

Macht- und Dominanzverhältnisse in physikalischem Wissen am Beispiel der Forschungen zur Reibungselektrizität von William Gilbert

Zusammenfassung

Naturwissenschaftliches Wissen entsteht in konkreten Situationen, die durch Geschlechterordnungen und Geschlechterverhältnisse geprägt sind. Die transdisziplinäre Geschlechterforschung untersucht Menschen und Kulturen der Naturwissenschaften, klammert die spannende Ebene der Analyse physikalischen Wissens jedoch weitgehend aus. Dabei lassen sich mit Ansätzen der Gender Studies auch in der Physik gesellschaftliche Macht- und Dominanzverhältnisse in den Blick nehmen. Wie dies gelingen kann, wird anhand eines historischen Fallbeispiels zur Erforschung der Reibungselektrizität gezeigt. Mit einem transdisziplinären Methodenpluralismus aus geschlechterhistorischer Fallanalyse, Situationsanalyse und Diskursanalyse wird dabei eine verborgene Geschlechterordnung der Elektrizität in drei Bereichen sichtbar. Geschlecht spielt eine Rolle bei der Wahl des Begriffs „elektron“, bei der Abgrenzung der Elektrizität vom Magnetismus sowie im Konzept des wässrigen elektrischen Effluvioms.

Schlüsselwörter

Fallstudie, Reibungselektrizität, Physikalisches Wissen, Geschlechterordnungen, Machtverhältnisse

Summary

Power and dominance relations in the knowledge of physics using the example of William Gilbert's research on frictional electricity

Scientific knowledge develops in concrete situations that are shaped by gender orders and gender relations. Transdisciplinary gender research examines people and cultures in the natural sciences but largely ignores the exciting level that analyses the knowledge of physics. However, more recent approaches in gender studies can also be used to examine social power and dominance relations in physics. In this article I show how this can be achieved based on a historical case study of research into frictional electricity. Using the transdisciplinary methodological pluralism of gender-historical case analysis, situation analysis and discourse analysis, a hidden gender order of electricity can be made visible in three areas. Gender plays a role in the choice of the term "electron", in drawing a distinction between electricity and magnetism and in the concept of aqueous electrical effluvium.

Keywords

case study, frictional electricity, knowledge of physics, gender orders, power relations

1 Machtverhältnisse in physikalischem Wissen dekonstruieren

Das transdisziplinäre Forschungsfeld der naturwissenschaftlichen Geschlechterforschung macht Geschlecht in der Physik sichtbar¹ und lässt sich, Schiebinger (1999) folgend, nach dem jeweiligen Forschungsfokus systematisieren in: Menschen in der

1 Dabei weitete sich das Verständnis von Geschlecht parallel zu den Diskussionen in den Gender Studies (Opitz-Belakhai 2018: 12–41).



Physik, Kulturen der Physik und Physikalisches Wissen. Zur Ebene Menschen in der Physik liegen Forschungsergebnisse mit vielfältigen Verständnissen von Gender und unterschiedlichen Forschungsmethoden vor (Götschel 2010). Seit Anfang des neuen Millenniums werden zunehmend Analysen zu physikalischen Fachkulturen durchgeführt (Erlemann 2024).

1.1 Geschlechterordnungen in physikalischem Wissen

Der dritte Fokus der transdisziplinären Forschung zu Gender und Physik richtet sich auf das physikalische Wissen selbst. Es entsteht nicht im geschlechtslosen Vakuum, sondern in konkreten Situationen in einem bestimmten gesellschaftlichen Kontext. Davon hängt ab, welche politischen Fördermöglichkeiten und technologischen Voraussetzungen zur Verfügung stehen, was unter einer interessanten Fragestellung, einem geeigneten methodischen Vorgehen und einer akzeptablen Lösung zu verstehen ist und wie die gewonnenen Erkenntnisse an bereits vorhandenes Wissen anschließen (Daston/Galison 2007; Shapin 2010). Wenn gesellschaftliche Macht- und Dominanzverhältnisse in den Fokus der Analysen epistemischer Systeme und wissenserzeugender Praktiken gerückt werden, spielt Geschlecht eine entscheidende Rolle (Erlemann 2024: 58). Untersucht wird, wie sich Geschlechterverhältnisse und Geschlechterordnungen in physikalisches Wissen einschreiben und wie umgekehrt Physik dazu beiträgt, gesellschaftliche Vorstellungen von Geschlecht zu verfestigen (Götschel 2017: 154ff.). Selbst wenn es in der Entstehungsphase der modernen Naturwissenschaften keinen von der Geschichtsschreibung als relevant anerkannten innovativen Beitrag von Frauen (oder Minderheiten) zur Theoriebildung der Physik gab, da sich dieser nicht über Quellen erschließen lässt (Schiebinger 1993), findet Geschlecht auf einer symbolischen und strukturellen Ebene statt und schreibt sich über geschlechtlich codierte Begriffe, Metaphern, Dualismen und Hierarchien als Macht- und Dominanzverhältnisse in das physikalische Wissen ein. Jedoch liegen nur wenige Arbeiten, vornehmlich historische Fallbeispiele, vor und Genderaspekte werden darin meist nur indirekt aufgezeigt. So analysiert Scheich (1985), dass in der Impetustheorie, einem Vorläufer der Newtonschen Bewegungslehre, Vorstellungen weiblicher Reproduktionsarbeit eingeschrieben sind, während Osietzki (1998) in ihrer Studie männliche Körperkonzepte in der Thermodynamik aufdeckt.

Das hier diskutierte Fallbeispiel bezieht sich auf Experimente und Theorien William Gilberts (1544–1603) zur Reibungselektrizität, die in seinem Buch über den Magneten (Gilbert 1600) auf 14 von 240 Seiten nachvollziehbar beschrieben sind.² Der Autor, ein Zeitgenosse William Shakespeares und Francis Bacons, war ein an der Universität Cambridge ausgebildeter Mediziner, praktizierender Arzt in London, Fellow des renommierten College of Physicians und Mitglied des medizinischen Ausschusses der königlichen Marine. Ein Jahr nach der Veröffentlichung seines Werks wurde er Leibarzt der englischen Königin Elizabeth. An der Schwelle von der traditionellen zur modernen Gesellschaft und in der Frühphase der Herausbildung der neuzeitlichen Naturwissenschaften sowie einige Jahrzehnte vor Gründung der Royal Society führte Gilbert im Privatlabor

2 Das Fallbeispiel geht zurück auf meine Forschung zu Geschlecht und Elektrizität, die ich 2007–2011 am Centre for Gender Research der Universität Uppsala im Programm „GenNa: Nature/Culture Boundaries and Transgressive Encounters“ durchführte (Götschel 2013).

und der Privatbibliothek seines stattlichen Londoner Herrenhauses im Austausch mit führenden Gelehrten und Experten³ knapp 20 Jahre lang seine experimentalphilosophischen Studien zu Magnetismus und Elektrizität durch. Seine Hauptmotivation, ein beträchtliches Privatvermögen in diese Forschung zu stecken, war es, die Frage zu klären, wie das Erdmagnetfeld für eine genaue Positionsbestimmung auf hoher See genutzt werden konnte. Denn „nothing ever has been contrived by the art of man nor anything been of greater advantage to the human race than the mariner’s compass“ (Gilbert 1952 [1893]: 4). Dieser Schiffskompass würde ermöglichen, das Segeln nach Übersee zu beschleunigen und damit den Wettlauf um die militärische, politische und ökonomische Vormachtstellung in der Welt zu gewinnen.

