

Dietmar Höttecke<sup>1</sup>  
 Andreas Henke<sup>2</sup>  
 Janne Krüger<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universität Hamburg  
<sup>2</sup>Universität Bremen

### **Naturwissenschaften im Wandel der Zeit Konzepte der Wissenschaftsforschung**

Die Vorstellungen von Schülern/innen über die historische Entwicklung der Naturwissenschaften bzw. die Orientierungsrahmen, die mit diesen Vorstellungen in Zusammenhang stehen, sind derzeit Gegenstände aktueller Forschung (Beiträge von Henke, Höttecke & Krüger sowie Krüger, Höttecke & Henke in diesem Band). Im Diskurs über Nature of Science (NoS) hat sich trotz allen akademischen Dissens darüber, welche Lehr-Lernaspekte für diesen Lernbereich bedeutsam sein sollen, die Sprechweise eingebürgert, dass naturwissenschaftliche Wissensbestände vorläufig, veränderbar und dennoch robust sind (Lederman, 2007). Diese Sprechweise impliziert historischen Wandel, der aber im fachdidaktischen Diskurs über NoS kaum spezifiziert wird. Dabei ist es keineswegs selbstverständlich, historischen Wandel in den Naturwissenschaften zugleich als Fortschritt zu deuten. Dem Selbstbild der Naturwissenschaften ist diese Sichtweise aber eigen.

Um die empirischen Ergebnisse einordnen und bewerten zu können und um einen Referenzrahmen für didaktische Strukturierung zum Thema Naturwissenschafts-Entwicklung zu stiften, ist es nötig, aktuelle Befunde der wissenschaftsforscherischen Disziplinen daraufhin zu befragen, wie Naturwissenschaften sich entwickeln. Im Sinne des Modells fachdidaktischer Rekonstruktion unternimmt dieser Artikel ohne Vollständigkeitsanspruch die Aufgabe der fachlichen Klärung der Frage, welche Kategorien die historische Entwicklung anzeigen können und nach den Motoren, die diese Entwicklung antreiben.

#### **Kategorien historischen Wandels**

Nimmt man eine schlichte Output-Perspektive ein, um Wandel zu quantifizieren, kann die Anzahl an Fachkräften, Publikationen und Fachjournalen ein Indikator sein. Hier zeigt sich ein exponentielles Wachstum. Die Verdopplungszeit der Anzahl wissenschaftlicher Beiträge liegt bei 10-20 Jahren. Weltweit wurden in Biologie, Biomedizin, Chemie, Medizin, Geowissenschaften, Ingenieurwesen, Technik, Mathematik und Physik im Jahr 2002 733.305 Fachartikel publiziert, im Jahr 2008 waren es schon 986.099 (Deutsche UNESCO Kommission, 2010). 80-90 % aller Wissenschaftler/innen, die je gelebt haben, leben in unserer Gegenwart (de Solla Price 1974 [1963]). Gemessen am Output explodieren die Naturwissenschaften in der Gegenwart geradezu. Die Zahlen zeigen aber noch keinen Motor dieser Entwicklung an, der sich nur in historischen Analysen zeigen kann.

Die Ursprünge der modernen Naturwissenschaften werden geographisch mit Europa verbunden und zeitlich in die Renaissance eingeordnet. Ihre Entwicklung basierte bereits auf älteren Wissensbeständen, die aus vielen Teilen der Welt zusammen getragen worden waren (vgl. Fara, 2010). Die vorsokratische griechische Antike bspw. hat ideengeschichtlich Anteil an der Atomlehre. Zugleich war die antike Philosophie von einer Geringschätzung alles Praktisch-Handwerklichen gekennzeichnet. Angesichts der Tatsache, dass die antiken Hochkulturen Sklavenhaltergesellschaften waren, wundert die Geringschätzung von Handwerk, Technik und körperlicher Arbeit nicht (vgl. Teichmann, 1985). Das antike wissenschaftliche Denken lässt sich als hierarchisch, teleologisch, kontemplativ und ästhetisch charakterisieren (ebd., S. 173). Dass das so war, lässt sich nicht nur ideengeschichtlich, sondern zumindest auch aus einer kulturalistischen und ökonomischen

Perspektive verstehen. Die Trennung von intellektuell-methodischer und handwerklicher Ausbildung und Praxis reicht mindestens bis in das 16. Jahrhundert.

