

Hans-Jörg Rheinberger Epistemologie des Konkreten

Studien zur Geschichte
der modernen Biologie
suhrkamp taschenbuch
wissenschaft

suhrkamp taschenbuch
wissenschaft 1771

Mit *Epistemologie des Konkreten* knüpft Hans-Jörg Rheinberger an seine Studien zu Experimentalsystemen und epistemischen Dingen an, die er als treibende Momente der Entwicklung der modernen Naturwissenschaften identifiziert. Im Mittelpunkt stehen dabei die Biowissenschaften des 20. Jahrhunderts. Im ersten Abschnitt des Buches geht es um die grundlegenden Bedingungen einer Historisierung des wissenschaftlichen Wissens. Der zweite Abschnitt thematisiert anhand von Fallstudien die Rolle von Modellorganismen in den Wissenschaften vom Leben. Im dritten Teil wird das Verhältnis von Apparatur und Theoriebildung an Beispielen aus der Geschichte der Molekularbiologie untersucht. Den Abschluss bilden Überlegungen zum Problem der Repräsentation des Wissens. Rheinbergers profunde historische Reflexionen zeichnen nicht nur ein Stück Wissenschaftsgeschichte nach, sondern tragen auch überraschende Einsichten zur aktuellen Debatte über das Verhältnis von Natur- und Geisteswissenschaften bei.

Hans-Jörg Rheinberger
Epistemologie des Konkreten

*Studien zur Geschichte der
modernen Biologie*

Suhrkamp

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation
in der Deutschen Nationalbibliografie;
detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über
<http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

2. Auflage 2019

Erste Auflage 2006

suhrkamp taschenbuch wissenschaft 1771

© Suhrkamp Verlag Frankfurt am Main 2006

Suhrkamp Taschenbuch Verlag

Alle Rechte vorbehalten, insbesondere das der Übersetzung,
des öffentlichen Vortrags sowie der Übertragung
durch Rundfunk und Fernsehen, auch einzelner Teile.

Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form
(durch Fotografie, Mikrofilm oder andere Verfahren)
ohne schriftliche Genehmigung des Verlages reproduziert
oder unter Verwendung elektronischer Systeme
verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Satz: Hümmer GmbH, Waldbüttelbrunn

Printed in Germany

Umschlag nach Entwürfen von
Willy Fleckhaus und Rolf Staudt

ISBN 978-3-518-29371-3

Inhalt

Einleitung	7
----------------------	---

I. Historische Epistemologie

1. Zur Historizität wissenschaftlichen Wissens: Ludwik Fleck, Edmund Husserl	21
2. Gaston Bachelard und der Begriff der »Phänomeno- technik«	37
3. Die epistemologische Historie von Georges Canguilhem .	55

II. Erbsen, Einzeller, Motten und Viren Studien zu Vererbung und Fortpflanzung

4. Carl Correns' Experimente mit <i>Pisum</i> , 1896-1899	75
5. Protozoologie, Fortpflanzung, Befruchtung. Max Hartmanns Experimente zur biologischen Regulation, 1914-1921	114
6. <i>Ephestia</i> : Alfred Kühns experimenteller Entwurf einer entwicklungsphysiologischen Genetik, 1924-1945	131
7. Virusforschung an den Kaiser-Wilhelm-Instituten für Biologie und Biochemie, 1937-1945	185

III. Apparate und Begriffe Studien zur molekularen Biologie

8. Die Evolution des Genbegriffs – Perspektiven der Molekularbiologie	221
9. Spuren von Radioaktivität – Szintillationsmaschinen . . .	245
10. Regulation, Information, Sprache – Molekulargenetische Konzepte in François Jacobs Schriften	293

IV. Epistemische Konfigurationen

11. Schnittstellen	313
12. Präparate	336
13. Zettelwirtschaft	350
<i>Abkürzungen</i>	362
<i>Literaturverzeichnis</i>	363
<i>Abbildungsverzeichnis</i>	404
<i>Drucknachweise</i>	409
<i>Personenregister</i>	411

Einleitung

Der vorliegende Band enthält Fallstudien und Reflexionen zur Geschichte und Epistemologie der Biowissenschaften. Als Bausteine einer Epistemologie des Konkreten bilden sie die Fortsetzung früherer Untersuchungen, in denen ich die Grundzüge des Verhältnisses zwischen epistemischen Objekten und den technischen Bedingungen ihrer Erzeugung in Experimentalsystemen bestimmt habe.¹ Sofern die Texte auch an anderer Stelle veröffentlicht wurden, sind sie für diesen Band erheblich überarbeitet worden. Alle Texte stellen neue, aus jeweils anderer Perspektive unternommene Versuche dar, etwas von der Faszination der *Wissensdinge* zu vermitteln – jener Organismen, Räume, Apparaturen und Techniken, die von der Forschung kolonisiert und verwandelt wurden und die selbst die Forschung verwandelt und diversifiziert haben. Darin liegt einer der Ansprüche einer Historiographie der materiellen Kultur der Wissenschaften.