1.2 Methodenpluralismus, Datenkorpus und Forschungsfragen

In der geschlechtergeschichtlichen Fallanalyse zur Reibungselektrizität wende ich einen transdisziplinären Methodenpluralismus an (Benninghaus et al. 2023; Opitz-Belakhal 2018). Dazu zählt ein um eine kulturwissenschaftliche Dimension erweiterter sozialhistorischer Ansatz (Jordan 2021: 178ff.), den ich um Elemente der Situationsanalyse nach Adele E. Clarke (2012) und der kritischen Diskursanalyse bzw. Dispositivanalyse nach Siegfried Jäger (2015) ergänze. Mein Datenkorpus zur Primärliteratur besteht vornehmlich aus dem lateinischen Original des *De Magnete* von William Gilbert (1600) sowie dessen englischer Übersetzung von Paul Fleury Mottelay aus dem Jahr 1893 als Reprint von 1952 (Gilbert 1952 [1893]). Zu meinen Primärquellen zählen weiterhin drei physikhistorische Arbeiten der 1950er- bis 1970er-Jahre über *De Magnete* und die Geschichte der Reibungselektrizität. Die Dissertation von Duane H. D. Roller an der Harvard University wurde veröffentlicht als *The De Magnete of William Gilbert* (Roller 1959). Die Dissertation des australischen Physikhistorikers Roderick W. Home an der Indiana University/USA 1967 wurde später publiziert als *The effluvial theory of electricity* (Home 1981). Die Studie zur Geschichte der *Electricity in the 17th and 18th centuries. A study of early modern physics* (Heilbron 1979) des US-amerikanischen Professors für Physikgeschichte an der University of California in Berkeley John L. Heilbron ist die dritte Primärquelle. Heilbron fokussierte auf den Einfluss von Politik und Institutionen auf die Entwicklung naturwissenschaftlicher Ideen, blendete jedoch ebenso wie seine beiden Vorgänger Genderfragen komplett aus. An diesem Datenkorpus interessiert neben der Rekonstruktion der experimentellen Forschung im Privatlabor William Gilberts vor allem, wie Gilbert Reibungselektrizität wahrnimmt und erklärt, was für ihn dabei selbstverständlich zu sein scheint und was unausgesprochen bleibt. In Kapitel 2 wird zunächst dieses Fallbeispiel geschlechterreflektiert entfaltet und anschließend in Kapitel 3 aus einer transdisziplinären Geschlechterperspektive machtkritisch dekonstruiert.

3 Zum Netzwerk gehörten vermutlich die Mathematiker Edward Wright, Henry Briggs und Thomas Blundeville, die Ärzte Mark Ridley und Lancelot Browne, der Kleriker und Kompassexperte William Barlow, der Geograf Richard Hakluyt, der Instrumentenbauer Robert Norman, der Marineoffizier William Borough, der Segelmeister Abraham Kendall und der Schriftsteller John Chamberlain (Götschel 2013). Auch wenn es grundsätzlich möglich gewesen wäre (Schiebinger 1993), hatten weiblich gelesene Personen keinen Zugang zu Gilberts Privatlabor und Forschungsnetzwerk.

2 Historische Fallstudie: Forschung zur Reibungselektrizität von William Gilbert

Gilbert war einer der Ersten, der detailliert über Experimente zu Elektrizität und Magnetismus schrieb. In *De Magnete* ging es ihm darum, „[e]ine neue Naturphilosophie über den Magneten, magnetische Körper und den großen Magneten, die Erde, bewiesen durch viele Überlegungen und Experimente“ vorzustellen. Das Buch zog schon bald die Aufmerksamkeit der Gelehrten Europas auf sich und prägte die Erforschung der Elektrizität für die nächsten 150 Jahre. Es gilt bis heute als Meilenstein der Physikentwicklung. Gilberts Experimente zur Reibungselektrizität und seine daraus abgeleitete Theorie des elektrischen Effluviums werden nun kurz vorgestellt.

2.1 Gilberts Experimente mit elektrischen Körpern

Für seine Experimente zur Elektrizität verwendete Gilbert eine Art Elektroskop, das aus einer dünnen, nicht magnetischen Metallnadel bestand, die auf einer scharfen Spitze balancierte und sich leicht um ihre vertikale Achse drehen konnte. Damit ließen sich die schwachen Anziehungskräfte von Bernstein und anderen elektrischen Körpern bestimmen und zahlreiche Experimente durchführen. Gilbert wählte unterschiedliche Objekte aus, präparierte sie durch Reiben oder Erhitzen, brachte sie in die Nähe des Messgeräts und beobachtete den Ausschlag der Nadel (Roller 1959: 104). Dann schirmte er das Objekt mit verschiedenen Materialien wie Papier, Seide oder Leinen dagegen ab oder füllte den Spalt zwischen Messgerät und Objekt mit Elementen wie feuchter Luft, Flamme und Hitze und testete dann erneut die Anziehungskraft. Mit diesem Versuchsaufbau untersuchte er alle möglichen Substanzen bei unterschiedlichen Umweltbedingungen.

Die Tatsache, dass Bernstein nach dem Reiben kleine Partikel anzieht, war seit der Antike bekannt und mittelalterliche Gelehrte entdeckten diese Eigenschaft auch an Pechkohle und Diamanten. Gilbert experimentierte mit unterschiedlichen Materialien, um mehr über dieses Phänomen zu lernen. Er testete die Beziehung zwischen Hitze und Anziehung, beobachtete keinerlei Abstoßung⁴ und entwickelte Argumente, um widersprüchliche Beobachtungen in Einklang zu bringen, etwa die Tatsache, dass Wasser zwar einerseits die Anziehungskraft von elektrischen Körpern unterdrückt, aber andererseits trotzdem die Nadel ausschlagen lässt. Er listete 26 Materialien auf, die durch Reiben einen Bernsteineffekt zeigen. Die davon angezogenen Substanzen waren nicht nur Stroh und Spreu, sondern auch „all metals, wood, leaves, stones, earths, even water and oil“ (Gilbert 1952 [1893]: 27). Außerdem führte Gilbert 25 Substanzen an, die nicht durch Reiben anziehend gemacht werden können. So zeigte er, dass Magnetit nicht elektrisch anziehend wird, obwohl er sich sehr gut polieren lässt. Gilbert teilte alle Materialien in drei Kategorien ein: Materialien, die nach dem Reiben einen Bernsteineffekt zeigen, Materialien, die magnetisch sind, und Materialien, die weder magnetisch

4 Es ist erstaunlich, dass Gilbert keine Abstoßung beobachtet haben will, umso mehr, weil diese Beobachtung seine Theorie des elektrischen Effluviums unterstützt hätte (Hesse 1960: 7). Der italienische Theologe Niccolo Cabeo (1586–1650) war der Erste, der in *Philosophia magnetica* elektrische Abstoßung beschrieb und mit der Zirkulation des elektrischen Effluviums erklärte (Cabeo 1629, zit. nach Fraunberger 1964: 25f.).

sind noch den Bernsteineffekt zeigen. Die Listen von elektrischen Körpern und von Substanzen, die davon angezogen werden, markierte Gilbert in *De Magnete* durch große Sternchen als signifikante experimentelle Forschungsergebnisse (Gilbert 1600: 48; Chapman 1944: 134).

