

Batterien aufladen und andere Metaphern in und aus der Elektrizitätslehre: Einige Anmerkungen

Peter Heering¹ (peter.heering@uni-flensburg.de)

Abstract

Eine Reihe von Metaphern findet sich innerhalb der Naturwissenschaften, eine nicht unbedingt kleinere Zahl von Metaphern in der Alltagssprache basiert auf naturwissenschaftlichen Begriffen. Im Rahmen dieses Beitrags werden Metaphern diskutiert, die in die Elektrizitätslehre des 18. Jahrhunderts eingeführt wurden bzw. aus dieser physikalischen Teildisziplin stammen. Dabei wird zum einen aufgezeigt, dass die Metaphern in der Wissenschaft (zumindest in dieser Teildisziplin) gerade in der Phase der Entwicklung eines konzeptionellen Verständnisses entstanden. Hierbei wird deutlich werden, dass einige dieser Metaphern eng miteinander verknüpft sind und einen gemeinsamen Wissensbereich als Ursprung haben. Anschließend wird diskutiert werden, dass bei einigen der aus der Wissenschaft stammenden Metaphern der Alltagssprache ebenfalls Verknüpfungen auftreten. Daneben wird aufgezeigt, dass einige Metaphern eher aus dem konzeptionellen Bereich stammen, während andere sich von praktischen Handlungen ableiten, die teilweise heute weitgehend vergessen sind. Abschließend werden noch einige Anmerkungen im Hinblick auf das mögliche Potential von Metaphern als Indikatoren für den epistemischen Status gemacht.

A number of metaphors can be found in the natural sciences. The number of metaphors in common language that refers to scientific terms is not necessarily smaller. In this paper, metaphors are to be discussed that were introduced in the field of electricity during the 18th century and which result from this area respectively. In doing so, it will be demonstrated that metaphors were particularly introduced during the development of the conceptual understanding in a field. It will also be shown that several metaphors originate from the same area of knowledge. Likewise, several metaphors that are used in common language are also connected with each other both in the scientific area and in everyday language. Moreover, it will be shown that some metaphors originate from a conceptual domain whilst others are related to practical performances. Nowadays, scientists are often no longer aware of the latter type.

¹ Wesentliche Aspekte dieses Beitrags entstanden während einiger Forschungsaufenthalte am The Bakken Museum, Minneapolis. Der letzte dieser Aufenthalte, bei dem dann auch (neben der Arbeit an anderen Forschungsfragen) gezielt nach entsprechenden Beispielen gesucht wurde, fand im Sommer 2014 statt und wurde durch ein Visiting research fellowship unterstützt. Ich bin sowohl der Institution als auch deren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern zu Dank verpflichtet, die die Aufenthalte in der Einrichtung nicht nur zu einem wissenschaftlich bereichernden Erlebnis gemacht haben. Besonderer Dank gilt J. Burba, A. Fischer, R. Howell, und deren Vorgängerinnen E. Ihrig und E. Kuhfeld.

1. Einleitung

‘Die Batterien wieder aufladen’ ist eine der heute üblichen Metaphern, an der sich sehr schön die Zielrichtung dieses Beitrags illustrieren lässt. Es handelt sich hierbei um eine Metapher, bei der (scheinbar) ein naturwissenschaftlicher Sachverhalt auf eine Alltagssituation übertragen wird. Diese Metapher scheint deshalb besonders als Beispiel für das hier zu diskutierende gut geeignet, weil sie einerseits als misslungen bezeichnet werden kann – wer sich die Warnhinweise auf Batterien genau ansieht wird feststellen, dass diese gerade nicht wieder aufgeladen werden dürfen (anders wäre dies bei der Metapher *‘den Akku wieder aufladen’*). Andererseits ist der Begriff der *Batterie* nicht ursprünglich in der hier angesprochenen Form in der Elektrizitätslehre verwendet worden, sondern hatte eine andere Bedeutung und wurde auf ein neu entwickeltes Gerät übertragen. Und schließlich ist der Begriff der *Batterie* als Metapher in die Naturwissenschaften transferiert worden. Insofern illustriert dieses Beispiel die Facetten, die bei einer Analyse von Metaphern, die in die Naturwissenschaften eingeführt bzw. aus diesen entlehnt werden, zum Tragen kommen können: Metaphern können aus dem außerwissenschaftlichen Bereich in die Naturwissenschaften eingeführt werden, sie können aus einem Bereich der Naturwissenschaften in einen anderen überführt werden oder sie können aus den Naturwissenschaften in einen anderen Bereich (etwa den der Alltagssprache) übertragen werden.

Angemerkt sei an dieser Stelle bereits, dass dieser Beitrag keine systematische Darstellung leisten kann. Außerdem sei an dieser Stelle festgehalten, dass der Begriff der Metapher nicht trennscharf gegenüber dem der Analogie verwendet wird. Dies ist darin begründet, dass es sich bei beiden Formen um neue sprachliche Sinnzuschreibungen handelt, die gerade dadurch funktionieren, dass Begrifflichkeiten, die in einem Wissenssystem etabliert sind, in ein anderes überführt werden. In seinem sehr bemerkenswerten Beitrag Hentschel (2010) zwischen Metapher, Analogie, Modell und Theorie, indem er diese anhand des Abstraktheitsgrades bzw. der Konkretheit differenziert. Bei den hier dargestellten Beispielen der Einführung von Begriffen in die Elektrizitätslehre handelt es sich nach dieser Differenzierung um Metaphern, da die Beispiele ausgesprochen konkret sind (insbesondere für die jeweiligen historischen Akteure). Unklar bleibt allerdings, inwieweit hier bereits konzeptionelle

Aspekte zumindest implizit existieren, die dann ein höheres Maß an Abstraktheit bedingen – womit es sich dann um Analogien handeln würde. Gerade diese Unklarheit lässt es aber legitim erscheinen, auf entsprechende Beispiele in diesem Beitrag zu rekurrieren.

Metaphern und ihre Rolle in der Naturwissenschaft sind kein neues Thema innerhalb der Wissenschaftsforschung, sondern es liegt bereits eine Reihe von Studien zu diesem Thema vor (vgl. etwa Briesse 1998; Finke 2003; Hentschel 2010; Specht 2010).² In diesem Beitrag wird an einigen Beispielen aufgezeigt, welche Rolle Metaphern, die aus außerwissenschaftlichen Bereichen stammen, bei der Schaffung naturwissenschaftlichen Wissens spielen können. Gleichzeitig soll diskutiert werden, wie mit der Etablierung dieses Wissens und damit auch der hiermit geschaffenen Bedeutung der Begrifflichkeiten diese wiederum metaphorisch in außerwissenschaftliche Diskurse gelangen können. Dabei ist diese Diskussion im Wesentlichen auf das Feld der Elektrizitätsforschung des 18. Jahrhunderts beschränkt.³ Diese Epoche erscheint deshalb für die hier zu führende Diskussion geeignet, weil die Elektrizitätsforschung zu Beginn dieser Epoche noch sehr von Präideen im Sinne Ludwik Flecks (1980) geprägt oder, wie es Thomas S. Kuhn (1976) formulierte, vorparadigmatisch war. Gerade derartige Perioden scheinen dafür geeignet zu sein, neues Wissen und Verständnis gerade auch durch Verwendung von Metaphern (oder in Analogien) in Worte zu kleiden. Gleichzeitig ist diese Periode aber auch dadurch geprägt, dass im Rahmen der Aufklärung Wissenschaft Teil des öffentlichen Diskurses war und Amateure (im Sinne eines nicht professionell qualifizierten Liebhabers der Sache) durchaus an der Produktion neuen Wissens beteiligt waren. Insofern ist auch dies als ein weiterer Grund zu vermuten, dass die sich bildende Fachsprachlichkeit Begrifflichkeiten aus nicht-naturwissenschaftlichen Bereichen übernimmt.