Der Band ist in vier große Abschnitte mit jeweils unterschiedlichen Schwerpunkten geteilt. Im ersten Teil geht es um die Historisierung des wissenschaftlichen Wissens, die ich im Werk von vier Theoretikern des Wissens (Ludwik Fleck, Edmund Husserl, Gaston Bachelard und Georges Canguilhem) untersuche. Der zweite Teil besteht aus vier in sich geschlossenen Fallstudien zur Geschichte der Genetik und Reproduktionsbiologie. Sie alle berichten über Arbeiten, die von Forschern durchgeführt wurden, die am Kaiser-Wilhelm-Institut für Biologie in Berlin-Dahlem wirkten. Anhand der Experimente von Carl Correns, Max Hartmann, Alfred Kühn und schließlich der Dahlemer »Arbeitsstätte Virusforschung« (mit Gernot Bergold, Rolf Danneel, Georg Melchers, Gerhard Schramm u. a.) werden in diesem Teil verschiedene Konfigurationen des biologischen, insbesondere genetischen Experimentierens in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts dargestellt. Der Schwerpunkt liegt dabei auf der Funktion von Modellorganismen in den Lebenswissenschaften. Der dritte Teil konzentriert sich auf die Wechselwirkung von

1 Hans-Jörg Rheinberger, *Experimentalsysteme und epistemische Dinge*, Göttingen: Wallstein 2001.

Apparatur und Begriffsbildung in der Molekularbiologie; in der ersten Studie steht hier der für die klassische wie für die molekulare Genetik zentrale Begriff des Gens im Mittelpunkt, in der zweiten ein für die Molekularbiologie unentbehrliches Gerät zur Messung von radioaktiven Spuren, in der dritten der charakteristische Informationsdiskurs der neuen Biologie. Im vierten und letzten Teil stelle ich einige grundsätzliche epistemologische Überlegungen an – zunächst zum Verhältnis von Instrumenten und Objekten des Wissens, dann zu den Präparaten als einer besonderen Klasse epistemischer Objekte und schließlich zu den Anschreibungstechniken des Labors.

Das 20. Jahrhundert begann mit einer tiefen Krise des positivistischen Denkens in allen Bereichen der Wissenschaft. Eine schnelle Lösung zeichnete sich nicht ab. In der Wissenschaftsgeschichte des 19. Jahrhunderts hatten verschiedene historistische Beschreibungsmodelle einer Geschichte fortschreitender Entdeckungen dominiert. Erst allmählich lernte sie, die Historizität des wissenschaftlichen Wissens selbst in den Blick zu nehmen und von der Vorstellung einer linearen disziplinären Aufwärtsbewegung zu trennen; erst allmählich konnte sie auch anfangen, Wissenschaft aus deren engeren – materiellen und institutionellen – Produktionsbedingungen und zugleich größeren kulturellen Kontexten heraus zu begreifen. Für die Wissenschaftsphilosophie zeichnete sich darin nicht zuletzt auch eine mögliche neue Verbindung der lange erfolgreich getrennten Kontexte der ›Rechtfertigung‹ und der ›Entdeckung‹, der Geltung des Wissens und der historischen Bedingungen seiner Produktion ab. Diese Entwicklung der Wissenschaftsphilosophie war kein rein innerphilosophischer Prozess, sondern entstand im Wechselspiel mit den konkreten wissenschaftlichen Umwälzungen des 20. Jahrhunderts, ihren Voraussetzungen und ihren Folgen. In der Historisierung der Epistemologie liegt der wesentlichste Beitrag des 20. Jahrhunderts zur Philosophie der Wissenschaften.

Den Historismus der Wissenschaftsgeschichte, das Pendant des naturwissenschaftlichen Positivismus, löste eine zuerst von Ludwik Fleck und Gaston Bachelard konsequent formulierte historische Epistemologie ab. Die folgenreiche Grundthese lautete, dass die zeitgenössische wissenschaftliche Tätigkeit ihre Gegenstände allererst technisch konstituiert. Bei dem französischen Wissenschaftshistoriker und Philosophen Bachelard heißt es etwa: Sie »*existieren* nicht in der Na-

tur, sie müssen hergestellt werden.«² Die Forschungsgegenstände nicht nur der Geistes-, sondern auch der Naturwissenschaften haben demnach jeweils eigene, unterschiedlich lange Geschichten, werden auf unterschiedliche Weisen, auf unterschiedlichen Ebenen und auf unterschiedliche Dauer in die verschiedenen Wissensbereiche implementiert und entfalten dort unterschiedlich starke Wirkungen.³ Die historische Entwicklung und wesentliche Festschreibung der wissenschaftlichen Disziplinen bis zum Ende des 19. Jahrhunderts ist letztlich selbst auch nur der institutionelle Ausdruck dieser primären Zuordnung wissenschaftlicher Objekte.