Für alle Materialien, die den Bernsteineffekt zeigen, suchte Gilbert nun einen Oberbegriff. Bereits in seinem Vorwort hatte er erklärt, dass es manchmal notwendig sei, Wörter auf neue Weise zu verwenden, „to be able to talk about hidden things with no name and up to this time unnoticed“ (Gilbert 1952 [1893]: 2). Im Kapitel über den Bernsteineffekt stellte er eine Reihe von Namen aus verschiedenen Sprachen für den Bernstein vor. Die Griechen würden ihn „elektron“ (strahlender Stein), „harpax“ (Dieb) oder „chrusophoron“ (Gold-Träger) nennen, die Araber „carabe“ (Stroh-Dieb), die Römer „succinum“ (Saft), die Preußen an der Ostseeküste nannten ihn „geniter“ (erzeugt von der Erde) und viele verwendeten den Begriff „ambra“ (Bernstein). Aus all diesen Begriffen, die in *De Magnete* aufgelistet werden, wählte Gilbert den griechischen Term „elektron“ und begründete seine Wahl mit „it pleases us to call electric force that force which has its origin in humours“ (Gilbert 1952 [1893]: 30). Materialien, die den Bernsteineffekt zeigten, nannte er „electrica“ oder „elektromagnetische Körper“⁵. In Kapitel 3.1 wird eine Genderanalyse dieser Begriffswahl vorgestellt.

Durch seine Experimente überprüfte und verwarf Gilbert verschiedene antike und neuere Theorien, welche den Bernsteineffekt mit Sympathie, einer flammenden Natur, Wärme oder Luft erklärt hatten.⁶ Um die Anziehung kleiner Teilchen durch *Electrica* theoretisch zu fassen, konnte sich Gilbert ebenso wie seine Zeitgenossen keine Fernwirkung vorstellen. Da die elektrische Wirkung zudem durch Leinen oder Papier unterbrochen wurde, konnte es sich auch nicht um eine immaterielle Ursache wie Sehnsucht oder Sympathie handeln. Daher zog er den Schluss, dass die elektrische Wirkung durch eine materielle Ausströmung verursacht würde (Roller 1959: 108; Sanford 1921: 544). Da dieser Stoff jedoch nicht sichtbar sei, könne es sich nicht um gewöhnliche Materie handeln, sondern um eine sehr subtile Substanz. Diese ströme immer dann von den elektrischen Körpern weg, wenn diese gerieben würden. Gilbert nannte diese subtile Substanz „electric effluvium“.⁷ Aufgrund seiner Forschungsergebnisse schloss er

5 Neben „electrica“ und „elektrische Körper“ verwendet Gilbert auch die Begriffe „elektrische Quellen“, „elektrische Anziehung“, „elektrische Kraft“, „elektrische Bewegung“, „elektrische Substanzen“, „elektrisches Experiment“ und „elektrische Effluvia“ (Ausdünstungen). Das Wort Elektrizität (electricity, in Neulatein: electricitas) jedoch wurde erst 1646 von Thomas Browne in seinem Werk *Pseudodoxia Epidemica* verwendet.

6 Für eine Beschreibung der Forschungsergebnisse und Theorien von Pythagoras, Hippokrates, Titus Lucretius Carus, Heron von Alexandria, Plinius dem Älteren, Lucius Plutarch, Aelius Galenus, Alexander von Aphrodisias, Avicenna, Girolamo Fracastoro, Georg Pictorius und Gerolamo Cardano siehe Chapman (1944: 132) und Götschel (2013: 123f.). Trotz dieser beeindruckenden Quellenlage vermisst Zilsel in *De Magnete* eine Auseinandersetzung mit antiker mathematischer Literatur, wichtigen neuplatonischen Schriften und Arbeiten von Künstlern und Architekten der Renaissance (Zilsel 1941: 9ff.).

7 Der griechische Philosoph Empedokles (491–435 v. Chr.) war der Erste, der eine materialistische Theorie mit feinstofflichen Ausströmungen formuliert hatte, um Fernwirkungen durch direkten Kontakt zu erklären (Baigrie 2007: 3). In der Physik wurde bei der Erklärung von Phänomenen lange Zeit feinstofflich argumentiert. So gab es Theorien mit elektrischen Ausströmungen, magnetischen Ausströmungen, unwägbaren Korpuskeln, Phlogiston, Kalorik und Äther (Heilbron 1979: 68). Sie wurden erst gegen 1900 durch Feldtheorien abgelöst.

Wärme und Luft als Substanzen aus und schlussfolgerte, „effluvia arise from a subtle solution of moisture [...] the peculiar effluvia of electrics, being the subtlest matter of solute moisture, attract corpuscles“ (Gilbert 1952 [1893]: 32). Gilbert beschrieb nicht nur die Ausdünstungen der elektrischen Körper als feucht und wässrig, sondern auch die *Electrica* selbst. Elektrische Körper wie Bernstein oder Pechkohle sind „concretions of water“ (Gilbert 1952 [1893]: 29), sind „substances that derive their origin from water“ (Gilbert 1952 [1893]: 30). Es handele sich um fetthaltige Säfte und wässrige Säfte, die zwar abgekühlt und erstarrt seien, aber „retain the appearance and property of fluid in a firm, solid mass“ (Gilbert 1952 [1893]: 29). Die Theorie des Effluviums wird in Kapitel 3.3 aus einer Genderperspektive dekonstruiert.

2.2 Unterschiede zwischen Magneten, *Electrica* und *Nichtelectrica*

Dieses Konzept des wässrigen Effluviums erklärte für Gilbert nicht nur, warum *Electrica* anziehend sind, es erklärte auch, warum *Nichtelectrica* und Magneten nicht anziehend sind. Während *Electrica* eine kalte und feuchte Natur haben, besitzt der Magnet eine feste, trockene und erdige Natur. Letzterer sei daher auf eine ganz andere Weise anziehend, nämlich durch auf Gegenseitigkeit beruhende Vereinigung („coition“). Die *Nichtelectrica* wiederum, davon war Gilbert überzeugt, sind eine Mischung aus Erde und Feuchte, die sich quasi gegenseitig neutralisieren. „Therefore the magnetic force is degraded while the aqueous humour is spoilt by the earthy matter and becomes powerless“ (Gilbert 1952 [1893]: 29–39). Elektrische Kräfte wirken also völlig anders als magnetische Kräfte (Roller 1959: 106; Hesse 1960: 131). Gilbert erklärte dies mit dem Hylomorphismus des Aristoteles:

„In all bodies everywhere are presented two causes or principles whereby the bodies are produced, to wit, matter (*materia*) and form (*forma*). Electrical movements come from the *materia*, but magnetic from the prime *forma*; and these two differ widely from each other and become unlike – the one ennobled by many virtues, and prepotent; the other lowly, of less potency, and confined in certain prisons, as it were; wherefor its force has to be awakened by friction till the substance attains a moderate heat, and gives out an effluvium, and its surface is made to shine.“ (Gilbert 1952 [1893]: 30)

Während Gilbert elektrische Vorgänge mit einer materiellen Theorie erklärte, gab er im Fall magnetischer Vorgänge eine teleologische und animistische Erläuterung. Gilberts Magnet hat eine Seele, weil er sich selbst bewegen kann, Gilberts *Electrica* dagegen sind unbeseelt, weil die elektrische Kraft darin wie in einem Gefängnis eingeschlossen ist. Damit besäßen *Electrica* keine Tugend, keine Noblesse und weniger Potenz (Roller 1959: 109; Hesse 1960: 136ff.). Das Konzept eines wässrigen Effluviums, einer feinstofflichen elektrischen Ausdünstung zur Beschreibung der Reibungselektrizität setzt Gilbert hier geschickt ein, um sein Argument der Gegensätzlichkeit von Elektrizität und Magnetismus zu stützen. Darauf wird in Kapitel 3.2 näher eingegangen.