² Daneben werden Metaphern auch aus der Perspektive der naturwissenschaftlichen Fachdidaktik diskutiert, für den Bereich der Physik ist hier insbesondere Kasper (2010) zu nennen, daneben siehe etwa Quale (2002) und Lancor (2012) für einzelne Fallstudien.

³ Anachronistisch formuliert ließe sich dieser Bereich auch als Elektrostatik bezeichnen, allerdings wird in der Diskussion deutlich werden, dass dieser Wissensbereich im 18. Jahrhundert keineswegs statisch untersucht wurde, sondern dynamische Phänomene spielten eine zentrale Rolle. Angemerkt sei außerdem, dass die Diskussionen und Beobachtungen keineswegs auf diese Epoche beschränkt bleiben müssen.

2. Metaphern in die Wissenschaft

Elektrizitätsforschung ist eine der zentralen Aktivitäten der Naturphilosophie in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts. Dabei wurde dieser Bereich darüber definiert, dass bestimmte Körper (die als ‚elektrisch‘ bezeichnet werden) die Eigenschaft haben, dass sie leichte Körper anziehen können, nachdem sie gerieben worden sind.⁴ Die Anfänge der Elektrizitätsforschung lassen sich zwar im 17. Jahrhundert verorten, aber speziell im Verlauf des 18. Jahrhunderts wurde diese zu einem Teil der Naturphilosophie und dabei konzeptionell von einer Ansammlung vereinzelter Beobachtungen zu einer Theorie entwickelt. Dabei entwickelte sich auch die sprachliche Beschreibung, die sowohl durch neuartige Phänomene und Instrumente wie auch durch ein sich weiterentwickelndes konzeptionelles Verständnis notwendigerweise ausdifferenziert wurde, dabei aber auch zunehmend standardisiert wurde.

Einer der zentralen Begriffe der Elektrizitätslehre des 18. Jahrhunderts ist der *Funken*, der immer wieder bei Entladungen beobachtet wurde. Dabei wird in den Diskussionen aus der Mitte des 18. Jahrhunderts deutlich, wo dieser Begriff seinen Ursprung hat:

„Hänget, wie vorher geschehen, einen Menschen auf. Haltet nahe sowohl an seinem Kopfe als auch an seinen Füßen eine electrische Röhre, und lasset einen anderen Menschen nahe an ihn treten, und seine Hand ohngefähr einen Zoll vom Gesichte desselben halten; so werden beyde einen geringen Schmerzen, etwann als wenn man mit einer Nadel gestochen, oder von einem Funken gebrannt würde, empfinden, und man wird zugleich einiges Gerassel hören.“
(Musschenbroek 1747: 240)⁵

⁴ Standardwerke zur Elektrizitätsforschung vor dem Ende des 18. Jahrhunderts sind nach wie vor Heilbron (1979) und Meya/Sibum (1987).

⁵ Um Missverständnisse zu vermeiden: Die angesprochene Person wird an seidenen Schnüren aufgehängt, dies dient der elektrischen Isolation der Person, die für derartige Versuche erforderlich ist (vgl. Abb. 1).

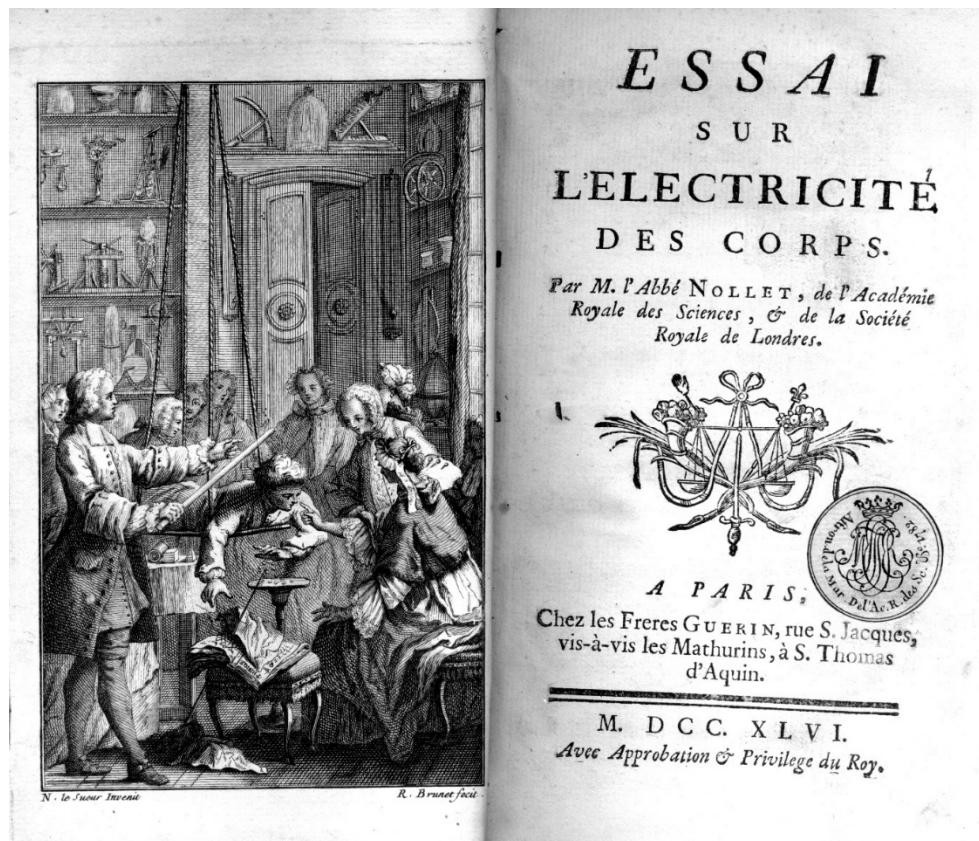


Abb. 1: Funkenziehen aus einer elektrisierten Person. Titelpupfer aus Nollet (1746), mit freundlicher Genehmigung von The Bakken Museum, Minneapolis

Vergleichbar hatte dies auch bereits Charles François de Cisternay Dufay (1698-1739) beschrieben: „Herr du Fay vergleicht den Schmerz, den dieser Stich verursacht, mit dem Brennen eines Funken.“ (Gralath 1747: 204). Zwei Aspekte werden an diesen ersten Beispielen bereits deutlich: Es gab keine Begrifflichkeit, mittels derer die Effekte in etablierter Weise beschrieben werden konnten, und der menschliche Körper und dessen Empfindungen spielten eine wesentliche Rolle in der experimentellen Gestaltung. Dieser Begriff des *Funkens* verselbständigte sich dann – später ist er der etablierte Begriff für den mit einer Lichterscheinung verbundenen Übergang elektrischer Ladungen von einem Körper auf den anderen (und kann als solcher dann wiederum metaphorisch in der Alltagssprache verwendet werden).

