebensgefährten, Geliebten und intellektuellen Partner Voltaire hielt sie es bis zum Tag der Abgabe geheim. So blieben ihr, die mit sehr wenig Schlaf auskam, nur die Nächte zum Experimentieren und Schreiben. Aus zeitgenössischen Berichten ist du Châtelets Methode überliefert, sich der irgendwann in der Nacht einsetzenden Müdigkeit zu erwehren. Dafür steckte sie angeblich beide Arme tief in eiskaltes Wasser, um sie nach dem einsetzenden Kälteschmerz exzessiv trocken zu schütteln.

Letztlich aber wurden weder Voltaire noch du Châtelet Gewinner dieses Wettbewerbs. Das gelang neben zwei unbekannten Forschern (einem Jesuiten und einem Adligen) dem zu dieser Zeit noch jungen Physikprofessor Leonard Euler. Wohl aber wurden beide Essays aus Cirey in den Preisträger-Band zusammen mit den drei preisgekrönten Beiträgen aufgenommen. Fünfundzwanzig weitere Schriften wurden erst gar nicht zugelassen. Als Mitglieder der Jury arbeiteten renommierte Wissenschaftler wie René-Antoine Réaumur oder Charles Du Fay (vgl. du Bois-Reymond 1886, 13).

Alle drei Gewinner-Essays (auch derjenige Eulers) boten Erklärungen im Sinne der alten, vor allem cartesianischen Physik auf der Grundlage der Wirbeltheorie zur Deutung von Wärmephänomenen. Von Kritikern wird dies als ein entscheidendes Kriterium für den Erfolg vor der Jury der Akademie gesehen.

Voltaire selbst griff die Preisfrage in der Manier eines Experimentators auf. Als uneingeschränkter Anhänger Newton'scher Ideen ging Voltaire wie dieser von einer Stoffhypothese der Wärme aus. Einen Schwerpunkt seiner experimentellen Nachforschungen bildete dabei die seinerzeit noch nicht abschließend geklärte Wägbarekeit des Wärmestoffs. Zu diesem Punkt lag widersprüchliche experimentelle Evidenz vor. Während der niederländische Chemiker und Mediziner Hermann Boerhaave (1668–1738) feststellen konnte, dass Eisen im glühenden wie im kalten Zustand von gleicher Schwere war, zeigten andere Versuchsdurchführungen, im Jahr 1667 von Samuel Cottureau du Clos und im Jahr 1700 von Wilhelm Homberg durchgeführt, eine Zunahme des Gewichtes bei der ‚Calcinierung‘ von Metallen durch Wärmezufuhr (Hentschel 2007, 190–191; du Bois-Reymond 1868,

15).¹² Also führte Voltaire eigene Experimente durch in Cirey wie auch in einer Eisenhütte im nahegelegenen Choumont. Genau genommen sind es Replikationen der Versuche von Boerhaave, in deren Verlauf Voltaire Eisenbarren von bis zu 200 Pfund (du Bois-Reymond 1886, 15) bzw. 2000 Pfund (Hentschel 2007, 180) bis zur Rotglut erhitze und auf eine Gewichtszunahme prüfte. Seine Versuchsergebnisse deuteten wohl eher auf die Unwägbarkeit des Wärmestoffes hin, gleichwohl blieb Voltaire als Newtonianer darüber stets im Zweifel.

Einer Analyse Klaus Hentschels zufolge stimmten in ihren Essays du Châtelet und Voltaire darin überein, dass das Feuer von anderen Körpern unabhängig ist. Ein starkes Indiz hierfür ist die Brennspiegel-Wirkung im Vakuum. Auch waren beide davon überzeugt, dass das Feuer vor allen anderen Körpern auf der Erde existiert haben muss, ferner dass es sich überhaupt um einen Körper handeln muss und dabei eine elementare, nicht weiter zerlegbare Substanz darstellt, für die schließlich eine Art Erhaltungssatz zu fordern ist (vgl. Hentschel, 2007, 184).