3 Macht- und Dominanzverhältnisse in Begriffen, Konzepten und Theorien der Elektrizität

Im Gegensatz zu seinen antiken und alchemistischen Vorgängern beschrieb William Gilbert Magneteisenstein („magnetus“) und Bernstein („succinum“) nicht explizit als männlich oder weiblich. Anders als Plinius der Ältere (ca. 24–79) erklärte er die Differenzen der magnetischen Kraft unterschiedlicher Magnete nicht durch „colour and sex, the feminine ones lacking attractive power“ (Plinius ca. 79, zitiert nach Roller 1959: 25), sondern durch die geografische Lage der Magneteisensteine, die Bodenbeschaffenheit des Fundorts und ihr Mischungsverhältnis aus Tonen und Erden (Gilbert 1952 [1893]: 7ff.). Gilbert hatte auch kein Konzept für männliche und weibliche Elektrizität, wie beispielsweise Theophrastus von Lesbos (371–287 v. Chr.), der das dunkelorange Lycurium aufgrund seines angenehmen Farbtons als männlich und das blassgelbe Lycurium von außergewöhnlichem Glanz als weiblich beschrieb (King 1865: 217). Ebenso distanzierte er sich in *De Magnete* vom alchemistischen Konzept der Ehe, die Hieronymus Cardanus (1501–1576) verwendete, als er den Magnetismus als eine „affinity like that of the marriage tie“ (Cardanus 1550, zit. nach Gilbert 1952 [1893]: 25) beschrieb. Dennoch wählte Gilbert auf einer subtileren Ebene gegenderte Begriffe, Konzepte und Theorien, um die von ihm beobachteten Phänomene zu beschreiben und zu erklären. Damit schrieb er eine verborgene Geschlechterordnung in die Elektrizität ein. Diese Strategie werde ich an drei Beispielen dekonstruieren: seiner Wahl des Begriffs „elektron“, seiner Argumentation zur Differenzierung von Elektrizität und Magnetismus sowie seiner Theorie des elektrischen Effluviums. Dabei ist zu beachten, dass die Geschlechterrollen im anglikanischen London um 1600 noch stark von religiös-theologischen und philosophischen Mustern geprägt waren (Opitz-Belakhal 2018: 48) und Gilbert während seines Studiums in Cambridge in Philosophie insbesondere Logik, Naturphilosophie und die Metaphysik des Aristoteles kennengelernt hatte.

3.1 Der Begriff Elektron und die Tränen der Heliaden

Gilbert kannte viele Namen für den Bernstein und weitere elektrische Körper in verschiedenen Sprachen mit unterschiedlicher Bedeutung von Bernstein über „Dieb“ bis „Saft“ und hatte damit die Wahl zwischen der Betonung eines einzelnen Elements aus der Gruppe elektrischer Körper, einer bei allen elektrischen Körpern beobachteten Wirkung und einem theoretischen Konzept zur Erklärung dieser Wirkung. Das lateinische „succinum“ etwa wäre eine sehr gute Wahl gewesen, um Gilberts Konzept der wässrigen Natur des Effluviums zu illustrieren.⁸ Ohne sachliche Erklärung, „for it pleases us“ (Gilbert 1952 [1893]: 30), entschied er sich stattdessen für das griechische Wort für Bernstein, „elektron“.

„Elektron“ war in der Renaissance tief mit der griechischen Mythologie verwoben. Der römische Dichter Publius Ovidius Naso (43 v. Chr.–18 n. Chr.) beschrieb in seinem Gedichtband *Metamorphosen* eine Episode über Phaethon und die Heliaden,

8 Der Physiklehrer Bruder Potamian überlegte, dass, wenn Gilbert „succinum“ statt „elektron“ gewählt hätte, wir heute wahrscheinlich „succinic“ und „succinical“ für elektrisch, „succinity“ für Elektrizität und weitere Ableitungen und Verbindungen davon verwenden würden (Potamian 1901: 341).

in der er die Herkunft des Bernsteins schilderte. Als Sonnengott Helios herausfand, Vater des jungen Griechen Phaethon zu sein, versprach er, dessen größten Wunsch zu erfüllen. Als Phaethon sich wünschte, selbst den Sonnenwagen zu fahren, konnte Helios nicht hinter sein Wort zurück. Wie befürchtet scheiterte Phaethon darin, den Sonnenwagen sicher durch den Himmel zu lenken. Er verlor die Kontrolle über das Pferdegespann und brachte verheerende Zerstörungen über die Erde. Zeus sah sich daher gezwungen, mit einem Donnerschlag einzugreifen. Phaethon stürzte in den Tod und wurde von seinem Geliebten Cynos⁹ und seinen Schwestern, den Heliaden, betrauert. Da sie untröstlich waren, wurden sie schließlich von Zeus in Pappelbäume verwandelt und ihre Tränen gerannen zu Bernstein (Ovid 1986 [ca. AD 8]: Buch 2, Verse 340–366).

Ovids *Metamorphosen*, einschließlich der tragischen Geschichte von Phaethon und den Heliaden, waren im Europa der Renaissance weit verbreitet und bestimmten das Thema zahlreicher Kunstwerke.¹⁰ Die englische Übersetzung von Ovids Gedicht durch Arthur Golding wurde 1567 veröffentlicht und gehörte zu den populärsten Büchern des elisabethanischen England. Die *Metamorphosen* waren nicht nur Schulstoff, sondern auch eine äußerst unterhaltsame Lektüre, die allein bis 1603, Gilberts Todesjahr, fünfmal nachgedruckt wurde (Lyne 2001: 1, 38). Es ist daher davon auszugehen, dass Gilbert der mythologische Kontext des Bernsteins als Tränen der Heliaden bekannt war.

Die Geschichte erzählt nicht nur die Metamorphose von Menschen in Tiere und Pflanzen. Sie thematisiert Worthalten, Coming of Age, Draufgängertum, Selbstüberschätzung, Schuldgefühle, kosmische Ordnung, das Eingreifen der Götter, Naturkatastrophen, Leben und Tod, die Zuneigung von Geschwistern und gleichgeschlechtliches Begehren. All diese Aspekte schwangen mit, als Gilbert „elektron“ als Begriff für den Bernsteineffekt wählte.