Bei der Beschreibung des Funkens ist bereits ein weiterer Begriff der Elektrizitätslehre, der aus einem anderen Wissensbereich stammt, verwendet worden: *Ladung* ist ein Begriff, der seinen Ursprung im militärischen Sprachgebrauch hat und in die Elektrizitätslehre eingeführt wurde. Dieser Begriff wurde insbesondere bei der Beschreibung der Leidener Flasche etabliert;

beispielsweise verwendete etwa William Watson (1715-1787) die Begriffe „charge“ und „discharge“ (Watson 1748: 55) in seiner Beschreibung des Verhaltens dieses Geräts.⁶

Um hier kein Missverständnis aufkommen zu lassen: *Ladung* war keineswegs der einzig verwendete Begriff zur Kennzeichnung von ‚Elektrizitätsmengen‘: andere Formulierungen zur Benennung sind etwa das „*electrical fire*“ (Martin 1746) oder das *elektrische Fluidum*. Ein in Zusammenhang mit der Leidener Flasche besonders interessantes Beispiel stammt von John Neale⁷, der formulierte: „In order to electrify the phial, as ‘tis commonly term’d, but more properly, to condense the electrical matter therein ...“ (Neale 1747: 31). Der Begriff der ‚*electrical matter*‘ bildet eine weitere Möglichkeit, wie Elektrizitätsmengen sprachlich benannt werden können, spannender ist aber der hier bereits verwendete Begriff des *Kondensierens* dieses Fluidums (der sich dann auch in der fachwissenschaftlichen Bezeichnung der Leidener Flasche als *Kondensator* niederschlägt). Deutlich wird an diesem Beispiel, dass Neale das Laden der Flasche nicht als ein Elektrisieren auffassen wollte, sondern durch Verwendung einer alternativen Begrifflichkeit sich von dem Prozess des klassischen Ladens abgrenzte.

Ladung (oder *Laden*) ist aber keineswegs der einzige Begriff, der aus dem militärischen Bereich⁸ kommt und in der Elektrizitätsforschung Verwendung

⁶ Die Leidener Flasche ist (zunächst) ein Glasgefäß, in dem sich etwas Wasser befindet. In das Wasser geht ein Draht, mit dem Elektrizität vom Konduktor einer Elektrisiermaschine in das Wasser geleitet werden kann, während das Gefäß von einer geerdeten Person in der Hand gehalten wird. Berührt diese Person anschließend den Draht, während sie die Flasche noch in der Hand hält, so erhält sie einen heftigen Schlag. Wesentlich erscheinen hier die Arbeiten Benjamin Franklins (1706-1790), der als erster eine kohärente Erklärung der Leidener Flasche leistete und hierbei auch die Begriffe ‚charge‘ und ‚discharge‘ verwendete (vgl. Franklin 1769).

⁷ Von John Neale ist lediglich dieses eine Werk überliefert, aus dem hier auch zitiert wird und das möglicherweise posthum erschienen ist.

⁸ „Der amerikanische Kognitionslinguist George Lakoff (*1941) hat freilich die Auffassung vertreten, dass die Wahl mancher Metaphern, speziell der sogenannten ‘konzeptionellen Metaphern’, sehr wohl auf ein dahinter stehendes Denkmodell schließen lasse: so zeige eine verstärkte Wahl militärischer Metaphern an, dass sich der Sprecher in einem mental-emotionalen ‘Kriegszustand’ befinde“ (Hentschel 2010, 22; Hentschel verweist hierbei auf Lakoff, George, and Johnson, Mark (1980): „Conceptual metaphor in everyday language.“ *The Journal of Philosophy* 77, 453-487). Wesentlich erscheint hierbei aber, dass sich Lakoff auf alltags-sprachliche Verwendung von Metaphern bezieht, dies scheint zumindest in obigem Beispiel nicht auf die Verwendung von Metaphern in fachsprachlichen Kontexten zu passen. Insofern

findet. So ist auch die Batterie in ihrem Ursprung im militärischen Gebrauch üblich und wird in der Elektrizitätslehre in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts für die Beschreibung einer Reihe von Leidener Flaschen verwendet, die gemeinsam ge- und entladen werden können. Daneben verwendete etwa Watson auch andere Begriffe zur Beschreibung der Leidener Flasche, die der im militärischen Bereich etablierten Terminologie entstammen: „the charged Phial was exploded ...“ (Watson 1748: 63) ist eine Formulierung zur Beschreibung der Entladung einer Leidener Flasche.

Allerdings sind die Metaphern militärischen Ursprungs nicht auf die Beschreibung der Leidener Flasche und der mit ihr erzeugbaren Effekte beschränkt. So beschrieb etwa Johann Heinrich Winkler (1703-1770) ein Experiment, in dem er mehrere Zylinder isoliert nebeneinander stellte – den ersten brachte er in die Nähe eines Konduktors der Elektrisiermaschine:

„Elektrisiret man die Röhre, ... so strömen die electrischen Funken zwischen allen Cylindern bey hellem Tage in einem fort. ... Diese zugleich knackenden Funken nenne ich die electrische Salve.“
(Winkler 1746: 25f.).⁹

In einem anderen Experiment gab er an, dass das Geräusch, das bei einer Entladung entstand, „ein Schlag genennet [wird], weil er mit Schalle, welchen das entzündete Pulver erregt, wenn es aus einem verschloßnen Raume hervordringet.“ (Winkler 1746: 91f.). Auch hier finden sich vergleichbare Beispiele auch im englischen Sprachraum: “The luminous spark, whenever it is attended with a snapping noise, we shall call an *explosion*.” (Wilson 1750: 12).¹⁰ An diesen Beispielen wird deutlich, dass die dem militärischen Bereich zuzuordnenden Begrifflichkeiten auch aus Analogieüberlegungen formuliert wurden – so stellt etwa Watson heraus, dass die „Explosion from any given Quantity of Electricity ... is greater or less in proportion to the Time expended in making the Explosion“ (Watson 1748: 110) und vergleicht dies mit dem unterschiedlichen Verhalten von Schießpulver, das unterschiedliche Zeiten

erscheint es sehr zweifelhaft, dass Elektrizitätsforscher, die entsprechende Metaphern verwendeten, sich in einem ‚mental-emotionalen Kriegszustand‘ befunden hätten.

⁹ Aus sprachlicher Sicht ist diese Metapher vergleichbar mit der von Watson verwendeten, er bezeichnete eines seiner Experimente als „*electrical mine*“ (vgl. Heilbron 1979: 318).