In beiden Arbeiten blitzten jedoch auch – trotz des Festhaltens an der althergebrachten Wärmeauffassung – Originalität und Scharfsinn auf. So erklärte Voltaire die von du Clos und Homberg dokumentierte Gewichtszunahme der Metalle bei Erwärmung mit der Aufnahme eines Stoffes aus der Luft, ein „Gemenge von Dämpfen“ und kam damit der Idee der Oxidation schon sehr nahe (du Bois-Reymond 1886, 15). Indem Voltaire eine heiße Eisenplatte zwischen zwei kältere legte, konnte er zeigen, dass sich diese – unabhängig von der Lage dieses so gebauten ‚Sandwiches‘ im Raum – gleichmäßig erwärmen. So konnte Voltaire eine verbreitete Spekulation ausräumen, derzufolge Wärme(stoff) als solcher von selbst aufwärts oder abwärts strebt. Er beobachtete weiterhin in Experimenten, dass gleiche Mengen verschiedener Flüssigkeiten wie Öl, Wasser und Essig von verschiedener Temperatur in Mischungen nicht die erwartete mittlere Mischungstemperatur aufwiesen. Damit blieb Voltaire nur einen Schritt vom Begriff der spezifischen Wärmekapazität entfernt (vgl. du Bois-Reymond 1886, 15–16).

Du Châtelet, die ihre Abhandlung der Überlieferung nach in nur acht Nächten schrieb, erhob hinsichtlich der Gewichts-Versuche das Feuer zum „Antagonisten der Schwere“ (Hentschel 2007, 185).

Ihre Arbeit (du Châtelet 1738) enthielt weiterhin eine innovative experimentelle Idee zum Zusammenhang von Wärme und Farbe. In einem einfachen und für die aktuelle Lehrkunst immer noch fruchtbaren Versuch plante Émilie zu zeigen, dass verschiedene Farben Wärme in unterschiedlicher Weise aufnehmen (vgl. Abschnitt 5). Ob sie diesen Versuch *in praxi* tatsächlich erfolgreich durchführen konnte, ist durch die Quellenlage jedoch nicht eindeutig belegbar.

12 Als ‚Calcinieren‘ wird im Allgemeinen das starke Erhitzen fester Stoffe bezeichnet.

4 Dialog und Narration als Lehrmethode auch für die Naturwissenschaften

Lernen und Erzählen bilden unabhängig von Fach und von situativen Kontexten eine untrennbare Einheit. Lernen wird hier als ein auf Erfahrungen rekurrierender Prozess sowie als Teilhabe an Kultur gesehen. Mit Erzählungen machen wir uns und anderen Erfahrungen überhaupt erst zugänglich. Erzählen bestimmt auch den Physikunterricht mehr als Lehrenden oft bewusst ist. Erzählungen konstituieren Sinn und Bedeutung, sie stiften Identität und schaffen subjektive Zugänge zur Natur und den Naturwissenschaften für Lernende, die einen anderen Zugang nicht oder nur sehr schwer finden und sich schließlich frustriert von einem Fach wie Physik abwenden.

Mithilfe narrativer Sequenzen kann die Lehrperson die Betonung auf ganz bestimmte fachliche Teilaspekte legen. Verschiedene fachliche Aspekte können in einen Zusammenhang gestellt und bekanntes Vorwissen der Lernenden kann mit neuen Informationen verknüpft werden. Der narrative Unterrichtseinstieg kann somit die Funktion eines *advance organizers* übernehmen.

Schließlich ermöglichen die Methoden des Erzählens oder des dialogischen ‚In-Szene-Setzens‘ eine Verbindung fachlicher und überfachlicher Aspekte und tragen so zur Förderung des interdisziplinären Denkens bei.

Mit dem narrativen Unterrichtsarrangement, wie im folgenden Abschnitt konkretisiert, sind die folgenden fachlichen Frage- und Zielstellungen verbunden:

1) *Was ist Wärme?* Hier soll wiederholend eine physikalische Größe begrifflich gefasst werden, die Voltaire in der ersten Dialogszene vergeblich mit der Waage zu bestimmen versucht. Unter physikalischer Sicht bedeutet es zu fragen, ob Wärme materieller Natur ist. Diese Sichtweise wie auch ihre Überwindung war prägend für den historischen Erkenntnisprozess und spielt auch heute für Schülervorstellungen noch eine Rolle.

2) *Wie kann Energie thermisch übertragen werden?* Relevant sind hier die von Émilie in der zweiten Szene vage angedeuteten Ideen für Experimente. Zentral ist dabei die Gedankenführung ausgehend von dem als Phänomen erlebbaren Zusammenhang zwischen Licht und Erwärmung (z. B. bei einer Glühlampe) über die Zusammensetzung des Lichtes (der Sonne oder einer Glühlampe) hin zur offenen Frage: Welcher spektrale Anteil des Lichtes überträgt die Energie eigentlich wie gut?