Die in der Trennung von Natur- und Geisteswissenschaften festgeschriebene Dichotomie von Natur und Kultur steht seither grundsätzlich zur Disposition. Was zwingt uns eigentlich, an dieser hartnäckigen kulturellen Leitdifferenz festzuhalten? Der Wissenschaftssoziologe und -philosoph Bruno Latour hat vorgeschlagen, dass wir uns auf eine Art vormodernes Weltverhältnis besinnen und einfach das Beste daraus machen sollten, dass wir immer schon in einem Universum von Hybriden leben; deshalb wollte er auch ein »Parlament der Dinge« einberufen.⁴ Seine Empfehlung zeichnet zumindest einen nächsten Schritt vor: Gerade weil kein einziges wissenschaftliches Faktum gegeben ist, sondern jedes Faktum buchstäblich unter vereinten Anstrengungen einer Gemeinschaft *gemacht* wird, sollten wir eine gewisse Bereitschaft kultivieren, mit »gemischten« Erklärungen zu arbeiten.

Bachelard hat die neuzeitliche Wissensbildung allerdings nicht nur dadurch charakterisiert, dass sie ihre Gegenstände konstruiert bzw. für spezifische wissenschaftliche Zwecke zurichtet. Ein weiteres Charakteristikum der modernen Wissenschaften, das Bachelard positiv hervorhob, ist die Logik ihrer eigenen Verzweigung und Diversifikation: Die begriffliche Dynamik der Einzelwissenschaften ist nicht mehr von den spezifischen und konkreten Gegenständen oder Phänomenen zu trennen, in denen und durch die sie sich konstituieren. Nach Bachelard müssen Wissenschaftshistoriker und Wissenschaftsphilosophen daher die Wissenschaften in allen Details ihrer jeweili-

2 Gaston Bachelard, *Le rationalisme appliqué*, Paris: Presses Universitaires de France 1949, S. 103.

3 Lorraine Daston (Hg.), *Biographies of Scientific Objects*, Chicago: University of Chicago Press 2000.

4 Bruno Latour, *Nous n'avons jamais été modernes*, Paris: La Découverte 1991.

gen regionalen Manifestationen analysieren. Ganz ähnlich erblickte auch Ernst Cassirer in seinem Spätwerk *The Problem of Knowledge: Philosophy, Science and History Since Hegel* ein Kennzeichen der Moderne in der Diversifizierung der Wissenschaften. Ihm zufolge gab es berechtigterweise ebenso viele Erkenntnistheorien wie Wissensregionen und Einzelinteressen, und die »wirklichen, inneren, bewegenden Kräfte« für diese Vielfalt lagen »oft tief verborgen in den Wissenschaften selbst«. Ihr Verständnis erforderte für Cassirer eine »ausdauernde, geduldige Vertiefung in die Arbeit der einzelnen Wissenschaften«;⁵ Bachelard setzte sich seinerseits für eine »disperse« Wissenschaftsphilosophie der singulären wissenschaftlichen Akte ein.⁶ Denn unter den Bedingungen des 20. Jahrhunderts kann die historische Epistemologie weder von einer Einheit noch von einer grundlegenden Dichotomie der Wissenschaften ausgehen, sondern muss sich auf die zahllosen grenzverschiebenden Effekte des wissenschaftlichen Denkens selbst einlassen – dessen Begriff selbst so unscharf geworden ist wie die Grenze zwischen Natur- und Geisteswissenschaften. Soweit unsere gegenwärtigen Gesellschaften als Wissensgesellschaften beschreibbar sind, erläutert Karin Knorr Cetina, müssen die einzelnen »Wissenskulturen und epistemische[n] Kulturen wesentlich mehr Beachtung finden – und mit ihnen auch die symbolische Konstitution von wissenschaftlich-instrumenteller Rationalität, d. h. unserer westlichen Rationalität.« Wenn, wie Knorr Cetina fortfährt, die »Soziologie [...] immer noch dazu [tendiert], zwischen dem Symbolischen und Kulturellen einerseits und technischen Aktivitäten, Effizienzbegriffen und Ähnlichem andererseits eine Trennlinie zu ziehen«,⁷ hat die Wissenschaftsgeschichte umso mehr Anlass, wissenschaftliche Arbeit als eine in sich plurale kulturelle Ausdrucksform unter anderen zu vermitteln; und *keine* ihrer Formen unterhält grundsätzlich einen privilegierten Kontakt zur Natur.