¹⁰ Vergleichbar spricht auch Martin von der dem *electrical fire*, das „to snap, or explode“ (Martin 1746: 16).

zum Verbrennen oder Explodieren benötigt, je nachdem, wie es hergestellt worden ist.

Festhalten lässt sich an dieser Stelle, dass die in die Elektrizitätsforschung eingeführten Metaphern durchaus aus unterschiedlichen Bereichen stammen – allerdings sind einige gerade aus spezifischen Bereichen wie etwa dem militärischen Sprachgebrauch, d.h. es gibt Metaphern, die aufgrund ihres Ursprungs als miteinander verbunden aufgefasst werden können. Spannend ist nun, dass einerseits diese Metaphern wiederum als eigenständige Begriffe metaphorisch zur Beschreibung neuer (naturwissenschaftlicher) Effekte oder Objekte verwendet werden (hierauf wird in den folgenden Abschnitten eingegangen werden), andererseits aber diese Metaphern auch wieder als Inspiration für entsprechende Versuche dienen können.

Dies sei an zwei Beispielen aus dem Kontext von Metaphern, die einen militärischen Ursprung haben, illustriert: Einerseits gibt es Versuchsanordnungen, bei denen eine „elektrische Kanone“ durch Entladen einer Leidener Flasche abgefeuert werden kann.¹¹ In einer geerdeten Modellkanone befindet sich Schwarzpulver. Eine außen ebenfalls geerdete Leidener Flasche wird solange aufgeladen, bis eine Entladung durch eine Funkenstrecke erfolgt.¹² Diese Entladung ist dann aufgrund der Dimensionierung in der Lage, durch den Entladungsfunken das Schwarzpulver zu zünden und damit die Kanone abzufeuern (vgl. Seiferheld 1787: 93f. sowie Cuthertson 1807). Andererseits kann bei dem „Feuermörser“ von einem aus Metall hergestellten Miniaturmörser aufgrund der elektrischen Abstoßung eine Holundermarkkugel herauskatapultieren werden – hier lassen sich mehrere derartige Geräte gemeinsam oder nacheinander „auswerfen“ (vgl. Seiferheld 1788: 76f.).

¹¹ In den folgenden Beispielen wird auf Experimente eingegangen, die eher aus einem Bildungs- oder Unterhaltungskontext heraus entwickelt worden sind.

¹² In Abb. 2 wird die Funkenstrecke durch den Abstand der Kugel an der Flasche und der Kugel, die die Figur hält, gebildet. Die Figur ist leitend (bzw. die Kugel und der in der anderen Hand platzierte Draht sind leitend miteinander verbunden), so dass bei dem Durchschlagen der Funkenstrecke die Entladung durch die Kanone erfolgt.

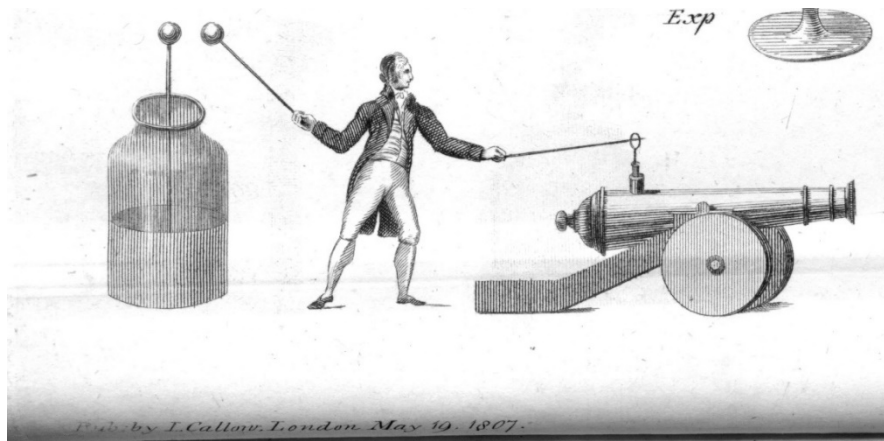


Abb. 2: Die elektrische Kanone. Aus Cuthbertson (1807), mit freundlicher Genehmigung von The Bakken Museum, Minneapolis

Als zweites Beispiel sei hier die „elektrische Jagd“ (vgl. Abb. 3, siehe auch Francis 1854: 60f.) angesprochen, bei der an einem mit der inneren Belegung der Leidener Flasche verbundenen Draht einige kleine Federn oder Holundermarkstücke mit Fäden befestigt waren. Wenn die Flasche aufgeladen wurde, so bewegten sich diese und wackelten aufgrund der Abstoßung an den Fäden hin und her und sollen in dem Experiment Vögel repräsentieren, die umherfliegen. Ähnlich wie bei der „elektrischen Kanone“ erfolgt auch hier eine Entladung durch die Funkenstrecke, die durch die an der Figur befestigte Kugel erfolgt. Dabei gibt es einen Knalllaut, gleichzeitig fallen die „Vögel“ herunter (da durch die Entladung auch die Abstoßungswirkung entfällt).



Abb. 3: Nachbau der „Elektrischen Jagd“

3. Innerwissenschaftliche Metaphern

Der bereits in der Einleitung als vielschichtig diskutierte Begriff der *Batterie* ist auch deshalb bemerkenswert, weil er innerhalb der Elektrizitätsforschung eine Bedeutungsverschiebung erhalten hat, bei der die Verbindung zum Ursprung der Bedeutung weitgehend aufgelöst wird, da die Referenz die innerwissenschaftliche ist. Mit der Etablierung der von Alessandro Volta (1745-1827) in einer Auseinandersetzung mit Luigi Galvani (1737-1798) entwickelten Kontaktelektrizität wurde auch ein Gerät beschrieben, das aus einer Aufeinander-schichtung von Kupfer-, Zink- und in Salzwasser getränkten Papierscheiben besteht¹³ und ebenfalls als *Batterie* bezeichnet wird. Funktional ist hier sicherlich die Parallelität zwischen der Reihen- bzw. Parallelschaltung mehrerer Leidener Flaschen und der mehrerer Voltaischer Elemente wesentlich gewesen, bei letzterer scheint daher die ursprüngliche militärische Konnotation nicht mehr gegeben zu sein.¹⁴

Daneben findet sich im 18. Jahrhundert auch der Begriff der *elektrischen Atmosphären*, der nicht nur metaphorisch ist, sondern auch konzeptionell aufzufassen ist. So wurde wiederholt davon ausgegangen, dass ein elektrisierter Körper von einer *Atmosphäre des elektrischen Fluidums* (oder der *elektrischen Fluida*) umgeben war (vgl. etwa Franklin 1769, siehe auch Home 1972). Und neben dieser Metapher gibt es auch die der *elektrischen Flüssigkeit* (vgl. etwa Marat 1784; Volta 1900; Kastner 1814: 297f.), die sich konzeptionell als ausgesprochen fruchtbar erwies, konnte sie doch gerade auch zur Beschreibung von elektrischen Leitungsprozessen (und der Unterscheidung von Leiter und Nichtleiter) einen Beitrag leisten.¹⁵ Dagegen war für das Verständnis des geschlossenen Stromkreises nicht etwa diese Metapher oder dieses Konzept wesentlich, sondern die unmittelbare Erfahrung im Umgang mit der Leidener Flasche, die bei ihrer Entladung alle Personen die physiologische Wirkung

¹³ Anders als von Specht (2010) formuliert, besteht das Voltaische Element nicht aus Metall – Papier – Metall, sondern aus zwei Metallscheiben, die miteinander in Kontakt stehen. Die einzelnen Elemente können dann mit den Papierscheiben verbunden werden. Spechts Beschreibung entspricht unserem modernen Verständnis, aber eben gerade nicht dem Voltas – dies wird auch anhand der wiedergegebenen Abbildungen deutlich.

