

Thomas S. Kuhn
Die Struktur
wissenschaftlicher
Revolutionen

suhrkamp taschenbuch
wissenschaft

suhrkamp taschenbuch
wissenschaft 25

Thomas S. Kuhn (1922–1996) war Professor für Wissenschaftstheorie und Wissenschaftsgeschichte und lehrte in Princeton, Berkeley und am MIT. Neben dem vorliegenden Werk ist im Suhrkamp Verlag 1977 erschienen: *Die Entstehung des Neuen. Studien zur Struktur der Wissenschaftsgeschichte*.

Kuhns Thema ist der Prozeß, in dem wissenschaftliche Erkenntnisse erzielt werden. Fortschritt in der Wissenschaft – das ist seine These – vollzieht sich nicht durch kontinuierliche Veränderung, sondern durch revolutionäre Prozesse. Dabei beschreibt der Begriff der wissenschaftlichen Revolution den Vorgang, bei dem bestehende Erklärungsmodelle, an denen und mit denen die wissenschaftliche Welt bis dahin gearbeitet hat, abgelöst und durch andere ersetzt werden: es findet ein Paradigmenwechsel statt.

Thomas S. Kuhn
Die Struktur wissenschaftlicher
Revolutionen

Zweite revidierte und
um das Postskriptum von 1969
ergänzte Auflage

Suhrkamp

Titel der Originalausgabe:
The Structure of Scientific Revolutions
© 1962, 1970 by the University of Chicago
Für die zweite Auflage ist die Übersetzung
von Hermann Vetter revidiert worden

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.

26. Auflage 2020

Erste Auflage 1973

Zweite revidierte Auflage 1976

suhrkamp taschenbuch wissenschaft 25

© der deutschen Ausgabe Suhrkamp Verlag

Frankfurt am Main 1967

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.

Druck: Druckhaus Nomos, Sinzheim

Printed in Germany

Umschlag nach Entwürfen von
Willy Fleckhaus und Rolf Staudt

ISBN 978-3-518-27625-9

Inhalt

Vorwort	7
I. Einführung: Eine Rolle für die Geschichtsschreibung	15
II. Der Weg zur normalen Wissenschaft	25
III. Das Wesen der normalen Wissenschaft	37
IV. Normale Wissenschaft als das Lösen von Rätseln	49
V. Die Priorität der Paradigmata	57
VI. Anomalien und das Auftauchen wissenschaftlicher Entdeckungen	65
VII. Krisen und das Auftauchen wissenschaftlicher Theorien	79
VIII. Die Reaktion auf die Krise	90
IX. Das Wesen und die Notwendigkeit wissenschaftlicher Revolutionen	104
X. Revolutionen als Wandlungen des Weltbildes	123
XI. Die Unsichtbarkeit der Revolutionen	147
XII. Die Lösung der Revolutionen	155
XIII. Fortschritt durch Revolutionen	171
Postskriptum – 1969	186
Anmerkungen	222

Für James B. Conant, der den Anstoß gegeben hat

Vorwort

Der folgende Essay ist der erste vollständig veröffentlichte Bericht über ein Projekt, das vor fast fünfzehn Jahren konzipiert wurde. Zu jener Zeit war ich Kandidat der Theoretischen Physik und stand bereits kurz vor dem Abschluß meiner Dissertation. Meine erste Begegnung mit der Geschichte der Wissenschaft verdanke ich der Beteiligung an einem neu eingeführten Collegenkurs über Physik für Nichtnaturwissenschaftler. Zu meiner völligen Überraschung unterminierte jene Begegnung mit veralteter wissenschaftlicher Theorie und Praxis radikal einige meiner grundlegenden Auffassungen vom Wesen der Wissenschaft und von den Gründen für ihren besonderen Erfolg.