Heute ist die Debatte über das Verhältnis zwischen Natur- und Geisteswissenschaften neu entbrannt. Auf der einen Seite wird von den Geisteswissenschaften gefordert, sich mit dem neuesten molekular-genetischen, neuro- und nanowissenschaftlichen Wissen auseinan-

5 Ernst Cassirer, *The Problem of Knowledge: Philosophy, Science and History Since Hegel*, New Haven: Yale University Press 1950, S. 17f.

6 Gaston Bachelard, *La philosophie du non*, Paris: Presses Universitaires de France 1940.

7 Karin Knorr Cetina, *Wissenskulturen*, Frankfurt am Main: Suhrkamp 2002, S. 338.

der zu setzen; die Debatte leidet jedoch darunter, dass sich auf der anderen Seite die Naturwissenschaften noch immer auf einen naiven Begriff ihres Gegenstands stützen. Beide Seiten tun gut daran, die Frontverläufe der Forschung im Auge zu behalten, denn dort ist die Grenze zwischen Natur und Kultur in ständiger Verschiebung, wenn nicht gar Auflösung begriffen.⁸ Solche epistemischen Metamorphosen und ihre wissenschaftliche Dynamik aus der Nähe zu verfolgen – wie ich es hier in der Geschichte der Genetik und Molekularbiologie versuche – kann vielleicht zu einem adäquateren Bild der aktuellen Entwicklung im Bereich der Naturwissenschaften beitragen.

Der Molekularbiologe und Wissenschaftshistoriker Michel Morange hat die Molekularbiologie einmal als »dasjenige Ensemble von Techniken und Befunden« beschrieben, »das eine molekulare Analyse der intimsten Lebensprozesse erlaubt, also jener Prozesse, die das Bestehen und die Reproduktion des Lebendigen ermöglichen«.⁹ Er hat gleich hinzugefügt, dass es gewiss nicht einfach zu entscheiden ist, was nun im Einzelnen zu diesem »Ensemble von Techniken und Befunden« – eine Wendung, mit der er ganz gezielt jede disziplinäre oder theoretische Festlegung vermeidet – gehört und was nicht; zumindest könnten aber relativ klare zeitliche Grenzen der »molekularen Revolution« festgelegt werden. »Die neuen begrifflichen Werkzeuge der Analyse des Lebenden wurden zwischen 1940 und 1965 entwickelt. Ihr operatives Potenzial entfalteten sie in der Zeit zwischen 1972 und 1980.«¹⁰ Tatsächlich verdankte sich die Entstehung der Molekularbiologie keinem vorgängigen theoretischen Paradigma. Sie war auch kein emphatisches gemeinschaftliches Projekt wie etwa das spätere Humangenomprojekt, selbst wenn einige Historiker die Förderung ihrer Anfänge durch die Rockefeller-Stiftung hervorhoben haben. Nach dem, was wir heute über die Geschichte der Molekularbiologie wissen, neige ich eher zur Annahme einer aktiven

8 Schon vor über 25 Jahren schrieben die Philosophin Isabelle Stengers und der Physiker Ilya Prigogine: »Wir wollen nicht länger nur studieren, was stabil bleibt, sondern vielmehr das, was sich verändert, die geologischen und klimatischen Revolutionen, die Evolution der Arten, die Genese und Veränderung der Normen.« Ilya Prigogine und Isabelle Stengers, *La nouvelle alliance*, Paris: Gallimard 1979, S. 15.

9 Michel Morange, *Histoire de la biologie moléculaire*, Paris: La Découverte 1994, S. 5.

10 Morange 1994, S. 6.

»Assemblage«, um den Wissenschaftsanthropologen Paul Rabinow zu zitieren: In der Geschichte der Wissenschaften kommt es zu Zusammenballungen, Konjunkturen oder Knotenpunkten, an denen sich etwas entfaltet, »das aus lauter kleinen Entscheidungen hervorgeht; Entscheidungen, die zwar Bedingungen unterliegen, aber nicht völlig vorbestimmt sind.«¹¹ »Von Zeit zu Zeit«, so Rabinow, »entfalten sich allerdings neue Formen, die etwas Besonderes an sich haben; etwas, das bereits vorhandene Akteure, Dinge und Institutionen in einen neuen Existenzmodus hebt, sie in ein neues Gefüge [*assemblage*] einspannt; ein Gefüge, das die Dinge« – nicht nur in einem anderen Licht erscheinen, sondern auch – »in einer anderen Weise geschehen lässt.«¹²