Zudem transportiert der Begriff eindeutig Geschlechterdifferenzen. Die meisten Personen, die aufgrund ihrer anhaltenden Trauer eine körperliche Verwandlung erfuhren, waren nach Gentilcore (2010) Frauen. Von ihnen wurde erwartet, dass sie mehr trauern als Männer, und ihre Gefühle wurden als weniger kontrolliert angesehen. Die Heliaden verlieren sich sogar in ewiger Trauer. Nach vier Monaten wurden sie in Pappelbäume verwandelt, also unfähig, menschlich zu bleiben oder zu kommunizieren. Doch die Verwandlung brachte weder Erlösung noch Trost, denn ihr Kummer hielt an. Sie weinten unablässig ewige Tränen, die sich in die Landschaft ergossen und in der Sonne zu Bernstein trockneten. Daher ist Bernstein eng mit dem Leid und der Viktimisierung von Frauen verbunden und repräsentiert die Machtlosigkeit weiblich gelesener Menschen (Gentilcore 2010). Indem Gilbert elektrische Körper nach dem griechischen Wort für die Tränen der Heliaden benannte, statt ihre diebischen oder saftigen Eigenschaften herauszustreichen, verbreitete er eine doppelte Botschaft: Elektrizität besitzt keine Tugend oder Potenz (im Gegensatz zum Magnetismus) und weiblich gelesene Personen sind machtlos (im Gegensatz zu männlich gelesenen Personen).

9 Phaethons Geliebter Cynos wurde in einen Schwan verwandelt.

10 Der Sturz des Phaethon wurde u. a. 1533 von Michelangelo und 1605 von Peter Paul Rubens gemalt.

3.2 Das Dominanzverhältnis zwischen Magnetismus und Elektrizität

Gilbert verfolgte das Ziel, eine Philosophie der magnetischen Erde und eine neue heliozentrische Kosmologie zu entwickeln, in der die Struktur des Universums durch Magnetismus zusammengehalten wird. Seine Ausführungen zu magnetischen und elektrischen Kräften müssen vor diesem Hintergrund verstanden werden. Gilbert lehnte die Existenz der vier aristotelischen Elemente Erde, Wasser, Luft und Feuer ab und konzentrierte sich stattdessen auf ein einziges Element: die Erde. In seiner posthum herausgegebenen Schrift *Physiologiae nova contra Aristotelem* argumentierte Gilbert laut Kelly (1965) in einer oft inkonsequenten und ignoranten Weise, um sein alleiniges Element Erde in den Mittelpunkt des Globus zu stellen. Wasser war für ihn keine unabhängige Substanz, da es in vielen verschiedenen Qualitäten, wie frisch oder salzig, vorkam und deshalb nur ein Ausfluss der Erde war (Kelly 1965: 25ff.). Erde und Wasser waren also keine gleichwertigen Elemente, sondern hierarchisch angeordnete Ausprägungen eines einzigen Elements, der Erde (Gilbert 1952 [1893]: 29). Feste Stoffe, die eine magnetische Eigenschaft aufwiesen, wie Magnetit und Eisen, stammten aus dem Schoß der Erde.¹¹ Sie waren reine Formen von Erde und enthielten daher auch deren Bewegungsmöglichkeiten: „attraction, polarity, revolution, of taking position in the universe according to the law of the whole; it contains the supreme excellencies of the globe and orders them“ (Gilbert 1952 [1893]: 24). Gilbert zitierte Aristoteles und Galen, um diese Idee zu untermauern: Aristoteles hatte festgestellt, dass Eisen erdig ist, und Galen vervollständigte, dass Eisen ein erdiger und dichter Körper ist. In Gilberts Argumentation war auch der Magneteisenstein hauptsächlich erdig (Gilbert 1952 [1893]: 23). Die Körper, die keine magnetischen Eigenschaften aufwiesen, stammten dagegen von der Oberfläche und der äußeren Erdkruste; sie waren degenerierte und verwitterte Formen der Erde und hatten einen flüssigeren und feuchteren Charakter. Gilbert erklärte dies am Beispiel des Bernsteins:

„It is certain that the amber comes for the most part from the sea [...] But it seems to be produced in the earth and at considerable depth below the surface [...] then to be washed out by the sea-waves, and to gain consistency under the action of the sea and the saltness of its waters“ (Gilbert 1952 [1893]: 27).

Infolge ihrer unterschiedlichen Herkunft – aus dem Schoß der Erde bzw. von der Erdoberfläche – sind Magnete erdig und *Electrica* wässrig. Mit Bezug zum antiken und scholastischen Konzept von Materie und Form (oder Struktur) entdeckte Gilbert im Magneten eindeutig die Struktur und Ordnung des großen Magneten Erde, während er das Fehlen eines Musters oder einer Ordnung in der Bewegung und Vielfalt der *Electrica* beklagte (Gilbert 1952 [1893]: 34). Er kam zu dem Schluss, dass die magnetische Kraft durch immaterielle, formale Bedingungen hervorgerufen wird, während elektrische Körper ein materielles, wässriges Effluvium ausdünsten.

„There are two kinds of bodies that are seen to attract bodies by motions perceptible to our senses – electric bodies, and magnetic. Electrical bodies do this by means of natural effluvia from humour; magnetic bodies by formal efficiencies or rather by primary native strength“ (Gilbert 1952 [1893]: 36).

11 Für einen Überblick über die Vorstellungen der Antike und der Renaissance, dass Mutter Erde aus ihrem Schoß Stoffe wie Steine und Metalle hervorbringt, siehe Merchant (1980: 20ff.).

In Verbindung mit all seinen wertenden Begriffen wie fundamental/sekundär, potent/bescheiden, aktiv/passiv, singular/vielfältig, notwendig/nutzlos, in denen nicht nur Dichotomien, sondern Hierarchien zum Ausdruck kommen, wird deutlich, dass beide Prinzipien für Gilbert keineswegs gleichwertig waren.¹² Mit dieser Differenzierung nach Materie und Form konnte Gilbert die Überlegenheit und Einzigartigkeit der magnetischen gegenüber der elektrischen Kraft und die Singularität des Magneten Erde ganz im Sinne seiner neuen heliozentrischen Kosmologie untermauern. Eine weitere wichtige Dichotomie, die kulturell tief in seine wertenden Begriffe verstrickt ist, wird von ihm nicht ausgesprochen: das hierarchische Konzept der männlichen Vorherrschaft und der Überlegenheit von Männern gegenüber Frauen in Theologie, Medizin, Politik und Recht seiner Zeit (Maclean 1980; Cadden 1993). Indem er die magnetische Kraft als durch viele Tugenden geädelt und präpotent beschrieb, verknüpfte er sie symbolisch mit männlichen Eigenschaften. Indem er die elektrische Kraft als sekundär, passiv, unbedeutend, nutzlos oder unbrauchbar darstellte, verband er sie symbolisch mit weiblichen Konnotationen, auch wenn er dies nicht explizit aussprach. So wurde die Geschlechterordnung der europäischen Renaissance (Tuana 1993) in die wissenschaftlichen Konzepte zur Elektrizität eingeschrieben.