Neben den explizit fachlichen Zielen verfolgt dieser Unterrichtseinstieg auch metakonzeptuelle Ziele. Hier wären in expliziter Weise Fragen zu klären wie: Auf

welchen Wegen gelangen Forscherinnen und Forscher zu Erkenntnissen? Welche Rolle spielen dabei Hypothesen, Experimente und Modelle?

Es sind somit genau jene Fragen, die vor etwa dreihundert Jahren bereits die Philosophen und Naturforscher bewegten und für die auch heute die Antworten nicht trivial sind. Es ist aber viel gewonnen, wenn jungen Menschen Anstöße zum eigenen Urteilen und zur Emanzipation von Autoritätsdenken gegeben werden – ganz im Sinn von du Châtelet:

So nöthig ich es erachtet, euch vor der Partheylichkeit zu warnen; so viel nöthiger, glaube ich, sey es, euch dieses einzuschärfen, daß ihr die Hochachtung vor den größten Männern nicht bis auf eine blinde Anbetung hinaus treibet, wie die meisten ihrer Schüler zu tun pflegen. Jeder Philosoph hat etwas gesehen; keiner aber alles. Kein Buch ist so schlecht, daraus nicht etwas zu lernen, und keines so gut, daran nicht etwas zu tadeln wäre. [...] Dieses Exempel soll euch darthun, daß, wenn man seine Vernunft gebrauchen kann, man niemandem auf sein Wort glauben, sondern alles selbst prüfen, und die Hochachtung so lange bey Seite setzen solle [...]. (du Châtelet 1743, 11–12)

5 Zwei nächtliche Szenen mit Émilie

5.1 Experimentierszene mit Voltaire und Émilie

Voltaire replizierte als glühender Anhänger Newtons dessen Experimente zur Natur der Wärme. Insbesondere versuchte er, endlich brauchbare Ergebnisse hinsichtlich der Wägbbarkeit des ‚Wärmestoffs‘ zu erzielen. Dafür begab er sich auch in eine nahe Cirey gelegene Eisengießerei und untersuchte große Eisenstücke im kalten und heißen Zustand. Seine Versuche blieben unbefriedigend, und Émilie, die ihn oft begleitete, ahnte dieses Problem. Eine Szene – wie sie sich vor etwa 280 Jahren hätte abspielen können – stellt den ersten Teil des fiktiven Dialoges dar und bietet Inszenierungs-, Identifikations- und Diskussionsmöglichkeiten für Schülerinnen und Schüler im Unterricht.

Voltaire Meine Liebe, sollten wir nicht wieder einen Salon in Cirey veranstalten, endlich wieder kluge Köpfe einladen?

Émilie Passen Sie auf, das Eisen glüht längst rot! Auf die Waage!

Voltaire (Hantiert mit der Zange und versucht, den glühenden Eisenquader vom Feuer zu bekommen.) Wie wäre es im nächsten Monat? Wir erfahren dann wieder das Neueste aus Paris. Und: Sie können nicht nur zwischen Brenngläsern und Thermometern stehen. Das ist auf Dauer keine gute Gesellschaft!

- Émilie *A propos* Thermometer: Sie haben neulich wieder zwei zerplatzen lassen. Wir brauchen bald Nachschub! Was ist nun, was sagt die Waage?
- Voltaire (Sieht ärgerlich zur Waage.) Die Experimente wollen einfach nicht zur Vermutung passen! Mal wiegt das Eisen mehr, mal weniger, wenn es heiß ist.
- Émilie Vielleicht lässt sich Wärme einfach nicht auf der Waage messen. Ich meine, nicht so wie Kartoffeln oder Äpfel. Wärmestoff ist vielleicht ganz ohne Gewicht, irgendwie subtil.
- Voltaire Subtil, ja ja, ... Na für heute reicht es mir. Ich ziehe mich in's Schlafgemach zurück, muss nachdenken ... (Geht ab, murmelt)