Die Geschichte der Molekularbiologie ist durch zwei solche Konjunkturen oder Assemblagen gekennzeichnet. Die erste ereignete sich in den erwähnten zweieinhalb Jahrzehnten. Die Anfänge lagen in der Phagen- und TMV-Forschung. Zu Beginn der fünfziger Jahre kristallisierte sie sich in der biophysikalischen Charakterisierung der Struktur der Desoxyribonukleinsäure (DNA)-Doppelhelix. Der Höhepunkt war die biochemische Entschlüsselung der Genexpression und des genetischen Codes zwischen 1960 und 1965. Diese Periode ist erstens durch die Entwicklung einer Reihe von Apparaten und Verfahren gekennzeichnet, deren Anwendung auf die Forschung selbst zielte.¹³ Zu ihnen gehörten u. a. Ultrazentrifugation, Elektronenmikroskopie, Röntgenstrukturanalyse, Flüssigkeitsszintillation, Chromatographie und Elektrophorese. Die entsprechenden Instrumente hatten ihren Ursprung in unterschiedlichen Kontexten, die oft in keiner Beziehung zur Biologie und insbesondere zur zeitgenössischen formalen Genetik standen. Ebenfalls kennzeichnend für diese Periode ist der Übergang von den klassischen biologischen Modellen zu neuen, einfachen Modellorganismen: niederen Pilzen, Bakterien und Viren. Drittens erblicken wir in dieser Periode bis dahin unübliche Formen der interdisziplinären Zusammenarbeit. Die Moleku-

11 Paul Rabinow, *Essays on the Anthropology of Reason*, Princeton: Princeton University Press 1996. Deutsch: *Anthropologie der Vernunft*, übersetzt von Carlo Caduff, Frankfurt am Main: Suhrkamp 2004, S. 63.

12 Rabinow 2004, S. 115.

13 Vgl. Bernward Joerges und Terry Shinn (Hg.), *Instrumentation Between Science, State, and Industry*, Dordrecht: Reidel 2001. Shinn nennt diese Kategorie von Apparaten »Forschungstechnologien«.

larbiologie entstand demnach nicht etwa als einfache Fortsetzung der klassischen Genetik, sondern aus einer parallelen Assemblage ganz eigener Art. Auf der methodischen Ebene übernahm die molekulare Biologie ohne vorgängige theoretische Abstimmung verschiedene biophysikalische und biochemische Analysetechniken, die schließlich ein neues Begriffsensemble hervorbrachten. Im Zentrum dieser begrifflichen Verschiebung stand eine vom Informationsdiskurs geprägte neue Vorstellung der biologischen Spezifität, die der neuen molekularen Genetik ihr Gesicht gab.

Zu einer zweiten, nicht weniger einschneidenden Assemblage kam es dann in den siebziger Jahren, wiederum ohne dass die Protagonisten der ersten molekularbiologischen Generation sie ausdrücklich angebahnt hätten. Sie hing mit der Etablierung der Gentechnologie zusammen und ging mit der Einführung eines neuen Typs *molekularer* Techniken einher. Anders als in der klassischen Molekularbiologie, die Methoden der Biophysik und Biochemie verwendete, entstanden die Methoden der gentechnologischen Molekularbiologie aus der Molekularbiologie der ersten Phase, d. h. ihre Instrumente operieren nun im selben Bedeutungshorizont, in dem sie technisch erzeugt werden. Bei diesen molekularen Verfahren übernehmen biologische Makromoleküle selbst – besonders Enzyme und Nukleinsäuren – die Funktion von Instrumenten, und zwar innerhalb der Zelle. Seinen konkreten Ausdruck fand dieser Wechsel in einer komplexer werdenden Vorstellung der Expression und Weitergabe genetischer Information und damit auch des Genbegriffs.

Wie wir sehen werden, beginnen zu Anfang des 20. Jahrhunderts als Modelle verwendete Organismen in den biologischen Wissenschaften eine zentrale Rolle zu spielen – ein vergleichsweise später Zeitpunkt, gemessen daran, dass das Modellbilden und Modellieren wesentlich zur experimentellen Praxis und damit zur Praxis aller modernen Wissenschaft gehört. Dass Modellorganismen und ihr Begriff damals überhaupt aufkommen konnten, setzte die Idee einer *allgemeinen* Biologie voraus, die Vorstellung, dass grundlegende Eigenschaften des Lebendigen für alle Lebewesen charakteristisch sind und daher stellvertretend an *besonderen* Lebewesen experimentell untersucht werden können. Hatten die Unterschiede zwischen den Lebewesen als solchen in früheren Jahrhunderten das Interesse von Forschern erregt, die – in der Tradition der Naturgeschichte – die ganze Diversität der Lebensformen entfalten wollten, so gewannen diese

