

## **Stoffe in Bewegung**



# **Stoffe in Bewegung**

Beiträge zu einer Wissensgeschichte der materiellen Welt

Herausgegeben von  
Kijan Espahangizi und Barbara Orland

diaphanes

Gedruckt mit Mitteln der Berta Hess-Cohn Stiftung, Basel.

1. Auflage

ISBN 978-3-03734-661-7

© diaphanes, Zürich-Berlin 2014

[www.diaphanes.net](http://www.diaphanes.net)

Alle Rechte vorbehalten

Layout, Satz: 2edit, Zürich

Druck: Pustet, Regensburg

Umschlag: Stoffstromobjekt, durch Frozen-Reverse-Spherification hergestellte und mit verschiedenen Flüssigkeiten und granulierten Feststoffen gefüllte Makropartikel in einer Testumgebung. Entstanden im Projekt »Liquid Things. Art-based Research on Active and Transitive Materials« an der Universität für angewandte Kunst Wien (Foto: Roman Kirschner).

## **INHALT**

Vorwort	7
---------	---

### **PRIMUM MOVENS**

Kijan Espahangizi und Barbara Orland Pseudo-Smaragde, Flussmittel und bewegte Stoffe Überlegungen zu einer Wissensgeschichte der materiellen Welt	11
---	----

### **BEWEGUNG DER ELEMENTE**

Sabine Baier Fixierung der Geister Alchemistische Schöpfung und chemische Analyse durch stoffliche Bewegung	39
Daniela Hahn Teilchen-Bewegungen Zur experimentellen Beobachtung von Gemengen im 19. Jahrhundert	53

### **ARBEIT AM AUSTAUSCH**

Barbara Orland Die Erfindung des Stoffwechsels Wandel der Stoffwahrnehmung in der Naturforschung des 18. Jahrhunderts	69
Paul Burkett und John Bellamy Foster Stoffwechsel, Energie und Entropie in Marx' Kritik der Politischen Ökonomie	95
Christian Reiß und Mareike Vennen Muddy Waters Das Aquarium als Experimentalraum (proto-)ökologischen Wissens, 1850–1877	121

### **ÖKONOMIEN DES TRANSITS**

Heike Weber Den Stoffkreislauf am Laufen halten Restarbeit und Restökonomien des 20. Jahrhunderts	145
---	-----

Kijan Espahangizi Stofftrajektorien Die kriegswirtschaftliche Mobilmachung des Rohstoffs Bor, 1914–1919 ( <i>oder: was das Reagenzglas mit Sultan Tschair verbindet</i> )	173
Lea Haller Rohstoffe verschieben Ein unsichtbares Geschäft in der Krise, 1934–1939	209
 <b>INFRASTRUKTUREN DES TRANSPORTS</b>	
Benjamin Steininger Pipeline Am Puls der fossilen Moderne	231
Monika Dommann Zwischen Eisenbahn und Lager Eine Archäologie der Rampe	245
 <b>EIGENDYNAMIKEN DER STOFFE</b>	
Vera Wolff Lackflüsse Willi Baumeisters und Oskar Schlemmers japonistische Materialästhetik aus der Lackfabrik, 1937–1944	257
Jens Soentgen Dissipation	275
Autorenverzeichnis	285