5.2 Die „Wäsche-Szene“ zwischen Émilie und ihrer Kammerzofe Agnès

Diese Szene thematisiert eine Schlüsselidee du Châtelets aus ihrem Wettbewerbsbeitrag für die *Pariser Akademie der Wissenschaften*. Mit Originalität und naturwissenschaftlichem Gespür entwickelt sie eine experimentelle Anordnung, die simpel aussieht, der jedoch die nichttriviale Hypothese über den Zusammenhang von Licht, Wärme, Farben und Strahlungsabsorption zugrunde liegt. Reichlich sechzig Jahre später führte übrigens eine ganz ähnliche Idee zur Entdeckung der nicht sichtbaren Infrarotstrahlung durch William Herschel (1738–1822), dem englischen Astronomen mit deutscher Herkunft. Auch diese Szene lädt zur Inszenierung, insbesondere aber zur experimentellen Mitarbeit im Unterricht ein. Sie ist auch geeignet, im Rahmen von Physikunterricht in das Thema Wärmestrahlung bzw. Infrarotstrahlung einzuführen.

- Émilie Agnès, bist ja noch wach! Schläft der Herr Voltaire schon?
- Agnès Ja, Madame. Ich trage nur noch den Wäschekorb in die Kammer. Und Ihr? Werdet Ihr wieder schreiben die ganze Nacht?
- Émilie Mach dir keine Sorgen, das gehört zu meinem Glück. (Sie hält inne und starrt auf den Wäschekorb.)
- Agnès Madame?
- Émilie Du hast die Wäsche am Nachmittag von der Leine genommen, nicht wahr? Und es schien die Sonne heute. Und was für schöne Farben die Stoffe haben!
- Agnès Mein Gott ja, Madame. Ich nahm sie von der Leine. Und ja, es schien die Sonne. Das sind Eure Betttücher! Ich mache mir Sorgen um Euch
- ...

Émilie Vollkommen überflüssig, mir geht es prächtig. Du hast mich nur auf einen Gedanken gebracht. Lass mir eines der weißen Tücher da. Oder besser, schneide es in sieben gleiche Streifen und bringe sie mir morgen. Ich brauche sie für ein Experiment.

Was hat Émilie mit dem zerschnittenen Betttuch vor? Ihre Plan war so einfach wie genial: Die sieben Stücke werden den sieben Farben des Regenbogens entsprechend gefärbt. Anschließend, so die Marquise, werden sie wieder zusammenge-näht, in ein Wasserbad getaucht und zum Trocknen (in der Sonne) aufgehängt. Ihrer durchaus richtigen Hypothese zufolge sollte es dann zu unterschiedlich schnellem Trocknen der einzelnen Farbabschnitte kommen. So einfach diese Experimentier-Idee anmutet, so fortschrittlich ist der dahinterliegende Gedanke eines Zusammenhangs von Energieabsorption und Farbe der absorbierenden Fläche. Solche und ähnliche Experimente lassen sich in einem Unterrichtsarrangement begleitend oder ergänzend zum gelesenen Dialog von den Lernenden durchführen.

Auf diese Weise wird den Lernenden nicht nur das ‚Faktenwissen‘, also das Wissen über Begriffe und Größen, und ‚fachliches Können‘, z. B. das Messen und Berechnen, vermittelt. Über diese Aspekte hinaus wird mit dem hier vorgestellten Ansatz einer expliziten und reflektierten Auseinandersetzung mit dem Entstehen von naturwissenschaftlichen Erkenntnissen und ihrer notwendigen Verbindung mit subjektiven Perspektiven ein Wissensbereich anderer Qualität angesprochen. In diesem geht es um eine Diskurs- und Urteilsfähigkeit sowie um die so genannte ‚scientific literacy‘.¹³ Beide Aspekte des Wissens werden in der physikdidaktischen Literatur als bedeutsam angesehen und mit den Begriffen ‚Verfügungswissen‘ (Faktenwissen, fachliches Können) und ‚Orientierungswissen‘ bezeichnet (Muckenfuß 1995). Das Verfügungswissen bildet die notwendige Basis für den Erwerb des Orientierungswissens, das – wenn es als Ziel eine zentrale Rolle spielt – zu einem Lernen in sinnstiftenden Kontexten führt und die Aussicht auf eine nachhaltige Interessensentwicklung bei den Lernenden erlaubt.

¹³ *Scientific literacy* meint naturwissenschaftliche Grundbildung, die als Schnittmenge verschiedener Kompetenzen aus den Bereichen ‚Wissen‘, ‚Handeln‘ und ‚Bewerten‘ beschrieben werden kann (vgl. hierzu Gräber et al. 2002).