Diese Auffassungen hatte ich mir vorher teils durch die naturwissenschaftliche Ausbildung selbst, teils durch ein langes, neben dem Fachstudium herlaufendes Interesse an der Wissenschaftstheorie angeeignet. Was immer auch ihre pädagogische Brauchbarkeit und ihre abstrakte Glaubwürdigkeit waren, irgendwie paßten jene Vorstellungen einfach nicht zu dem Unterfangen eines historischen Studiums. Und doch waren und sind sie grundlegend für viele Erörterungen über die Wissenschaft; ihre mangelnde Wahrscheinlichkeit schien deshalb durchaus wert, verfolgt zu werden. Das Ergebnis war ein drastischer Wechsel in meinen Berufsplänen, ein Wechsel von der Physik zur Geschichte der Wissenschaft und dann allmählich von relativ geradlinigen historischen Problemen zurück zu den mehr philosophischen Fragen, die mich anfangs zur Geschichte geführt hatten. Von einigen Artikeln abgesehen, ist dieser Essay die erste von mir veröffentlichte Arbeit, in welcher diese frühen Interessen dominieren. Bis zu einem gewissen Grad ist es ein Versuch, mir selbst und meinen Freunden zu erklären, wie es kam, daß ich überhaupt von der Wissenschaft zu ihrer Geschichte hingezogen wurde.

Die erste Gelegenheit, einige der unten dargelegten Gedanken gründlich zu verfolgen, bot sich mir während der drei Jahre als Juniormitglied der »Society of Fellows« der Harvard University. Ohne jene Periode der Freiheit wäre der Übergang auf ein neues Studiengebiet weitaus schwieriger, vielleicht gar nicht möglich gewesen. Ein Teil meiner Zeit in jenen Jahren war der eigentlichen

Geschichte der Wissenschaft gewidmet. Ich setzte insbesondere das Studium der Schriften von Alexandre Koyré fort und begegnete dabei denen von Emile Meyerson, Hélène Metzger und Anneliese Maier.¹ Deutlicher als die meisten anderen neueren Gelehrten hatten diese vier gezeigt, was wissenschaftliches Denken in einer Periode bedeutete, in der die Kanons wissenschaftlichen Denkens von den heute üblichen so sehr verschieden waren. Obgleich ich in steigendem Maße einige ihrer historischen Interpretationen anzweifle, waren ihre Arbeiten, zusammen mit A. O. Lovejoys *Great Chain of Being*, für die Bildung meiner Auffassung darüber, was die Geschichte der wissenschaftlichen Ideen sein könne, fast ebenso wichtig wie das primäre Quellenmaterial.

Viel Zeit verbrachte ich jedoch in jenen Jahren mit der Erkundung von Gebieten, die ohne sichtbare Beziehung zur Geschichte der Wissenschaft sind, in denen aber die Forschung neuerdings Probleme von jener Art entdeckt, auf welche mich die Geschichte lenkte. Eine Fußnote, auf die ich zufällig stieß, führte mich zu den Experimenten, mit denen Jean Piaget die verschiedenen Welten des heranwachsenden Kindes und den Prozeß des Übergangs von der einen in die andere durchleuchtete.²

Einer meiner Kollegen veranlaßte mich, Abhandlungen über die Psychologie der Wahrnehmung, besonders der Gestalt-Psychologen, zu lesen; ein anderer machte mich mit B. L. Whorfs Spekulationen über die Wirkung der Sprache auf die Weltauffassung bekannt; und W. V. O. Quine eröffnete mir die philosophischen Rätsel der Unterscheidung von analytisch und synthetisch.³ Nur durch diese Art einer zufallsbedingten Forschung, wie sie die »Society of Fellows« gestattet, konnte ich auf Ludwik Flecks fast unbekanntes Monographie *Entstehung und Entwicklung einer wissenschaftlichen Tatsache* (Basel 1935) stoßen, eine Arbeit, die viele meiner eigenen Gedanken vorwegnimmt. Zusammen mit einer Bemerkung eines anderen Juniormitglieds, Francis X. Sutton, brachte mich Flecks Arbeit zu der Erkenntnis, daß jene Gedanken vielleicht in eine Soziologie der wissenschaftlichen Gemeinschaft gestellt werden müßten. Obwohl der Leser später wenig Hinweise auf diese Arbeiten und Unterhaltungen finden wird, bin ich ihnen doch in mancher Hinsicht, die jetzt zu rekonstruieren oder zu bewerten zu weit führen würde, verpflichtet.