3.3 Die Dekonstruktion der Theorie eines wässrigen elektrischen Effluviums

Aristoteles hatte berichtet, dass Bernstein eine erhärtete Flüssigkeit sei, weil manchmal kleine Insekten darin konserviert sind (Aristoteles, zit. nach Roller 1959: 344). Ähnlich erläuterte Gilbert zum Bernstein, „at first it was a soft and viscous matter, and hence contains, buried in his mass forevermore, but still shining visible, flies, grubs, midges, and ants“ (Gilbert 1952 [1893]: 27). Außerdem postulierte er, dass elektrische Körper bei Reibung eine elektrische Ausdünstung, ein feinstoffliches, wässriges Effluvium abgeben. Der Physikhistoriker Roller urteilt: „[t]his theory of the origin of electrics is immediately plausible in the light of their physical appearance, and it seems likely that it was their ice-like appearance that led Gilbert to his theory“ (Roller 1959: 106). Diese Argumentation überzeugt jedoch nicht. An keiner Stelle in *De Magnete* beschreibt Gilbert elektrische Körper als gefrorenes Wasser oder Eis. Zudem können Gilberts Experimente seine Theorie eines elektrischen Effluviums nicht widerspruchsfrei stützen.

Tatsächlich gibt es einige Faktoren, die neben der physischen Erscheinung von Bernstein, Kristall und anderen Halbedelsteinen Gilberts Konzept einer feuchten Natur plausibel machen. Schon in der Antike gab es Mythen, die vom wässrigen Charakter des Bernsteins berichteten. Neben der Geschichte von Phaethon und den Heliaden gab es weitere mythische Erzählungen, wonach Bernstein der Urin eines wilden Tieres, ein fetter Schweiß, der durch heiße Sonnenstrahlen auf dem Erdboden entsteht, oder Tränen der Trauer von in Südostasien beheimateten Vögeln sei (Roller/Roller 1952: 344). Außerdem waren sich die zeitgenössischen Gelehrten einig, dass Flüssigkeiten die Fähigkeit haben, sich zu verbinden. Gilbert – der von „humour (the unifier of

12 Evelyn F. Keller kommt zu dem Schluss, dass „weder die Gleichsetzung von Geist, Verstand und Männlichkeit, noch die Dichotomien von Geist und Natur, Verstand und Gefühl, männlich und weiblich historisch invariant sind. Wenn auch die Wurzeln der Gleichsetzungen und Dichotomien schon im Altertum liegen, bezeugte doch das 17. Jahrhundert eine deutliche Polarisierung aller angesprochenen Begriffe“ (Keller 1986: 55).

all things)“ (1952 [1893]: 32) sprach – bestand jedoch darauf, dass der Bernsteineffekt keine gegenseitige Vereinigung („coition“) bewirkt, sondern eine einseitige Anziehung („attraction“), eine Anhaftung der Partikel an den elektrischen Körper. Dies machte er auch in der Überschrift seines Kapitels zur Elektrizität deutlich: „Of magnetic coition; and, first, of the attraction exerted by amber, or more properly the attraction of bodies to amber“ (Gilbert 1952 [1893]: 26).

Gilberts Argumentation hat jedoch auch Schwächen. So leitete er aus seiner Theorie der elektrischen Feuchte keine Hypothesen ab, die noch einmal experimentell überprüft werden konnten. Vielmehr gab er, wie Hesse (1960: 135) argumentiert, etwas obskure Erklärungen ab, wenn seine Theorie auf offensichtliche Widersprüche stieß. So hielt er zum Beispiel eine Flamme neben einen elektrischen Körper und beobachtete, dass die Flamme nicht flackerte. Daher erklärte er, dass Luft nicht beteiligt war, da ausströmende Luft die Flamme stören würde. Aber würde nicht auch ein wässriges Effluvium die Flamme stören? Und wenn sie ungestört wäre, würde dies nicht beweisen, dass das Effluvium nicht materiell ist? Nein, sagte Gilbert, das wässrige Effluvium sei viel subtiler als die Umgebungsluft (Gilbert 1952 [1893]: 32) und habe daher keinen Einfluss auf die Flamme. In einem anderen Experiment zeigte Gilbert, dass Feuchtigkeit in der Atmosphäre die elektrische Anziehung behindert. Aber wie kann dann ein wässriges Effluvium die anziehende Wirkung hervorrufen (Hesse 1960: 135)? Auch dafür hat Gilbert eine Antwort parat: „it is one thing to suppress the effluvium at its rise; another to destroy it after it is emitted“ (Gilbert 1952 [1893]: 32).

Zumindest in einem seiner Experimente scheint Gilbert seine Theorie doch getestet zu haben. Er untersuchte Substanzen – wie z. B. weiches Harz –, die nach seinen Vorstellungen Ausdünstungen abgeben sollten, dies aber nicht taten. Auch hier fand er wieder eine Erklärung. Er stellte fest: Stoffe, die sich nicht reiben ließen, würden auch nicht durch Reiben elektrisch. Wenn sie jedoch abkühlten und aushärteten, könnten sie gerieben werden, und dann würden sie auch andere Körper anziehen. In seiner Argumentation ignorierte er jedoch Stoffe, die überhaupt nicht gerieben werden müssen, um das elektrische Effluvium auszuströmen (Roller 1959: 117f.).

Ein Faktor, der die Entwicklung einer Theorie des wässrigen Effluviums beeinflusst haben könnte, war, dass Gilbert als Mediziner mit der Humoraltheorie von Hippokrates und Galen über die Körpersäfte – Blut, Schleim, schwarze und gelbe Galle – und deren Rolle bei Krankheiten und Heilungsmethoden vertraut war. Feuchtigkeit konnte also durchaus eine plausible Ursache von Wirkungen sein. Gleichzeitig wurden in diesen medizinischen Schriften Frauen als feuchter und kälter charakterisiert als Männer (Föllinger 1996: 28ff.). Auch das dürfte Gilbert bei der Formulierung seiner Theorien beeinflusst haben. Nicht zuletzt besteht eine Parallele zwischen der Bedeutungslosigkeit von weiblich gelesenen Personen in Gilberts Berufs- und Privatleben auf der einen und der Bedeutungslosigkeit elektrischer Phänomene in Gilberts magnetischer Struktur des Universums auf der anderen Seite.¹³ All diese Gründe könnten Gilbert ebenfalls

13 Gilbert blieb ein Leben lang Jungeselle und hatte keine Nachkommen. In seinem Herrenhaus traf sich nicht nur das Netzwerk englischer Experimentalphilosophen, sondern dort wohnten auch jüngere männliche Mitbewohner, darunter der Schriftsteller John Chamberlain und später der Arzt Mark Ridley. Über die Größe und Organisation des Haushalts ist dagegen nichts bekannt (Munk 1861). Mit Ausnahme seiner Stiefmutter Jane Wingfield und seiner Regentin Königin Elizabeth spielten Frauen in Gilberts Leben offensichtlich keine bedeutende Rolle.

verleitet haben, in seinem Privatlabor tatsächlich ein wässriges elektrisches Effluvium zu beobachten und deshalb Wasser heranzuziehen als geeignetes Element, um die von ihm als tugend- und nutzlos angesehene – um nicht zu sagen weibliche – Elektrizität zu beschreiben.