¹⁴ Parallel hierzu wird mit der Tassenkrone ein weiteres Gerät eingeführt, dessen Bezeichnung wieder auf Alltagsbegrifflichkeiten zurückgeht.

¹⁵ Während der deutsche Begriff der ‚*Ladungsverluste*‘ sich nicht unmittelbar aus diesem Flüssigkeitskonzept ableiten lässt ist dies im englischen ‚*charge leakage*‘ durchaus der Fall.

spüren ließ, die sich in dem Kreis befanden, der innere und äußere Seite der Flasche verband.

4. Metaphern aus der Wissenschaft

Auf das in der Einleitung diskutierte Beispiel der *Batterie* (und des *Akkus*) sei an dieser Stelle noch nicht weiter eingegangen, stattdessen sollen hier einige andere Metaphern kurz diskutiert werden. Dabei werden zunächst Beispiele vorgestellt, bei denen die Metaphern aus der Verbindung von Elektrizität und Sexualität resultieren, wie sie in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts nicht unüblich waren. In weiteren Beispielen wird dann auf Metaphern Bezug genommen, die aus der experimentellen Praxis, konkret der Entzündung von Flüssigkeiten resultieren. Schließlich werden noch Metaphern angesprochen, die auf die medizinische Anwendung von Elektrizität zurückgehen.

Eine der sicherlich gegenwärtigsten Metaphern, die auf die Elektrizitätslehre zurückgeht, ist mit den Formulierungen *‘es hat zwischen ihnen gefunkt’* bzw. *‘es knistert vor Spannung zwischen ihnen’* verbunden. Hier dient also Elektrizität als Metapher für sexuelle oder erotische Anziehungskraft. Wenn der Ursprung dieser Metapher(n) gesucht wird, dann zeigt sich, dass in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts diese Verbindung ganz explizit existierte und sich auch in entsprechenden Experimenten materialisierte. Das bekannteste dieser Experimente ist der *‘elektrische Kuss’* oder die *‘Venus electrificata’*:

„Suppose the two above mentioned persons to be a gentleman and a lady. Let either of them be electrified on the glass-footed stool, whilst the other stands at a little distance on the floor, so that the clothes of the one may not touch the clothes of the other. Then, if they incline their heads, and offer to salute each other, the fire will snap from the lips of the electrified person to those of the other, and will give them both such a smart and mutual rebuff, as will make them separate without being able to accomplish their design, unless they have been apprised of the consequence before, and have resolution enough to bear the smart of the electric fire. – In this experiment nothing but the lips should touch: for, if the gentleman puts his hand upon the lady, it will draw off the fire“ (Ferguson 1770: 69f.)

Dieses Experiment war in der öffentlichen Wahrnehmung sehr präsent und es gab eine Reihe von Elektrizitätsforschern oder Demonstratoren, die es öffentlich

vorführten. Allerdings finden sich auch in der Diskussion elektrischer Experimente dieser Zeit metaphorische Sprachbilder, die gerade auf diese Verknüpfung von Elektrizität und Sexualität abzielen:

„This feather not badly represents one of that despicable sort of women they call coquettes; who when an excited suitor appears, readily flies to him but presently quits him. If another suitor appear, she in like manner flies to him, and in like manner leaves him: and then, unless a third party appear, is continually changing from one to the other; till at last, they both grow tired of her, and she then remains as insignificant and contemptible as a mere feather.” (Hooper 1782, III: 47).¹⁶

Entsprechend lassen sich in der Alltagssprache auch andere Metaphern als die oben erwähnte finden, die sich nicht in vergleichbarer Weise verselbständigt haben, sondern – ebenso wie die als Vorlage dienenden Geräte oder Experimente – in Vergessenheit geraten sind. So formulierte etwa Jean Paul: „Die Tugend mancher Damen ist ein Donnerhaus, das der elektrische Funke der Liebe zerschlägt und das man wieder zusammenstellt für neue Versuche; ...“¹⁷

Das hier angesprochene *Donnerhaus* war eine insbesondere in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts verbreitete Anordnung, mit der die Wirksamkeit eines Blitzableiters demonstriert werden konnte. Hierbei konnte ein Modellhaus oder -kirchturm mit einer Entladung aus einer Leidener Flasche in mehrere Teile zerlegt oder in Brand gesteckt werden, wenn das Modell ohne Blitzableiter verwendet wurde. Dagegen geschah nichts, wenn der Versuch in gleicher Weise mit einem Blitzableiter durchgeführt wurde.¹⁸

¹⁶ So sprach sich etwa Johann Heinrich Voigt in seiner 1793 erschienenen Monografie ‚Versuch einer neuen Theorie des Feuers‘ für die Verwendung der „Termini ‘weibliche‘ und ‘männliche‘, statt der inzwischen üblichen von ‘Plus‘ und ‘Minus-Elektrizität‘“ aus (vgl. Specht 2010: 419).

¹⁷ Jean Paul: *Hesperus. Sämtliche Werke* I, Bd. 1, München: Hanser, 1960, S. 813, zitiert nach <http://www.jean-paul-2013.de/jubilaeum/pressespiegel/2-uncategorised/656-hundspost.html>. Bemerkenswert ist an beiden Zitaten auch der Gender-Aspekt, mir ist keine Äußerung bekannt, in der ein vergleichbares Sprachbild mit einem elektrischen Experiment zur Beschreibung des sexuellen Verhaltens eines Mannes gebildet wird. Dies auszudiskutieren würde aber über den Rahmen dieses Beitrags hinausgehen.

¹⁸ Die Nutzung dieses Donnerhäuschens wird auch in dem Titelkupfer von Langenbucher (1780) deutlich (vgl. Abb. 4), hier wird das Entzünden des Modells mit der Bedrohung des realen Objektes in direkte Verbindung gesetzt. Bemerkenswert ist an diesem Titelbild auch die



Abb. 4: Verbindung von Donnerhäuschen und realem Objekt. Titelseite aus Langenbucher (1780), mit freundlicher Genehmigung von The Bakken Museum, Minneapolis

Der *Blitzableiter* ist sicherlich der Begriff aus der Elektrizitätslehre, dessen metaphorische Verwendung am präsentesten ist – insofern soll hierauf auch nicht weiter eingegangen werden.¹⁹ Stattdessen sei hier noch der ‘*zündende Funke*’ diskutiert, der (im Wortsinn) auch in dem Donnerhaus zum Tragen kommt.