Mit der Renaissance setzt ein Prozess sozialer Ausdifferenzierung ein, in dessen Rahmen Standesunterschiede zwischen Ingenieuren, Ärzten und zunftfreien Künstler einerseits und Humanisten und traditionellen Gelehrten andererseits angeglichen wurden. Dieser sozial-historische Prozess ermöglichte es erst, dass intellektuelles Schlussfolgern, Textauslegen und praktisches Experimentieren von den gleichen Akteuren veranstaltet werden konnten (Felt, Nowotny & Taschwer 1995).

Die Entwicklung der Naturwissenschaften seit der Renaissance verbindet sich wesentlich mit den Namen Descartes, Bacon und Galilei und führt zur Aufwertung empirisch gestützter, in Experimenten gewonnener Erfahrung und der sich entwickelnden Rolle abstrakt-mathematischer Naturbeschreibung und -erklärung. Sie lässt sich grob in drei historische Phasen unterteilen:

(1) *Die Phase der Amateure und Handwerker* 1600-1800 ist davon geprägt, dass Männer von Stand, sogenannte Gentleman of Science, experimentelle Naturphilosophie betreiben. Während dieser Phase ist die Ausbildung noch nicht formalisiert. Experimente werden vorwiegend in privaten Wohnräumen durch- und vorgeführt. Es etabliert sich das Validitätskriterium öffentlicher Zeugenschaft durch andere Naturphilosophen, die durch ihren Stand und ihre Expertise ausgewiesen sein müssen. In dieser Zeit institutionalisiert sich die Naturphilosophie. Es kommt zur Gründung wissenschaftlicher Gesellschaften wie der Royal Society in London (1662) und der Académie de Sciences in Paris (1666) sowie die Gründung erster wissenschaftlicher Journale. Diese Umstände tragen dazu bei, dass sich ein sozialer Mechanismus wissenschaftlicher Wahrheitsfindung herausbildet, der auf wissenschaftliche Öffentlichkeit angewiesen ist.

(2) Die folgende *akademische Phase* erstreckt sich etwa bis zum Beginn des Zweiten Weltkriegs. Während des 19. Jahrhunderts differenzieren sich die Naturwissenschaften stark in Subdisziplinen aus, ein Prozess, der bis heute anhält. Den Universitäten kommt in diesem Prozess eine bedeutende Stellung zu. Sie sind die Orte, an denen formale Ausbildungsstrukturen etabliert werden. Glaubwürdigkeit und Expertise werden zunehmend über Abschlusszertifikate und akademische Positionen und nicht mehr über den Stand abgesichert. Naturwissenschaftliche Forschung organisiert sich wesentlich um den Beruf des Universitätsprofessors herum. Der Begriff Naturwissenschaft löst den der Naturphilosophie ab und William Whewell (1874-1866) prägt den englischsprachige Begriff *scientist*.

(3) Der Beginn der *industriellen Phase* der Naturwissenschaften wird mit dem Zweiten Weltkrieg datiert. Parallel zur Naturwissenschaft an universitären Lehrstühlen etabliert sich eine Art naturwissenschaftliche *big science* (de Solla Price, 1974). Großprojekte, die an Teilchenbeschleunigern wie dem Genfer CERN (seit 1954) durchgeführt werden, sind so ressourcenintensiv, dass sie nur noch von Staatenverbänden finanziert werden können. Big science setzt großangelegte Koordination internationaler Forschungsaktivitäten voraus. Ihren hohen Finanzbedarf speist big science zu namhaften Teilen aus öffentlichen Mitteln und der Industrie. Entsprechend wird Großforschung im verstärkten Maße von politischen Entscheidungen und Aufträgen abhängig und ist weniger autonom als noch in den vorangegangenen Phasen. Dieser Umstand führt dazu, dass Naturwissenschaften heute auf Anerkennung und Förderung von politischer Seite angewiesen sind.