Während meines letzten Jahres als Juniormitglied bot mir eine Einladung, am Lowell Institute in Boston Vorlesungen zu halten,

eine erste Möglichkeit, meine sich immer noch formende Auffassung von der Wissenschaft zu erproben. Das Ergebnis war eine Reihe von acht öffentlichen Vorträgen im März 1951 über »The Quest for Physical Theory«. Im nächsten Jahr begann ich, die eigentliche Geschichte der Wissenschaft zu lehren, und fast zehn Jahre lang ließen mir die Probleme des Unterrichtens auf einem Gebiet, das ich niemals systematisch studiert hatte, wenig Zeit für eine ausdrückliche Darstellung der Ideen, die mich zuerst zu ihm geführt hatten. Glücklicherweise erwiesen sich jedoch jene Ideen als Grundlage einer stillschweigenden Orientierung und einer gewissen Problemklärung für einen großen Teil meines weiter fortschreitenden Unterrichts. Ich muß also meinen Studenten für unschätzbare Lehren sowohl über die Lebensfähigkeit meiner Ansichten wie auch über die ihrer wirksamen Kommunikation entsprechenden Techniken danken. Die gleichen Probleme und Orientierungen geben den meisten der überwiegend historischen und scheinbar heterogenen Studien, die ich seit Beendigung meiner Mitgliedschaft veröffentlicht habe, etwas Gemeinsames. Mehrere davon befassen sich mit der entscheidenden Rolle, die dieses oder jenes metaphysische Element in der schöpferischen wissenschaftlichen Forschung spielte. Andere untersuchen die Art und Weise, in der die experimentellen Grundlagen einer neuen Theorie von Forschern, die einer mit ihr unvereinbaren älteren Theorie verbunden sind, akkumuliert und angeeignet werden. In ihrer Abfolge beschreiben sie den Typus von Entwicklung, den ich das »Auftauchen« einer neuen Theorie oder Entdeckung nennen werde. Aber es gibt noch andere derartige Verbindungen zwischen ihnen.

Die Endstufe der Entwicklung dieser Monographie begann mit der Einladung, das Jahr 1958–59 am »Center for Advanced Studies in the Behavioral Sciences« zu verbringen. Wiederum war ich in der Lage, meine ungeteilte Aufmerksamkeit den in diesem Buch diskutierten Problemen zuzuwenden. Und, was noch wichtiger war, das Jahr in einer Gemeinschaft, die sich überwiegend aus Sozialwissenschaftlern zusammensetzte, konfrontierte mich mit unerwarteten Fragen über die Unterschiede zwischen solchen Gemeinschaften und jenen der Naturwissenschaftler, in denen ich ausgebildet worden war. Insbesondere war ich überrascht von der Zahl und dem Ausmaß der offenen Meinungsverschiedenheiten unter den Sozialwissenschaftlern über das Wesen der sinnvollen wissenschaftlichen Probleme und richtigen Methoden. Sowohl die