Unterschiede unter dem neuen Erkenntnisziel eine veränderte, instrumentelle Bedeutung: Man konnte sie verwenden, um über diese Besonderheiten an allgemeine Eigenschaften von Lebewesen heranzukommen. Hatte die Biologie bei ihrem ersten Einzug in die Wissenschaften um 1800 gefragt, was Lebewesen im Gegensatz zu nichtlebenden Dingen auszeichnete, so fragte sie um 1900 tendenziell, was Leben als solches ausmachte. Unter diesen Erkenntnisbedingungen sind der Begriff und die gegenwärtige Bedeutung des Ausdrucks »Modellorganismus« entstanden. Man kann mit gutem Grund behaupten, dass die allgemeine Biologie sich Modellorganismen geradezu schaffen musste, um selbst – wie die Spezialdisziplinen – eine experimentelle Wissenschaft zu werden und sich als solche zu diversifizieren.

Wie sind Modellorganismen definiert? Ein Modellorganismus ist ein – für Experimente zugerichtetes – Lebewesen aus dem Reich der Pflanzen, der Tiere oder der Bakterien, dessen Manipulation zu Einsichten in die Konstitution, das Funktionieren, die Entwicklung oder die Evolution einer ganzen Klasse von Organismen führen kann. Die operationalen Auswahlkriterien sind die einfache Haltung und Handhabung des Organismus, die Menge und Qualität des bereits über ihn gesammelten Wissens und die vergleichsweise leichte Zugänglichkeit des zu untersuchenden Phänomens. Diese Kriterien werden sinnfälliger, wenn wir (im zweiten Teil dieses Buches) die Reihe der Modellorganismen der klassischen und der molekularen Genetik im Laufe des 20. Jahrhunderts betrachten, die deren jeweilige Entwicklung geprägt haben. Es lassen sich hier gewisse Trends feststellen, die weniger auf die zentralen genetischen Fragestellungen verweisen, aber umso deutlicher die unterschiedlichen technischen Vorgänge im Labor begünstigt haben, wie etwa die Größe der Organismen oder ihre Reproduktionszeit. In anderen Fällen orientiert sich die Auswahl des Modellorganismus enger an einem bestimmten Forschungsprogramm. Die Fruchtfliege *Drosophila melanogaster* war beispielsweise aufgrund ihrer geringen Chromosomenzahl hervorragend für Thomas Hunt Morgans Genkartierungsprojekt geeignet. Dagegen hatten die dreißig Chromosomenpaare von Alfred Kühns Mehlmotte *Ephesia kühniella* in der ersten Phase der Bestimmung von Genwirkungen gar keine Bedeutung; erst im weiteren Verlauf der Experimente kam dann die Eignung des Tiers für Gewebetransplantationen als entscheidender Faktor ins Spiel.

Die Konjunkturen solcher Modellorganismen hängen wesentlich von der Entwicklung des betreffenden Forschungsfelds ab. Um bei *Drosophila* zu bleiben: Sie spielte eine entscheidende Rolle bei der Etablierung der klassischen formalen Genetik sowie bei der Kartierung und relativen Lokalisierung von Gen-Orten, wurde jedoch in der darauf folgenden Hoch-Zeit der molekularen Genetik von Bakterien und Viren abgelöst. Seit etwa zwei Jahrzehnten kehrt sie im Kontext der molekularen Entwicklungsbiologie wieder. *Ephestia* dagegen war ein ideales Ausgangsobjekt für die Analyse der grundlegenden Beziehungen einzelner Gene zu Kaskaden von Stoffwechselfvorgängen, wurde jedoch verdrängt, als George Beadle und Edward Tatum den Schlauchpilz *Neurospora crassa* einführten, der alle essenziellen Aminosäuren selbst herstellt. Seine Mangelmutanten erlaubten es, die Synthesewege einzelner Aminosäuren vollständig zu kartieren. Ein genereller Trend der Genetik des 20. Jahrhunderts zeichnet sich im Übergang zu immer einfacheren Organismen ab. In der Virus- und Phagenforschung der vierziger und fünfziger Jahre mündete die ständige Miniaturisierung der lebenden Systeme in die physikalisch-chemische Charakterisierung von Genen selbst. Dieser so erfolgreiche Kollaps hat die moderne Biologie nachhaltig traumatisiert. Hier hat sich Claude Lévi-Strauss' Bemerkung bewahrheitet, dass im Modell »die Erkenntnis des Ganzen dem Verständnis der Teile vorangeht«. ¹⁴ Der Teil ist in diesem Fall selbst zum Ganzen geworden – was dann problematisch wird, wenn dieses Ganze aus der überschaubaren experimentellen Welt in die Welt komplexer Systeme zurückprojiziert wird, aus der es einst als winziges Teilchen ausgesondert wurde.