### **Motoren historischer Entwicklung**

Neben der oben beschriebenen gesellschaftlichen Bedarfe als Motoren für historische Entwicklung legt die Wissenschaftssoziologie einen weiteren Mechanismus nahe. Wissenschaftler/innen streben wie Menschen in anderen Professionen auch nach Anerkennung und Reputation. Beides stellt eine Form symbolischen Kapitals dar, das sich in

andere Kapitalformen wie z. B. soziales oder ökonomisches Kapital transformieren lässt (Bourdieu, 1971). Wer innerhalb der Wissenschaftlergemeinschaft besonders anerkannt wird, wird z. B. umso leichter in Kommissionen und Beiräte berufen, um dort Beratungs- und Steuerungsaufgaben wahrzunehmen und eigene Interessen durchzusetzen. Reputation unter Kolleginnen und Kollegen führt zu einem höheren Maß an wissenschaftlicher Glaubwürdigkeit. Reputation kann sich positiv auf die Akquise von Forschungsmitteln (ökonomisches Kapital) auswirken, die mit Definitionsmacht über zentrale Forschungsprobleme verbunden ist. Hier wird sichtbar, dass soziologische Kategorien wie Reputation sich gleichsam mit epistemologischen Kategorien zu einem Kreislauf verschränken: Wissenschaftliche Kreativität und Fähigkeit bedingen erfolgreiche Antragstellung auf Forschungsmittel. Die wiederum sorgen dafür, dass über umfangreichere Ressourcen wie z. B. einen besonders teuren Laser verfügt werden kann, was weitere Forschung ermöglicht, neue wissenschaftliche Argumente hervorbringt und die Reputation weiter steigert (vgl. Latour & Woolgar, 1979 [1986]). Ein solcher Kreislauf kann als Mechanismus verstanden werden, innerhalb dessen symbolische Kapitalformen transformiert und akkumuliert werden.

### **Zusammenfassung**

Die Analyse macht deutlich, dass naturwissenschaftlicher Wandel von gesellschaftlichen und kulturellen Umbrüchen sowie gesellschaftlichen Bedarfen und ökonomischen Prozessen angetrieben wird. Die Bedeutung der Ökonomie wird in der Entwicklung der Thermodynamik besonders deutlich, die im 18. und 19. Jahrhundert das theoretische Unterfutter zur Optimierung von Kraft-Wärme-Maschinen, der Industrialisierung und Kapitalakkumulation wird. Naturwissenschaften professionalisieren, kanonisieren und standardisieren sich zunehmend über die Bildung von Fachgesellschaften, Universitäten und formelle Ausbildungsstrukturen. Formen sozialer Ausdifferenzierung in Gesellschaft und den Naturwissenschaften hängen zusammen. Auf der Ebene der Individuen werden Kapitalerwerb und -transformation im Sinne Bourdieus zu Motoren des Wandels. Auf der Ebene der Scientific Community sind v. a. die Arbeit T. S. Kuhns (z. B. 1973) zu nennen, welche die sozialen Mechanismen naturwissenschaftlicher Praxis beschreiben. Kuhn beschreibt Naturwissenschaft als eine Abfolge revolutionärer und normalwissenschaftlicher Phasen, die sich wesentlich kognitiv definieren. Normalwissenschaftliche Phasen sind durch kognitive Muster und Zwänge (Paradigmen) gekennzeichnet. Werden sie massiv in Frage gestellt, kann eine wissenschaftliche Revolution erfolgen.

### **Literatur**

- Bourdieu, P. (1971). The specificity of the scientific field and the social conditions of the progress of reason. *Social Science Information*, 14 (6), 19-47.
- Deutsche UNESCO-Kommission (2010), UNESCO Science Report 2010. Ein aktuelles Bild der Wissenschaft weltweit. Zusammenfassung.  
<http://www.unesco.de/fileadmin/medien/Dokumente/Wissenschaft/USR2010d.pdf> (07.01.14)
- de Solla Price, D. J. (1974 [1963]). *Little science, big science*. Frankfurt a.M.: Suhrkamp.
- Fara, P. (2010). *4000 Jahre Wissenschaft*. Heidelberg: Spektrum-Verlag.
- Felt, U., Nowotny, H. & Taschwer, K. (1995). *Wissenschaftsforschung. Eine Einführung*. Frankfurt, New York: Campus.
- Kuhn, Thomas S. (1973 [1962]). *Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen*. Frankfurt a.M..
- Latour, B. & Woolgar, S. (1986 [1979]). *Laboratory life: The construction of scientific facts*. Princeton: Princeton University Press.
- Lederman, N. G. (2007). Nature of Science: Past, present, and future. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 831–879). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Teichmann, J. (1985). *Wandel des Weltbildes. Astronomie, Physik und Meßtechnik in der Kulturgeschichte*. Reinbek bei Hamburg: Rowohlt.