Der Begriff verweist aber vor allem auf ein anderes Experiment, das im Kontext der Elektrizitätsforschung des 18. Jahrhunderts bedeutsam war – das Entzünden einer Flüssigkeit (etwa Branntwein) mit einem elektrischen Funken. Dieses Experiment wurde wohl ursprünglich von Christian Friedrich Ludolff (1701-1763) im Januar 1744 entwickelt und in der Folge von vielen Forschern reproduziert – wenn auch teilweise unter erheblichen Schwierigkeiten (vgl. Heering 2014). Bei diesem Experiment wird eine Person isoliert aufgestellt und mit dem Konduktor einer Elektrisiermaschine verbunden. Eine zweite Person ist geerdet, so dass nach dem Aufladen der ersten Person zwischen diesen bei Annäherung ein Funke überschlagen kann. Wenn nun eine der beiden Personen einen Löffel mit einer brennbaren Flüssigkeit in der Hand hält und die andere Person den Funken in die Flüssigkeit schlagen lässt, dann kann es zur

Darstellung der elektrischen Kanone, die hier mit dem Abheben des Deckels eines Elektrophors gezündet wird.

¹⁹ Für eine Diskussion der politischen Metaphorik des Blitzableiters während der Französischen Revolution siehe Fuhrmeister (2009), für eine allgemeinere Diskussion der metaphorischen Verwendung des Blitzableiters siehe Briesse (1998).

Entzündung kommen.²⁰ Derartige Experimente werden wiederholt öffentlich vorgeführt und sind auch für die Etablierung der Disziplin Elektrizitätsforschung im Rahmen der experimentellen Naturphilosophie gerade im deutschen Sprachraum bedeutsam. Hierbei wurde anfangs der Funke durch die zweite Person mit einem Degen gezogen, später geschah dies durch den bloßen Finger. Der metaphorische *zündende Funke* hat daher auch wenig mit dem Zündfunken im Verbrennungsmotor zu tun, der wohl eher heute im Bewusstsein zumindest technikaffiner Personen sein dürfte.

Schließlich sei noch kurz darauf eingegangen, dass jemand *'elektrisiert'* sein kann oder *'wie vom Schlag getroffen'* ist. Letzteres rekurriert zunächst einmal auch wieder auf die Entladungen, die bei den elektrischen Versuchen auftreten, wenn eine Person einen Funken zieht. Allerdings tritt dies in verstärkter Form gerade auch bei der Entladung der Leidener Flasche auf – hier gab es Beschreibungen, nach denen die Effekte sehr stark waren und Personen durch den elektrischen Schlag zu Boden geworfen wurden. Die Entladung der Leidener Flasche wurde aber später im 18. Jahrhundert ebenso wie das Aufladen einer Person auch medizinisch genutzt – hierbei gab es unterschiedliche Therapieformen, bei denen entweder die zu behandelnde Person elektrisch aufgeladen wurde oder aber die erkrankten Körperteile Funkenentladungen erhielten.

Bei ersteren Behandlungen, die auch als *elektrisches Bad* bezeichnet wurden, wurde die erkrankte Person beispielsweise auf einen isolierten Stuhl gesetzt und dann elektrisch aufgeladen. Nach der Auffassung der Praktiker, die diese Therapien vertraten, sollte so der ‚natürliche Zustand‘ des Körpers wiederhergestellt werden, indem dieser das Maß an elektrischem Fluidum aufnehmen konnte, das fehlte. Im Gegensatz hierzu wurde bei den elektrischen Schlägen eine Leidener Flasche durch den erkrankten Körperteil entladen. Hier bestand die konzeptionelle Vorstellung darin, dass es zu einer Blockade in der

²⁰ Strenggenommen zündet der Funke nicht die Flüssigkeit an, sondern das Gemisch aus verdampftem Alkohol und Luftsauerstoff, das sich oberhalb der Flüssigkeitsoberfläche befindet – entsprechend muss auch der Funke überschlagen, dass er dieses Gasgemisch zündet.

Fortleitung des elektrischen Fluidums im Körper gekommen war, die durch diese Entladung gelöst werden sollte.²¹

An einigen der hier angeführten Beispiele zeigt sich, dass mehrere Metaphern eng miteinander verknüpft sind (etwa die auf sexuelle Anziehung abzielenden). Daneben wird aber auch deutlich, dass es durchaus verschiedene Ursprünge gibt, und dass diese Ursprünge sich nicht auf die sprachliche Ebene beschränken lassen, sondern wie im Fall des ‚zündenden Funkens‘ gerade auch experimentelle Praktiken relevant gewesen sein dürften.

5. Probleme mit Metaphern

Wie bereits in der Einleitung angedeutet gibt es Metaphern, die sich gerade dadurch auszeichnen, dass sie im Widerspruch zu dem mit dem jeweiligen Begriff verbundenen wissenschaftlichen Konzept stehen. Das in der Einleitung angeführte ‚Aufladen der Batterie‘ ist ein derartiges Beispiel, auch wenn hier der Sprachgebrauch bezüglich des Begriffes *Batterie* als Erklärung dienen kann – Akkumulatoren werden vielfach als *Batterie* bezeichnet (etwa im Auto) und diese Bauteile können aufgeladen werden.²² Allerdings stellt sich nach den bisherigen Ausführungen die Frage, ob dieser Fall als Beispiel einer problematischen Metapher überhaupt so gut gewählt ist: Unklar ist nämlich, welche Batterie als Vorlage für den metaphorischen Begriff in der Alltagssprache dient. Auf den ersten Blick erscheint es sehr plausibel, dass es die heutzutage deutlich präsentere Voltaische Batterie ist. Allerdings ist es durchaus möglich, dass die Leidener Batterie als Vorlage der Metapher diene. In der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts wurde – wie bereits diskutiert – Elektrizität u.a. im medizinischen Bereich genutzt. Hierbei gab es auch

²¹ Für eine ausführliche Diskussion der medizinischen Anwendung von Elektrizität siehe Bertucci/Pancaldi (2001). Zu deren Rolle für die Ausbildung von Metaphern siehe Specht (2010).

²² Es gibt eine Reihe weiterer Metaphern, in denen die naturwissenschaftliche Bedeutung der Begrifflichkeiten gerade nicht mit dem Aspekt, der in einem anderen Wissensbereich beschrieben werden soll, übereinstimmt. Sicherlich eines der aktuell bekanntesten Beispiele in dieser Hinsicht ist der *Quantensprung*, der wiederholt als Metapher verwendet worden ist, um vermeintlich große Entwicklungssprünge zu kennzeichnen, in seiner physikalischen Bedeutung aber gerade kleinstmögliche und teilweise umkehrbare Veränderungen beschreibt. Dennoch lässt sich, wie es Stange (2013) formulierte, „eine sprachliche Erfolgsstory“ konstituieren.