## Vorwort

Manche Bücher entstehen ungeplant. So das Buch, welches Sie in Händen halten. Es war purer Zufall, dass wir uns im November 2012 dank des Themas »Stoffströme und Stoffkreisläufe« auf der Technikgeschichtlichen Tagung der Eisenbibliothek (Schaffhausen) trafen. Ebenso wenig konnten wir vorausahnen, dass wir die Tagung zugleich anregend und unbefriedigend finden würden. Einerseits voll des Dankes an Britta Leise, die damalige Leiterin der Eisenbibliothek, und die Organisatoren der Tagung (Kilian T. Elsasser, Helmut Lackner, Reinold Reith und Friedrich Steinle), waren wir andererseits überrascht, wie unhistorisch und statisch in den meisten Referaten die doch im Kern dynamischen Begriffe »Stoffströme und Stoffkreisläufe« verwendet wurden. Bald war die Idee geboren, den in den Pausengesprächen ausgelegten Gesprächsfaden aufzugreifen und weiterzuspinnen. Wir suchten Themen ab, potenzielle Referentinnen und Referenten und nicht zuletzt eine Veröffentlichungsmöglichkeit. Bereits im April 2013 luden wir zu einem explorativen Workshop nach Zürich. Dank der freundlichen Aufnahme in der Forschungsstelle für Wirtschafts- und Sozialgeschichte der Universität Zürich und der finanziellen Unterstützung des Zentrums »Geschichte des Wissens« diskutierten weit mehr Kolleginnen und Kollegen unsere Überlegungen zu »bewegten Stoffen«, als hier im Buch zum Abdruck kommen. Arianna Borelli sei für ihren Beitrag über den vormodernen Wärmebegriff ebenso gedankt wie Bettina Wahrig, die uns über das Thema Giftstoffe aufklärte. Weitere Teilnehmer, deren Beiträge die Zürcher Gespräche abrundeten, waren Stefan Sandmann und Norman Frenzel. Die Recherche von Kijan Espahangizi wurde zudem im Rahmen eines zweimonatigen Gastaufenthalts am Forschungsinstitut des Deutschen Museums in München im *Scholarship-in-Residence-Programm* großzügig unterstützt. Der Dank geht hier insbesondere an Elisabeth Vaupel, Andrea Walther, Ulf Hashagen und Helmuth Trischler für die Möglichkeit, sich zurückziehen und in Ruhe an den Texten arbeiten zu können.

Unsere ursprüngliche Idee, einen Schwerpunkt im Online-Journal »Zeitenblicke« zu gestalten, zerschlug sich aus technischen Gründen. Der Verlag diaphanes und insbesondere Michael Heitz haben uns stattdessen aufgenommen und durch eine professionelle und zügige Manuskriptbearbeitung sehr unterstützt. Die Veröffentlichung hätte allerdings ohne die großzügige finanzielle Beihilfe der Berta Hess-Cohn Stiftung in Basel nicht erscheinen können. Allen Beteiligten, die zum Gelingen dieses ungeplanten, aber umso fruchtbareren Projekts beigetragen haben, möchten wir herzlich danken.

Kijan Espahangizi und Barbara Orland, im November 2013



**PRIMUM MOVENS**



## Pseudo-Smaragde, Flussmittel und bewegte Stoffe Überlegungen zu einer Wissensgeschichte der materiellen Welt\*

Im 16. Jahrhundert berichtete Georg Agricola (1494–1555) in seinen Betrachtungen zur Schmelzkunst über Gesteine, die im Stande seien, sehr schwer schmelzbare Erze im Feuer zu verflüssigen, *lapides, qui facile igni liqueſcit*.<sup>1</sup> Sogenannte *flues* waren in der Metallurgie der Frühen Neuzeit unerlässlich. Im Jahr 1764 fand nun ein solches Flussmittel, wie es heute heißt, ein grünfarbiges Mineral aus dem Harz, seinen Weg in das chemische Laboratorium der Preußischen Akademie der Wissenschaften in Berlin. Es gelangte somit an einen der Orte, wo die alte *chymische* Kunst im Begriff war, sich zur modernen Wissenschaft aufzuschwingen. Die Untersuchungen, die der Hauschemiker der Akademie, Andreas Sigismund Marggraf (1709–1782), an dem grünlichen »Flus-Spath«, wie ihn die Metallurgen nannten, durchführte – andere Bezeichnungen waren nach Plinius' *Historia naturalis* »Pseudo-Smaragdus« und »Bergbluhme« bei den Bergleuten –, markieren im kulturellen Gedächtnis der Naturwissenschaften bis heute den Ausgangspunkt einer Entdeckungsgeschichte des aus chemischer Sicht einzigartigen Elements *Fluor*.<sup>2</sup> Das Halogen mit dem Symbol *F* und der Ordnungszahl 9, eingereiht in die 7. Hauptgruppe im Periodensystem, ist das reaktivste aller Elemente und seine Eigenheiten sprichwörtlich:

»Fervid Fluorine, though just Nine,  
Knows her aim in Life: combine!  
In fact, of things that link to mingle,  
None's less likely to stay single.«<sup>3</sup>

Bereits die historische Namensgebung für das Element Fluor (*fluere*, lat. fließen), aber auch der im 19. Jahrhundert als Alternative in Erwägung gezogene Name *Phtor* (von φθόρος, gr. zerstörerisch) zielen auf das Wesen dieses Elements:<sup>4</sup> Fluor verflüssigt und löst auf, es zersetzt und zerfrisst, es verbindet und beschleunigt, kurz: es bringt Stoffe in Bewegung.