Noch eine letzte Eigenart bestimmter Modellorganismen möchte ich erwähnen. Als materielle Träger der Forschungsarbeit können diese Modelle ganze Forschungsprogramme überleben. Das ist eine Folge der kontinuierlichen Sammlung von spezifischem Hintergrundwissen, das in der Zurichtung der Modelle selbst aktualisiert wird. Ein besonders interessanter Fall ist in dieser Hinsicht die Tabakmosaikvirus-Forschung, die sich bereits über ein Jahrhundert hinzieht. Wie die bahnbrechenden Originalarbeiten jeweils verraten, ¹⁵ erlebte der Modellorganismus TMV vier verschiedene, in unregelmäßigen Abständen aufeinander folgende Konjunkturen. In den ers-

¹⁴ Claude Lévi-Strauss, *La pensée sauvage*, Paris: Plon 1962, S. 35.

¹⁵ Karen-Beth G. Scholthof, John G. Shaw, Milton Zaitlin (Hg.), *Tobacco Mosaic Virus*, St. Paul: APS Press 1999.

ten Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts diente TMV als Modell für eine ultrabakterielle, auf Infektion beruhende Pflanzenkrankheit und war damit fest in der Phytopathologie verankert. Während der dreißiger Jahre wurde das Virus – als physikalisch-chemisch bestimmbares kristallisierbares Protein – zur verkörperten Grenze zwischen dem Lebenden und dem Nichtlebenden. Während der fünfziger Jahre avancierte es zu einem Modellobjekt für die Analyse der Beziehungen zwischen Nukleinsäuren und Proteinen, des molekularen Selbstaufbaus von organischen Komplexen und des genetischen Codes. Nach einer weiteren Latenzperiode wurde es in den vergangenen zwei Jahrzehnten schließlich zu einem Modell der gentechnologischen Resistenzerzeugung in Pflanzen und kehrte damit als technisches Objekt in den Bereich zurück, aus dem es ursprünglich gekommen war. Jedes Modell steht *per definitionem* immer für etwas, das es repräsentiert. Um die Absicherung dieser Beziehung dreht sich die Arbeit am Modell. Georges Canguilhem hat einmal gesagt, dass Modelle gerade durch eine gewisse Datenarmut ausgezeichnet sind; sie sind genau so lange forschungsrelevant, als sie »etwas zu wünschen« übrig lassen. Man kann den Gedanken noch weiter ausführen: Vom Standpunkt des Forschungsprozesses aus behalten Modelle genau so lange ihre Funktion, wie diese Repräsentationsbeziehung ein wenig unscharf bleibt, solange wir keine volle Kenntnis davon haben, wofür sie letztlich stehen. Tritt an einer Stelle Gewissheit ein, wird für diese bestimmte Frage kein Modell mehr gebraucht.

Ich komme noch einmal auf Cassirer zurück. Der Philosophiehistoriker Michael Friedman hat dessen *Philosophie der symbolischen Formen* als einen Versuch beschrieben, Natur- und Kulturwissenschaften als *ein* historisches Gefüge von Ausdrucks-, Darstellungs- und symbolischem Wissen zu verstehen, in dem beide Seiten aufeinander angewiesen bleiben.¹⁶ Cassirer wollte die philosophische Reflexion weder wie Carnap in die exakten Wissenschaften einbinden – und sie damit ganz auf deren Logik verpflichten –, noch wollte er sie wie Heidegger ganz von der Logik des exakten Denkens dispensieren. Er hielt an der Idee einer fundamentalen Komplementarität von Naturwissen und Kulturwissen fest, die beide »in ihrer Eigenart« und als unterschiedliche Beiträge »zum Aufbau einer »gemeinsamen Welt« zu verstehen seien. Wenn er schreibt, dass das »Erscheinen

16 Michael Friedman, *Carnap, Cassirer, Heidegger*, Frankfurt am Main: Fischer 2004.

eines ›Sinnes‹, der nicht vom Physischen abgelöst ist, sondern an ihm und in ihm verkörpert ist, [...] das gemeinsame Moment aller jener Inhalte [ist], die wir mit dem Namen ›Kultur‹ bezeichnen«,¹⁷ so wird das Naturwissen nicht allen kulturellen Inhalten gegenübergestellt, sondern erscheint selbst als zentraler Inhalt dieser Kultur. Cassirer war klar, dass »die Ära der großen konstruktiven Programme, mit denen die Philosophie hoffen konnte, alles Wissen zu systematisieren und zu organisieren, vergangen und vorbei« ist. »Der Bedarf nach Synthese und Synopse für den Überblick und eine umfassende Perspektive« blieb für ihn jedoch »nach wie vor bestehen«, denn »nur aufgrund einer solchen umfassenden Übersicht kann ein wirkliches historisches Verständnis für die einzelnen Entwicklungen des Wissens erreicht werden«.¹⁸