Therapieformen, bei denen Patientinnen oder Patienten elektrisch aufgeladen wurden, damit ihr Körper den Mangel an elektrischem Fluidum ausgleichen konnte – auch diese Praxis erscheint denkbar als der Ursprung der Metapher. Für eine Klärung der Frage nach dem Ursprung der alltagssprachlichen Metapher wäre zu untersuchen, wann diese entstanden ist.

Daneben finden sich auch Beispiele, die sehr schön deutlich machen, dass Metaphern zeitlich gebunden sind. So beschreibt etwa Seidel, dass Kepler zunächst das Teleskop gar nicht als astronomisches Instrument wahrgenommen habe und dann „von Galilei [hörte], dieser habe mit dem Fernrohr ‘vier neue Planeten’ entdeckt (gemeint waren die Jupitermonde). Kepler war erst erschüttert und dann bezüglich des Fernrohres doch elektrisiert.“ (Seidel 2014: 216) Diese Metapher ist aus dem Sprachgebrauch des 21. Jahrhunderts sehr eindeutig und verständlich und illustriert erneut, wie physikalische Metaphern in der Alltagssprache verwendet werden. Aber, und dies macht dieses Beispiel so interessant, diese Metapher ist für das gewählte Beispiel insofern schwierig, weil es zwar erste elektrische Experimente gibt, aber diese sind wohl noch nicht dergestalt im öffentlichen Bewusstsein (oder auch nur in dem der Forschenden), dass eine derartige Metapher wirklich sinnbehaftet ist. Das Elektrisieren von Personen sowie die mit den medizinischen Therapien verbundenen Theorien werden erst im 18. Jahrhundert entwickelt, insofern erscheint auch erst nach dieser Zeit die metaphorische Verwendung des Begriffs ‘*elektrisiert*’ als angemessen.²³ Hieran wird deutlich, dass Metaphern ebenso wie naturwissenschaftliches Wissen zeitgebunden sind und nicht allgemeingültig verwendet werden können.

6. Abschließende Bemerkungen

Metaphern werden sowohl innerhalb der Naturwissenschaften verwendet als auch aus diesen heraus in die Alltagssprache eingeführt. Dabei erscheint als ein spannender Aspekt, dass sich zumindest in der Elektrizitätsforschung des 18. Jahrhunderts bestimmte Bereiche identifizieren lassen, aus denen Metaphern in die Naturwissenschaft eingeführt werden und dass dies zu bestimmten Zeiten

²³ Und es ließe sich auch noch diskutieren, ob auch der Begriff der ‘*Erschütterung*’ aus der elektrischen Praxis stammt, in welcher Entladungen von Leidener Flaschen durch den menschlichen Körper so bezeichnet wurden.

geschieht, die auch gerade wesentlich sind für die konzeptionelle Entwicklung dieser Teildisziplin. Vor diesem Hintergrund erscheint es als Hypothese spannend zu untersuchen, welche Rolle Metaphern bei der Ausschärfung naturwissenschaftlicher Konzepte spielen. Hier erscheint insbesondere die Verbindung mit erkenntnistheoretischen Ansätzen vielversprechend, dies sei abschließend an zwei Beispielen illustriert: So hat Thomas S. Kuhn in seinem zentralen Werk (Kuhn 1976) darauf verwiesen, dass das erste Paradigma in der Elektrizitätsforschung mit Benjamin Franklins elektrischer Theorie geschaffen worden sei und dass hierbei gerade die Erklärung der Leidener Flasche bedeutsam war:

„Fast seit Beginn seiner elektrischen Forschungsarbeiten befaßte sich Franklin insbesondere mit der Erklärung dieses seltsamen und im Endeffekt besonders aufschlußreichen Spezialgeräts. Sein Erfolg dabei lieferte das wirksamste von jenen Argumenten, die seine Theorie zu einem Paradigma machten ...“ (Kuhn 1976: 32).

Wesentlich für die hier angedachte Hypothese ist hierbei die Bedeutung des Paradigmas nach Kuhn: „Das neue Paradigma impliziert eine neue und strengere Definition des Gebietes.“ (Kuhn 1976, 33). Bemerkenswert erscheint nun, dass gerade in der Periode unmittelbar vor der von Kuhn als paradigmatisch beschriebenen konzeptionellen Erklärung der Leidener Flasche eine Reihe von Metaphern in den Bereich der Elektrizitätsforschung eingeführt worden sind. Dies lässt sich so lesen, dass gerade in einem Zeitpunkt, zu dem noch kein Paradigma existiert oder dieses in Frage gestellt wird, die resultierende konzeptionelle Unsicherheit sich sprachlich niederschlägt und dies sich (auch) an der Verwendung von neuen Metaphern identifizieren lässt. Weitergedacht könnte dieser Sachverhalt so verstanden werden, dass sich gerade an der Etablierung neuer Metaphern innerhalb der wissenschaftlichen Sprache auch der Übergang von einer Phase der Normalwissenschaft zu einer der Revolution (die mit einem Wechsel des Paradigmas verbunden ist) identifizierbar sein könnte. Hier besteht sicherlich ein Desiderat in der wissenschaftshistorischen Forschung, das sich aber in dieser Form nicht nur an der Erkenntnistheorie Kuhns ausformulieren lässt.

In ganz ähnlicher Weise lässt sich auch in Bezug auf die von Ludwik Fleck entwickelte Konzeption des Denkstils bzw. Denkkollektivs argumentieren. Hier hat Fix (2014: 2015) bereits ausgeführt, dass Fleck zwar kaum den Begriff der Metapher verwendet. Allerdings lässt sich mit Fleck die Metapher als Sinnbild gerade auch als Mittel des Erkennens verstehen. Insofern bleibt die Rolle

der Metapher nicht auf die Kommunikation beschränkt, sondern sie kann auch das Denken und damit das Erkennen beeinflussen; durch die Metapher wird das Denken also gerichtet.²⁴

Im Rahmen dieser Argumentation lässt sich analog zu den Anmerkungen bezüglich der Erkenntnistheorie Kuhns fragen, ob über Metaphern und deren Verwendung sich Denkkollektive identifizieren lassen. Weiter gedacht lässt sich auch fragen, ob die Einführung von neuen Metaphern möglicherweise auch als Hinweis für verschiedene Denkkollektive dienen kann, denen die diese Metaphern einführende Person angehört. Umgekehrt lässt sich fragen, was sich aus dem Bilden von naturwissenschaftlichen Metaphern in der Alltagssprache ablesen lässt – resultieren diese aus Publikationen, in denen wissenschaftliche Ergebnisse in nach Fleck als populär und damit exoterisch zu charakterisierenden Texten dargestellt werden? Oder ist dies ein Hinweis darauf, dass naturwissenschaftliche Erkenntnisse soweit akzeptiert sind, dass sie von nicht naturwissenschaftlichen Denkkollektiven adaptiert und in der metaphorischen Bedeutung übernommen werden.

Es erscheint ein vielversprechender Ansatz, gerade die naturwissenschaftliche Wissensproduktion und deren erkenntnistheoretische Analyse dahingehend zu erweitern, dass das Auftreten neuartiger Metaphern als eine Art von Markierung verstanden wird. Hierbei würden diese Metaphern einen Beitrag für die Identifikation der Schaffung oder der Akzeptanz neuen naturwissenschaftlichen Wissens liefern, indem sie gerade Zeitpunkte und Akteurinnen bzw. Akteure kenntlich machen, die für diese Prozesse eine entscheidende Rolle haben.