---

\* Wir danken Jens Soentgen für seine kritischen Anmerkungen zum Text.

1. Vgl. Georg Agricola: *De re metallica, libri XII*, Basel 1556, liber quintus, S. 76, S. 86f., S. 327.
2. Andreas Sigismund Marggraf: »Observation concernant une volatilisation remarquable d'une partie de l'espèce de pierre, à laquelle on donne les noms de Flosse, Flusse, Flus-Spaht«, in: *Histoires de l'Académie royale des sciences et belles lettres de Berlin* XXIV, 1768, S. 2–11, hier S. 3f.; J. R. Partington: »The Early History of Hydrofluoric Acid«, in: *Memoirs and Proceedings of the Manchester Literary and Philosophical Society* 67 (6), 1923, S. 73–87.
3. Vernon Newton: *Adam's Atoms. Making Light of the Elements*, New York 1965, zitiert nach: Ronald E. Banks: »Isolation of Fluorine by Moissan. Setting the Scene«, in: *Journal of Fluorine Chemistry* 33, 1986, S. 3–26, hier S. 4.
4. Ebd., S. 11.

Eine wissenschaftliche Reflexion über die Stofflichkeit der modernen Welt mit der Geschichte eines chemischen Elements beginnen zu lassen, mag auf der Hand liegen. Das Element Fluor fasziniert speziell wegen seiner Unbeständigkeit, seines eigenwilligen Verhaltens und seines liminalen Wesens. Es ist ein Grenzgänger zwischen einem modernen physikochemischen Stoffwissen, das die Materie vom Kleinsten und Zeitlosen her denkt (ein Baukastensystem ewiger, in sich ruhender Elemente), und der dynamischen materiellen Welt, wie sie sich uns im Leben präsentiert: Jene immerzu sich wandelnde Erscheinungswelt, die in rastloser Abfolge einen Fluss flüchtiger Sinneseindrücke produziert. Die Welt, in der wir leben, offenbart uns keine reinen chemischen Elemente. Unser sinnlicher Alltag vollzieht sich in stofflichen Vermischungen und Übergängen, in Regungen und Bewegungen. Ein Blick auf die weitere Entdeckungsgeschichte des Fluor – oder neuakademisch: auf dessen *scientific biography*<sup>5</sup> – veranschaulicht das Grenzgängertum dieses besonderen Elements zwischen den Sphären der sinnlichen Erfahrung und dem Strukturwissen der modernen materiellen Welt.

Andreas Sigismund Marggraf nahm sich 1764 das ihm vorliegende grünliche Gestein, den Flussspat oder Pseudo-Smaragd, nach allen Regeln der zeitgenössischen chemischen Kunst vor. Er erhitzte das Gestein in Schwefelsäure, wie es üblich war, und vaporisierte es. Anschließend leitete er die so entstehenden Dämpfe durch ein Glasrohr in einen mit Wasser gefüllten ebenfalls gläsernen Rezipienten und beobachtete – zu seinem Entsetzen –, wie das Gemisch die Wände des Laborgefäßes angriff und schließlich zersetzte. Die »Geburtsstunde« des Elements *Fluor* erwies sich für die noch junge analytische Wissenschaft als traumatisch. Das Experimentiergefäß, der geschützte Raum also, in dem die moderne Chemie ihre Fundamentalanalyse der Materie bis heute nicht nur durchführt, sondern auch versinnbildlicht, die Apparatur also, in der sie die Wahrheit über das, was die Materie in ihrem Innersten zusammenhält, herauszdestillieren bestrebt ist, zersetzt sich vor den Augen Marggrafts. Für einen kurzen Moment schien die Grenze zwischen dem Kosmos des Labors, dieser künstlichen Umwelt der Experimentalforschung, und der chaotischen Welt unkontrollierter stofflicher Dynamiken jenseits des Laborglasses durch die angriffslustige stoffliche Mischung in Gefahr zu geraten.<sup>6</sup> Wie sollte man einen Stoff isolieren und wissenschaftlich untersuchen, der sich seiner epistemischen und technischen Einhegung derart widersetzt?