Insgesamt ergibt sich in *De Magnete* der Eindruck, dass Gilbert, wenn seine Beobachtungen nicht mit seiner vorgefassten Meinung zur wässrigen Natur der Elektrizität und der Höherwertigkeit des Magnetismus übereinstimmten, nicht seine Theorie infrage stellte, sondern weitere Annahmen zu ihrer Untermauerung einführte.¹⁴ Gilbert wollte, dass elektrische Ausströmungen wässriger Natur sind, weil sie in krassem Gegensatz zu den magnetischen, erdigen Wirkungen stehen sollten. Daher beharrte er auf seinem Konzept des wässrigen Effluviums und verschloss die Augen vor offensichtlichen Diskrepanzen. Zugleich verband Gilbert mit der Wahl einer wässrigen Analogie für das Effluvium Elektrizität mit Weiblichkeit, da Frauen seit der Antike kulturell mit Feuchtigkeit in Verbindung gebracht wurden (Föllinger 1996: 28ff.; Flemming 2000: 116f.) und umgekehrt Wasser mit Weiblichkeit (Lloyd 1964; Kalnicka 2001). Indem Gilbert am Konzept des wässrigen Effluviums festhielt, entwertete er Elektrizität durch ihre Feminisierung und reifizierte zugleich die kulturelle Minderwertigkeit weiblich gelesener Menschen.

4 Fazit

Auf den ersten Blick spielt Geschlecht in der Geschichte der Reibungselektrizität keine Rolle, abgesehen von der Tatsache, dass die wichtigen Gelehrten und Experten um 1600 alle männlich waren. Frauen hatten keinen Zugang zu Gilberts Leben, seinem Labor und seinem Kreis von Experimentalphilosophen. Außerdem distanzierte sich Gilbert in *De Magnete* explizit von der antiken und alchemistischen Tradition, magnetische und elektrische Körper als männlich oder weiblich zu bezeichnen. Vielmehr betonte er, Spekulationen zu vermeiden und auf die durch empirische Forschung gewonnene Rationalität zu vertrauen. Es ließen sich bei der Analyse der Fallstudie jedoch drei vergeschlechtlichte Strategien nachzeichnen und dekonstruieren, die Gilbert nutzte, um sein Verständnis der Reibungselektrizität zu entwickeln. Für den Bernsteineffekt, der für den Schiffskompass und damit für die Beherrschung der Weltmeere unbrauchbar war, wählte er das griechische Wort „elektron“ und leitete davon „electrica“ und „electric force“ als neue Fachbegriffe ab. „Elektron“ war jedoch kein geschlechtsneutraler Begriff. Er stand symbolisch für die endlose Trauer und die Tränen der Heliaden, die über ihren verunglückten Bruder Phaethon weinten. Weiter argumentierte Gilbert, dass seine Experimente bewiesen, dass elektrische Körper, wenn sie gerieben werden, ein Effluvium, eine subtile Flüssigkeit absonderten. Damit wählte er ein Element, das auf der symbolischen Ebene mit Weiblichkeit verbunden war. Um den Unterschied zwischen Magnetismus und Elektrizität zu verdeutlichen und die Überlegenheit und Einzigartigkeit der magnetischen Kraft hervorzuheben, zitierte Gilbert antike und scholastische Dichotomien von Form und Materie, die wiederum mit der kulturellen Dichotomie von

14 Damit war Gilbert keineswegs alleine, wie Thomas S. Kuhn in seiner Studie zur Struktur wissenschaftlicher Revolutionen aufzeigt (Kuhn 1962).

Männlichkeit und Weiblichkeit verwoben waren. Geprägt vom akademischen Denken der Renaissance nutzte Gilbert das symbolische System der Geschlechterdichotomie für seine Strategie zur Abwertung der Elektrizität, die einherging mit einer Materialisierung weiblicher Unterlegenheit. Indem er innovative experimentelle Methoden anwandte, die Ergebnisse aber anhand von traditionellen Bildern und Theorien erklärte, schrieb Gilbert Geschlecht in die Reibungselektrizität ein.

Gilberts Begriffe, Konzepte und Theorien hatten einen starken Einfluss auf das physikalische Denken des 17. und 18. Jahrhunderts. Erst als sich in der ersten Hälfte des 18. Jahrhunderts technische, militärische und medizinische Anwendungen der Elektrizität abzuzeichnen begannen (Meya/Sibum 1987: 53f.; Hochadel 2006), erschienen die männlich konnotierten Elemente Luft und Feuer wieder im Diskurs zur Elektrizität und es wäre sicher sehr lohnend, diese diskursiv-materiellen Verschiebungen in der Geschlechterforschung zur Physik weitergehend zu erforschen.

Literaturverzeichnis

- Baigrie, Brian (2007). *Electricity and Magnetism: A Historical Perspective*. Westport: Greenwood. <https://doi.org/10.5040/9798400644498>
- Benninghaus, Christina; Gammerl, Benno; Lorenz, Maren; Lücke, Martin & von Tippelskirch, Xenia (2023). *Geschlechtergeschichte: Herausforderungen und Chancen, Perspektiven und Strategien. Ein Positionspapier*. Bielefeld: Universität Bielefeld, Interdisziplinäres Zentrum für Geschlechterforschung (IZG). <https://doi.org/10.4119/unibi/2982911>
- Cadden, Joan (1993). *Meanings of Sex Difference in the Middle Ages*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Chapman, Sydney (1944). William Gilbert and the Science of his Time. *Nature*, 154(3900), 132–136. <http://dx.doi.org/10.1038/154132a0>
- Clarke, Adele E. (2012). *Situationsanalyse. Grounded Theory nach dem Postmodern Turn*. Wiesbaden: Springer VS.
- Daston, Lorraine & Galison, Peter (2007). *Objektivität*. Frankfurt/Main: Suhrkamp.
- Erlemann, Martina (2024). Von der Hochschulforschung zu den Feminist STS. Perspektiven für eine feministische Fachkulturforschung am Beispiel Physik. In Sarah Huch & Martina Erlemann (Hrsg.), *Gender & Diversity Studies in MINT meets Naturwissenschaftsdidaktik* (S. 39–64). Wiesbaden: Springer.
- Flemming, Rebecca (2000). *Medicine and the Making of Roman Women: Gender, Nature, and Authority from Celsus to Galen*. Oxford: Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oso/9780199240029.001.0001>
- Föllinger, Sabine (1996). *Differenz und Gleichheit. Das Geschlechterverhältnis in der Sicht griechischer Philosophen des 4. bis 1. Jahrhunderts v. Chr.* Stuttgart: Franz Steiner Verlag.
- Fraunberger, Fritz (1964). *Elektrizität im Barock*. Köln: Aulis Verlag.
- Gentilcore, Roxanne M. (2010). The Transformation of Grief in Ovid's *Metamorphoses*. *Syllecta Classica*, 21, 93–118. <https://doi.org/10.1353/syl.2011.0000>
- Gilbert, Wiliam (1600). *De Magnete, magneticisque corporibus, et de magno magnete tellure; Physiologia nova, plurimis & argumentis, & experimentis demonstrata*. London: Petrus (Peter) Short.
- Gilbert, William (1952 [1893]). *On the Loadstone and Magnetic Bodies*. Reprint der englischen Übersetzung des „De Magnete“ von Paul Fleury Mottelay (1893) in der Serie „Great Books of the Western World“. Chicago: Encyclopaedia Britannica.