Die ›praktische Wende‹ in der Wissenschaftsgeschichte der letzten drei Jahrzehnte hat naturgemäß Mikrogeschichten privilegiert. Doch je kürzer dabei die untersuchten Zeiträume geworden sind, umso mehr droht die systematische Ausblendung der historischen Dauer. Gerade um die Wiederkehr der großen Fortschrittserzählungen zu verhindern, ist es an der Zeit, nach längerfristigen historischen Anschlüssen solcher lokalen Geschichten zu fragen, ohne deren Detailreichtum aufzugeben.

Am Ende seiner Geschichte der Molekularbiologie schlägt Morange darum vor, die Überlegungen des großen Historikers des mediterranen Raums, Fernand Braudel, zur Differenzierung historischer Zeiten und Rhythmen für die Wissenschaftsgeschichte fruchtbar zu machen. In der Geschichte der Molekularbiologie unterscheidet Morange auf diese Weise drei Ströme oder Schichten von unterschiedlicher Dauer, denen bestimmte Traditionen oder Trends zugeordnet werden könnten. In der »Zeit der Reduktion«, der Strömung mit der längsten Dauer, gehört die neue Biologie zu den säkularen Versuchen, die Erscheinungen der materiellen Welt auf ihre physikalisch-chemischen Grundlagen zurückzuführen; Reduktionsversuche dieser Art prägen die modernen westlichen Wissenschaften seit gut drei Jahrhunderten. Im Rahmen dieser ›langen Dauer‹ kann nun untersucht werden, ob das molekulare Verständnis des Lebens, das sich um die Mitte des 20. Jahrhunderts ausprägte, für alle Bereiche der

17 Ernst Cassirer, *Zur Logik der Kulturwissenschaften*, 5. Aufl., Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft 1989, S. 42f.

18 Cassirer 1950, S. 19.

Lebenswissenschaften konstitutiv ist. Eine Strömung von mittlerer Dauer lässt sich summarisch als Geschichte der Disziplinen bezeichnen: Welchen Einfluss hatte die Molekularisierung des Lebens auf die Landschaft der biologischen Disziplinen? Unmittelbar kann man sagen, dass die Grenzen zwischen Medizin und Biologie verwischt und zugleich neu gezogen wurden. Man könnte aber auch der starken Vermutung nachgehen, dass die Molekularisierung des Lebensbegriffs in der Biologie nur einen, allerdings den für die Lebenswissenschaften entscheidenden Teil eines generellen Auflösungsprozesses darstellt, in den sämtliche klassischen naturwissenschaftlichen Disziplinen des 19. Jahrhunderts seit dem vergangenen Jahrhundert geraten sind. Das hieße aber, dass es zunehmend unmöglich werden könnte, die Dynamik der jüngeren Wissenschaften überhaupt noch als Disziplinengeschichte zu analysieren – mit den entsprechenden Folgen für die traditionelle Wissenschaftsgeschichte. Die »Devaluierung der Disziplinen« lässt sich auf die Neuordnung der wissenschaftlichen Binnenverhältnisse, aber nicht zuletzt auch auf die zunehmende Ökonomisierung wissenschaftlicher Prozesse zurückführen, wie Paul Forman bemerkt.¹⁹ Die Marktorientierung der Forschung verändert nicht nur die Erzeugung, sondern auch die Verwaltung von Wissen. Als dritte Strömung mit der kürzesten Dauer nennt Morange die Ereignisgeschichte, auf die sich die meisten Fallstudien – einschließlich der in diesem Band vorgestellten – beziehen: Es ist die Geschichte der Experimente, Begriffe, Modellorganismen, Instrumente und all der institutionellen, sozialen und politischen Faktoren, die den konkreten Verlauf der Wissensentwicklung bestimmen. Hier setzen Assemblagen, historische Konjunkturen, die Bedingungen dafür, dass sich epistemisch Neues ereignen kann.

Leona Geisler und Annette Wunschel danke ich für wertvolle Hilfe bei der Bearbeitung des Manuskripts. Sämtliche Übersetzungen im vorliegenden Band stammen, soweit nicht anders angegeben, vom Verfasser.

19 Vgl. Paul Forman, »Recent science. Late-modern and post-modern«, in: *The Historiography of Contemporary Science and Technology*, hg. v. Thomas Söderqvist, Amsterdam: Harwood Academic Publishers 1997, S. 179-213, S. 185, 189.

I. Historische Epistemologie