Literaturverzeichnis

- Algarotti, Francesco. *Dialoge über die Optik Newtons*. Hannover: Wehrhahn Verlag, 2012.
- Arianrhod, Robyn. *Seduced by Logic: Émilie du Châtelet, Mary Sommerville and the Newtonian Revolution*. New York: Oxford University Press, 2012.
- du Bois-Reymond, Emil. *Voltaire in seiner Beziehung zur Naturwissenschaft: Festrede in der öffentlichen Sitzung der Königlich-Preussischen Akademie der Wissenschaften zur Gedächtnisfeier Friedrichs II. am 30. Januar 1868 gehalten von Emil du Bois-Reymond, beständigem Sekretär der Akademie*. Berlin: Ferd. Dümmler's Verlagsbuchhandlung, 1868.
- du Châtelet, Émilie. *Dissertation sur la nature et la propagation du feu*. Print on demand: bibliothèque numérique Gallica, 1744.
- du Châtelet, Émilie. *Der Frau Marquisinn von Chastellet Naturlehre an ihren Sohn*. Bd. 1. Halle und Leipzig: In der Rengerischen Buchhandlung, 1743.
- Edwards, Samuel. *Die göttliche Geliebte: Voltaire und Emilie du Châtelet*. München: Deutsche Verlagsanstalt, 1971.
- Fischer, Kuno. *Gottfried Wilhelm Leibniz: Leben, Werke und Lehre*. Wiesbaden: Marix Verlag, 2009 [1920].
- Gipper, Andreas. *Wunderbare Wissenschaft: Literarische Strategien naturwissenschaftlicher Vulgarisierung in Frankreich von Cyrano de Bergerac bis zur Encyclopédie*. München: Wilhem Fink Verlag, 2002.
- Gräber, Wolfgang, Peter Nentwig, Thomas Koballa, und Robert Evans. *Scientific Literacy: Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinbildung*. Opladen: Leske und Budrich, 2002.
- Hagengruber, Ruth (Hg.). *Émilie du Châtelet between Leibniz and Newton*. Dordrecht, Heidelberg, London und New York: Springer, 2012.
- Hagengruber, Ruth. „Gegen Rousseau – für die Physik: Gabrielle Emilie du Châtelet (1707–1749): Das Leben einer Wissenschaftlerin im Zeitalter der Aufklärung“. *Konsens* 3 (18) 2002: 27–30.
- Hentschel, Klaus. *Unsichtbares Licht? Dunkle Wärme? Chemische Strahlen?* Diepholz, Stuttgart und Berlin: Verlag für Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik, 2007.
- Kasper, Lutz. „Émilie auf dem Weg zur Wärmestrahlung: Ein narrativer Unterrichtseinstieg in das Thema Wärmestrahlung“. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik* 139 (2014): 27–31.
- Kasper, Lutz. „Analogien, Metaphern und Modelle der Physik“. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik: Themenheft „Modelle“* 122 (2011): 32–36.
- Kasper, Lutz. *Diskursiv-narrative Elemente für den Physikunterricht*. Berlin: Logos Verlag, 2007.
- Muckenfuß, Heinz. *Lernen in sinnstiftenden Kontexten*. Berlin: Cornelsen Scriptor, 1995.
- Reichenberger, Andrea. *Émilie du Châtelets Institutions physiques: Über die Grundlagen der Physik*. (Diss.) Universität Paderborn, 2014.
- Schupp, Franz. *Geschichte der Philosophie im Überblick*. Bd. 3: *Neuzeit*. Hamburg: Meiner Verlag, 2003.
- Simonyi, Karoly. *Kulturgeschichte der Physik von den Anfängen bis heute*. Frankfurt a. M.: Harry Deutsch Verlag, 2001.
- Suisky, Dieter. *Émilie du Châtelet und Leonhard Euler über die Rolle von Hypothesen: Zur nach-Newtonschen Entwicklung der Hypothesen*. Max Planck Institut für Wissenschaftsgeschichte, Preprint 463, 2014.
- Voltaire. *Eléments de la Philosophie de Neuton: Mis à la Portée de Tout le Monde*. Amsterdam: Ledet, 1738.
- Voltaire. *Sämtliche Romane und Erzählungen*. Bd. 1 und Bd. 2. Leipzig: Insel Verlag, 1976.