7. Literaturverzeichnis

Bertucci, Paola/Pancaldi, Giuliano (2001): *Electric Bodies: Episodes in the history of medical electricity*, Bologna.

Briese, Olaf (1998): *Die Macht der Metaphern: Blitz, Erdbeben und Kometen im Gefüge der Aufklärung*, Stuttgart/Weimar.

Ferguson, James (1770): *An Introduction to Electricity in six Sections*, London.

²⁴ Ein Argument in dieser Hinsicht kann durch die Experimente, die sich aus den aus dem militärischen Bereich stammenden Metaphern ableiten, gebildet werden.

- Finke, Peter (2003): „Misteln, Wälder und Frösche: Über Metaphern in der Wissenschaft“, in: *metaphorik.de* 04, 45-65.
- Fix, Ulla (2014): „Denkstile, Metaphern und wissenschaftliches Schreiben“, in: Specht, Benjamin (ed.): *Epoche und Metapher: Systematik und Geschichte kultureller Bildlichkeit*, Berlin/Boston, 42-58.
- Fix, Ulla (2015): „Denkstil und Sprache: Die Funktion von ‚Sinn-Sehen‘ und ‚Sinn-Bildern‘ für die ‚Entwicklung einer wissenschaftlichen Tatsache‘“. <https://www.uni-leipzig.de/~fix/Fleck.pdf> (15.01.2016).
- Fleck, Ludwig (1980): *Entstehung und Entwicklung einer wissenschaftlichen Tatsache*, Frankfurt/Main.
- Franklin, Benjamin (1769): *Experiments and Observations on Electricity, Made at Philadelphia in America*, London.
- Fuhrmeister, Christian (2009): „‘Eripuit caelo fulmen scepttrumque tyrannis’: The Political Iconography of Lightning in Europe and North America, 1750 – 1800“, in: Heering, Peter/Hochadel, Oliver/Rhees, David (ed.): *Playing with Fire: Histories of the Lightning Rod*, Philadelphia, 144-163.
- Gralath, Daniel (1747): „Geschichte der Electricität.“ *Versuche und Abhandlungen der naturforschenden Gesellschaft in Danzig* 1: 175-304.
- Heering, Peter (2014): „The stabilization of experimental procedures: Historical and educational aspects“, in: *Revista Brasileira de História da Ciência* 7(2), 142-148.
- Heilbron, John L. (1979): *Electricity in the 17th and 18th Centuries: A study in early modern physics*, Berkeley.
- Hentschel, Klaus (2010): „Die Funktion von Analogien in den Naturwissenschaften, auch in Abgrenzung zu Metaphern und Modellen“, in: *Acta historica Leopoldina* (56), 13-66.
- Home, Roderick W. (1972): „Franklin's Electrical Atmospheres“, in: *British Journal for the History of Science* 6, 131-151.
- Hooper, William (1783): *Rational Recreations: In which the Principles of Numbers and Natural Philosophy are clearly and copiously elucidated, by a Series of Easy, Entertaining, Interesting Experiments. Among which are all those commonly performed with the Cards*, 4 Bände, London.
- Kasper, Lutz (2010): „Metaphern in der Physik - eine fachdidaktische Reflexion“, in: *Acta historica Leopoldina* (56), 91-119.
- Kastner, Karl W. G. (1814): *Einleitung in die neuere Chemie Behufs seiner Vorlesungen und zum Selbstunterrichte für Anfänger*, Halle.
- Kuhn, Thomas S. (1976): *Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen*, Frankfurt/Main.

- Lancor, Rachael (2012): „Using Metaphor Theory to Examine Conceptions of Energy in Biology, Chemistry, and Physics“, in: *Science & Education*, 23(6), 1245-1267.
- Langenbucher, Jacob (1780): *Beschreibung einer beträchtlich verbesserten Elektrisiermaschine, sammt vielen Versuchen und einer ganz neuen Lehre vom Laden der Verstärkung*, Augsburg.
- Marat, Jean P. (1784). *Physische Untersuchungen über die Elektrizität*, Leipzig.
- Martin, Benjamin (1746): *An essay on electricity: being an enquiry into the nature, cause and properties thereof, on the principles of Sir Isaac Newton's theory of vibrating motion, light and fire ... with some observations relative to the uses that may be made of this wonderful power of nature*. Bath, Printed for the author ; and Mr. Leake, and Mr. Frederick ... ; Mr. Raikes, printer, at Gloucester ; Mr. Collins ... at Salisbury ; and Mr. Newbury ... in London.
- Meya, Jörg/Sibum, Heinz O. (1987): *Das fünfte Element: Wirkungen und Deutungen der Elektrizität*, Reinbek bei Hamburg.
- Muschenbroek, Peters v. (1747): *Grundlehren der Naturwissenschaften*, Leipzig.
- Neale, John (1747): *Directions for Gentlemen, who have Electrical Machines, how to proceed in making their Experiments*, London.
- Nollet, Jean A. (1746): *Essai sur l'électricité des corps*, Paris.
- Quale, Andreas (2002): „The Role of Metaphor in Scientific Epistemology: A Constructivist Perspective and Consequences for Science Education“, in: *Science & Education*, 11(5), 443-457.
- Seidel, Wolfgang (2014): *Sternstunden: die abenteuerliche Geschichte der Entdeckung und Vermessung der Welt*, Köln.
- Seiferheld, Georg H. (1787): *Sammlung Electricischer Spielwerke für junge Elektriker: Erste Lieferung*, Nürnberg/ Altdorf.
- Seiferheld, Georg H. (1788): *Sammlung Electricischer Spielwerke für junge Elektriker: Zweyte Lieferung*, Nürnberg/ Altdorf.
- Specht, Benjamin (2010): *Physik als Kunst die Poetisierung der Elektrizität um 1800*, Berlin.
- Stange, Sören (2013): „Der Quantensprung – ein Rätsel“, in: *Stuttgarter Zeitung* 5. April 2013, download unter <http://www.stuttgarter-zeitung.de/inhalt.wissenschaftsgeschichte-der-quantensprung-ein-raetsel.8309c0a1-d7cd-405d-9683-264978cc19e5.html> (26.10.2015).
- Volta, Alessandro (1900): *Briefe über die thierische Elektrizität* (Ostwald's Klassiker 114), Leipzig.
- Watson, William (1748): „A Collection of the Electrical Experiments Communicated to the Royal Society by Wm. Watson, F. R. S. Read at

Several Meetings between October 29. 1747. and Jan. 21. Following", in: *Philosophical Transactions* 45, 49-120.

Wilson, Benjamin (1750): *A treatise on electricity*, London.

Winkler, Johann H. (1746): *Die Stärke der electrischen Kraft des Wassers in gläsernen Gefässen, welche durch den Musschenbröckischen Versuch bekannt geworden*, Leipzig.