- Götschel, Helene (2010). Gender goes physical. Geschlechterverhältnisse, Geschlechtervorstellungen und die Erscheinungen der unbelebten Natur. In Ruth Becker & Beate Kortendiek (Hrsg.), *Handbuch Frauen- und Geschlechterforschung. Theorie, Methoden, Empirie* (S. 842–850). Wiesbaden: Springer VS.
- Götschel, Helene (2013). Visible imagery and invisible gender in static electricity. In Helene Götschel, *Transforming Substance. Gender in Material Sciences* (S. 109–145). Uppsala: Uppsala Universität.
- Götschel, Helene (2017). Image, Fachkultur und Wissen. Wechselwirkungen zwischen Physik und Gender. In Corinna Bath, Göde Both, Petra Lucht, Bärbel Mauß & Kerstin Palm (Hrsg.), *reboot ING. Handbuch Gender-Lehre in den Ingenieurwissenschaften* (S. 149–173). Berlin: LIT-Verlag.
- Heilbron, John L. (1979). *Electricity in the 17th and 18th centuries: a Study of Early Modern Physics*. Berkeley, CA: University of California Press. <https://doi.org/10.1525/9780520334601>
- Hesse, Mary (1960). Gilbert and the Historians. *The British Journal for the Philosophy of Science*, 11(41), 1–10 & 11(42), 130–142. <https://doi.org/10.1093/bjps/XI.41.1>
- Hochadel, Oliver (2006). The Business of Experimental Physics: Instrument Makers and Itinerant Lectures in the German Enlightenment. *Science & Education*, 16(6), 525–537. <https://doi.org/10.1007/s11191-006-9017-y>
- Home, Roderick W. (1981). *The effluvial theory of electricity*. New York: Arno Press.
- Jäger, Siegfried (2015). *Kritische Diskursanalyse: eine Einführung*. Münster: Unrast.
- Jordan, Stefan (2021). *Theorien und Methoden der Geschichtswissenschaft*. Paderborn: Brill/Schöningh.
- Kalnicka, Zdenka (2001). Water. In Krystyna Wilkoszewska (Hrsg.), *Aesthetics of the Four Elements: Earth, Water, Fire, Air* (S. 97–184). Ostrava: University of Ostrava.
- Keller, Evelyn Fox (1986). *Liebe, Macht und Erkenntnis. Männliche oder weibliche Wissenschaft?* München, Wien: Hanser.
- Keller, Evelyn Fox (1995). The Origin, History, and Politics of a Subject Called „Gender and Science“—A Person Account. In Sheila Jasanoff, Gerald E. Markle, James C. Peterson & Trevor J. Pinch (Hrsg.), *Handbook of Science and Technology Studies* (S. 80–94). Thousand Oaks, London, New Delhi: Sage Publications. <https://doi.org/10.4135/9781412990127.n4>
- Kelly, Suzanne (1965). *The De Mundo of William Gilbert*. Amsterdam: Hertzberger.
- King, Charles W. (1865). *The Natural History, Ancient and Modern, or Precious Stones and Gems, and of the Precious Metals*. London: Bell and Daldy.
- Kuhn, Thomas S. (1962). *The structure of scientific revolutions*. Chicago: University of Chicago Press.
- Lloyd, Geoffrey E. R. (1964). The Hot and the Cold, the Dry and the Wet in Greek Philosophy. *The Journal of Hellenic Studies*, 84, 92–106. <https://doi.org/10.2307/627697>
- Lyne, Raphael (2001). *Ovid's changing Worlds. English Metamorphoses, 1567–1632*. Oxford: Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780198187042.001.0001>
- Maclean, Ian (1980). *The Renaissance Notion of Women. A Study in the Fortunes of Scholasticism and Medical Science in European Intellectual Life*. Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511562471>
- Merchant, Caroline (1980). *The Death of Nature. Women, Ecology, and the Scientific Revolution*. San Francisco: Harper & Row.
- Meya, Jörg & Sibum, Heinz Otto (1987). *Das fünfte Element. Wirkungen und Deutungen der Elektrizität*. Reinbek bei Hamburg: Rowohlt.
- Munk, William (1861). *The Roll of the Royal College of Physicians of London* (Compiled from the Annals of the College and from other Authentic Sources. Volume I. 1518 to 1700). London: Longman.

- Opitz-Belakhal, Claudia (2018). *Geschlechtergeschichte*. Frankfurt/Main, New York: Campus.
- Osietzki, Maria (1998). Körpermaschinen und Dampfmaschinen. Vom Wandel der Physiologie und des Körpers unter dem Einfluß von Industrialisierung. In Philipp Sarasin & Jakob Tanner (Hrsg.), *Physiologie und industrielle Gesellschaft. Studien zur Verwissenschaftlichung des Körpers im 19. und 20. Jahrhundert* (S. 313–346). Frankfurt/Main: Suhrkamp.
- Ovid, Publius (1986 [ca. AD 8]). *Metamorphosen. Epos in 15 Büchern*. Herausgegeben von Herrmann Breitenbach. Ditzingen: Reclam-Verlag.
- Potamian, Brother (1901). Gilbert of Colchester. The Tercentenary of Electric and Magnetic Science. *The Popular Science Monthly*, 44, 337–350.
- Roller, Duane H. D. (1959). *The De Magnete of William Gilbert*. Amsterdam: Hertzberger.
- Roller, Duane & Roller, Duane H. D. (1952). The Prenatal History of Electrical Science. *American Journal of Physics*, 21(5), 343–356. <https://doi.org/10.1119/1.1933449>
- Sanford, Fernando (1921). Some Early Theories Regarding Electrical Forces – The Electric Em-
anation Theory. *The Scientific Monthly*, (12)6, 544–550.
- Scheich, Elvira (1985). Was hält die Welt in Schwung? Feministische Ergänzungen zur Geschichte der Impetustheorie. *Feministische Studien*, (4)1, 10–32. <https://doi.org/10.1515/fs-1985-0103>
- Schiebinger, Londa (1993). *Schöne Geister: Frauen in den Anfängen der modernen Wissenschaft*. Stuttgart: Klett-Cotta.
- Schiebinger, Londa (1999). *Has Feminism Changed Science?* Cambridge: Harvard University Press.
- Shapin, Steven (2010). *Never pure. Historical studies of science as it was produced by people with bodies, situated in time, space, culture, and society, and struggling for credibility and authority*. Baltimore: Johns Hopkins University Press.
- Tuana, Nancy (1993). *The Less Noble Sex: Scientific, Religious and Philosophical Conceptions of Woman's Nature*. Bloomington u. a.: Indiana University Press.
- Zilsel, Edgar (1941). The Origins of William Gilbert's Scientific Method. *Journal of the History of Ideas*, 2(1), 1–32. <https://doi.org/10.2307/2707279>

Zur Person

Helene Götschel, Dr. phil. und Dipl.-Phys., *1963, wissenschaftliche Mitarbeit am Institut für Erziehungswissenschaften, Europa-Universität Flensburg. Arbeitsschwerpunkte: empirische Bildungsforschung, geschlechtliche Vielfalt in der Lehrkräfteausbildung und -weiterbildung. Kontakt: Europa-Universität Flensburg, Zentrum für Bildungs-, Unterrichts-, Schul- und Sozialisationsforschung (ZeBUSS), RIG 503, Auf dem Campus 1, 24943 Flensburg
E-Mail: helene.goetschel@uni-flensburg.de