Von Andreas Sigismund Marggrafts Beobachtungen alarmiert begaben sich bis in die dreißiger Jahre des 19. Jahrhunderts Dutzende renommierte Naturforscher – von Johann Christian Wiegbleb (1732–1800) und Carl Wilhelm Scheele (1742–1786), über Humphrey Davy (1778–1829), Joseph Louis Gay-Lussac (1778–1850) und André-Marie Ampère (1775–1836) bis hin zu einem der Gründerväter der modernen chemischen Formelsprache, Jöns Jakob Berzelius (1779–1848) –

---

5. Vgl. Lorraine Daston (Hg.): *Biographies of Scientific Objects*, Chicago, IL 2000.

6. Kijan Espahangizi: »The Twofold History of Laboratory Glassware«, in: Matthias Grote, Max Stadler und Laura Otis (Hg.): *Membranes, Surfaces and Boundaries. Interstices in the History of Science, Technology and Culture*, Berlin 2011, S. 17–33.

auf die Suche nach der Ursache.<sup>7</sup> Man vermutete hinter den »merkwürdigsten« Verbindungen ein neues Element namens *Fluor*, dessen Existenz die jüngere Chemikergeneration bereits kurz nach 1800 postulierte. Der Versuch, aus dem glaszersetzenden Stoffgemisch, der sogenannten *acide fluorique*, das hypothetische Element Fluor in Reinform darzustellen, fiel demnach in eine Zeit, in der die Chemie gerade erst begann, die Elemente atomistisch als kleinste Bausteine der Welt empirisch darzustellen und deren quantitative Bestimmung und Taxonomisierung zu ihrem vornehmlichen Ziel zu erklären. Es ist dies, in unserem kulturellen Gedächtnis, die heroische Zeit der Elemente-Entdeckungen, die um 1870 im chemischen Periodensystem kulminierte, dem ultimativen Kompendium des Aufbaus und der Kombinatorik der Materie.<sup>8</sup> Doch obwohl das Symbol *F* bereits in einer frühen Elementetabelle Dmitri Iwanowitsch Mendelejews (1834–1907) aufgeführt wurde, war es de facto immer noch nicht gelungen, das garstige, »äußerst gierige und lebhafte« Element Fluor im Labor rein darzustellen – zu groß war seine Reaktivität, zu stark seine Neigung, sich immer schon mit anderen Stoffen zu verbinden und auszutauschen, zu beachtlich seine Fähigkeit, die Dinge durcheinanderzubringen.<sup>9</sup> Der Umgang mit Fluorverbindungen war aus diesem Grunde sogar lebensgefährlich. Chemiker erblindeten und starben, als sie Dämpfe einatmeten, die aus ihren Laborapparaturen entwichen. Es dauerte entsprechend noch eine ganze Weile, bis 1886, als schließlich der französische Chemiker Henri Moissan (1852–1907) mit erheblichem Aufwand und einem elektrolytischen Verfahren in Platingefäßen – elektrischer Strom wurde durch Flussäure geleitet – reines Fluor darzustellen vermochte. 1906 wurde ihm für diese Leistung der Nobelpreis verliehen.<sup>10</sup>

## Das Unwandelbare im Wandel

Betrachtet man diese klassische Entdeckungsgeschichte des Fluor aus einer gewissen, epistemologisch verstandenen, agnostischen Distanz, so mag man erstaunt sein, dass sich das eigenwillige Element – immerhin ein Grundbaustein der Materie im chemischen Weltbild – offenbar nur in einer instabilen Momentaufnahme nackt und isoliert im Labor als flüchtiges Gas fixieren lässt. Was die Welt aus Sicht der modernen Chemie in ihrem Innersten zusammenhält, scheint sich im stofflichen Diesseits erst nach Durchlauf einer historisch, epistemisch und technisch höchst voraussetzungssreichen Passage zu zeigen. Ein regelrechter Parcours von Handgriffen, Gefäßen, Rohren, Schläuchen, Filtern, Ventilen und Elektroden

7. Vgl. auch den Forschungsüberblick in Jöns Jakob Berzelius: »Untersuchungen über die Flußspathsäure und deren merkwürdigsten Verbindungen«, in: *Annalen der Physik* 77 (1), 1824, S. 1–48.

8. Diese Geschichte ist oft erzählt worden. Vgl. zum Einstieg: William H. Brock: *The Fontana History of Chemistry*, London 1992.

9. Primo Levi: *Das periodische System*, Hanser 1987, Kapitel »Argon«.

10. Siehe den obligatorischen Jubiläumsband: Ronald E. Banks, D.W.A. Sharp und C. Tatlow (Hg.): *Fluorine. The First Hundred Years, 1886–1986*, Lausanne 1986.

ist vonnöten, um es doch nur lokal und für kurze Zeit zu materialisieren. Symptomatisch auch für andere Entdeckungsgeschichten chemischer Elemente ist, dass die ins Labor eingehenden Ausgangsstoffe, hier der Pseudo-Smaragd / Flussspat, in einer Kette von Verfahren und Übersetzungsschritten umgeleitet, bewegt, präpariert und umgewandelt werden müssen, bevor überhaupt von einem Reinstoff gesprochen, ein chemisches Element identifiziert und fixiert werden kann. Die Dynamik der materiellen Welt endet somit nicht mit ihrem Eintritt in die Welt der Laborforschung. Sie durchläuft hier nur einen, wenn auch entschleunigten Durchgangspunkt. Der alltägliche Glaube an die Stabilität und unzweideutige Identität der chemischen Stoffe ist somit irreführend, weil er nicht die ganze Geschichte zur Kenntnis nimmt. Die Wissensform des chemischen Elements präsentiert sich lediglich als eine Art Labor-Stillleben.

Das Unwandelbare im Wandel zu erkennen, von der Welt der Erscheinungen zu ihren ewigen Ursachen zu gelangen, dies galt spätestens seit Platon als Aufgabe aller Wissenschaft und Grundbestimmung des Wissens. Im Bewusstsein dieser langen philosophischen Tradition und gleichzeitig im noch frischen Rückblick auf den rasanten Aufstieg seiner Disziplin schreibt der Chemiker und Wissenschaftshistoriker Matthew Moncrieff Pattison Muir (1848–1931) 1894 wenige Jahre nach der Entdeckung des Elements Fluor:

»Amid the rush of changing appearances, and the shifting scenes wherein they move, men have always dreamt of the unchangeable, and have sought for some sure resting-place. [...] and as they have represented their various ideals as shadowings forth of an immutable reality, so they have pictured the movements of matter as superficial manifestations of an underlying unity.«<sup>11</sup>

Die Geschichte all derjenigen Anstrengungen zu schreiben, die die Menschheit unternommen habe, die materielle Wirklichkeit aufzudecken und die oberflächlichen Regungen und Bewegungen der Stoffe und Dinge als Ableitung eines allumfassenden zugrunde liegenden Prinzips – der Einheit der Materie – zu erkennen, so fährt Muir fort, bedeute nichts weniger, als die Geschichte der Naturwissenschaft neu zu schreiben. Dem ist zuzustimmen, doch ist die naturwissenschaftliche Vorstellung von Materie nicht deckungsgleich mit der Vielfalt der materiellen Welt, in der wir leben. Es sei denn, man möchte der Erfahrungswelt des permanenten stofflichen Wandels und der Vergänglichkeit den Status einer wirklichen Wirklichkeit absprechen – eine Debatte, die sich hartnäckig in einem vor rund zweitausend Jahren von den Vorsokratikern, Atomisten und Platonikern aufgespannten Denkraum über die materielle Wirklichkeit hält. Ohne Zweifel wäre es eine Herkulesaufgabe, die *longue durée* dieser Geschichte in all ihren Formen und Vorstellungen, Bezeichnungen und Vorlieben, Konjunkturen und Konstellationen angemessen zu erfassen. Die längst obsolete Blockkonfrontation von Materialismus und Idealismus wäre dabei vielleicht das emblematischste, aber

---

11. Matthew Moncrieff und Pattison Muir: *The Alchemical Essence and the Chemical Element. An Episode in the Quest of the Unchanging*, London 1894, S. 1.