Geschichte wie auch die eigene Erfahrung ließen mich daran zweifeln, daß Naturwissenschaftler solidere oder bleibendere Antworten auf solche Fragen haben als ihre Kollegen in der Sozialwissenschaft. Und doch stellen sich aus irgendwelchen Gründen in der Praxis der Astronomie, Physik, Chemie oder Biologie normalerweise nicht die Kontroversen über Grundlagen ein, die heute unter Psychologen oder Soziologen verbreitet zu sein scheinen. Der Versuch, die Ursachen jener Differenz zu enthüllen, führte mich dazu, die Rolle dessen in der wissenschaftlichen Forschung zu erkennen, was ich seitdem »Paradigmata« nenne. Darunter verstehe ich allgemein anerkannte wissenschaftliche Leistungen, die für eine gewisse Zeit einer Gemeinschaft von Fachleuten maßgebende Probleme und Lösungen liefern. Sobald dieses Stück meines Puzzlespiels einmal an der richtigen Stelle lag, kam ein Entwurf für den vorliegenden Essay sehr schnell zustande.

Die nun folgende Geschichte dieses Entwurfs braucht hier nicht erzählt zu werden, aber einige Worte müssen über die Form gesagt werden, die er auch durch Überarbeitungen hindurch bewahrt hat. Bis zur Beendigung der ersten Version und deren umfangreicher Revision nahm ich an, daß das Manuskript ausschließlich als ein Band der *Encyclopedia of Unified Science* erscheinen werde. Die Herausgeber dieser bahnbrechenden Reihe hatten mich zunächst darum gebeten, hatten mich dann an meiner Zusage festgehalten und warteten schließlich mit außerordentlichem Takt und viel Geduld auf ein Ergebnis. Ich bin tief in ihrer Schuld, besonders gegenüber Charles Morris, der den wesentlichen Antrieb gab und mich bei der Entstehung des Manuskriptes beriet. Platzmangel in der *Encyclopedia* machte es jedoch erforderlich, meine Ansichten in einer äußerst konzentrierten und schematischen Form darzulegen. Obwohl spätere Ereignisse diese Beschränkungen etwas gelockert haben und eine gleichzeitige unabhängige Veröffentlichung möglich machten, ist diese Arbeit mehr ein Essay als ein vollständiges Buch, nach dem mein Stoff am Ende doch verlangt.

Da es mein wichtigstes Ziel ist, für eine neue Auffassung und Bewertung bekannter Daten zu plädieren, muß der schematische Charakter dieser ersten Darstellung kein Nachteil sein. Im Gegenteil: Leser, deren eigene Forschung sie für die hier vertretene Art der Reorientierung vorbereitet hat, finden die Essayform vielleicht anregender und auch leichter aufnehmbar. Sie hat aber auch Nachteile, und diese mögen es rechtfertigen, daß ich gleich zu Beginn auf

jene Erweiterungen in der Breite und Tiefe hinweise, die ich später in einer längeren Version vorzulegen hoffe. Es ist weit mehr historisches Beweismaterial vorhanden, als hier ausgebreitet werden konnte. Außerdem entstammt dieses Material ebenso der Geschichte der biologischen wie der der physikalischen Wissenschaften. Mein Entschluß, mich hier ausschließlich mit den letzteren zu befassen, gründet zum Teil in dem Wunsch, die Geschlossenheit dieses Essays zu erhöhen, und zum Teil auch in meinem gegenwärtigen Kenntnisstand. Ein anderer Punkt ist, daß die hier dargelegte Anschauung über die Wissenschaft auf die potentielle Fruchtbarkeit einer Anzahl neuer Forschungsweisen hindeutet, sowohl historischer wie auch soziologischer. Zum Beispiel erfordert die Art und Weise, in der Anomalien (Störungen der Erwartung) die wachsende Aufmerksamkeit einer wissenschaftlichen Gemeinschaft erregen, ein genaues Studium, und das gilt auch für das Auftauchen der Krisen, die durch wiederholte Mißerfolge bei dem Versuch, eine Anomalie zu beheben, hervorgerufen werden können. Und wenn ich recht hatte damit, daß jede wissenschaftliche Revolution die geschichtliche Perspektive der Gemeinschaft, die sie erlebt, verändert, dann müßte sich dieser Wechsel der Perspektive auf die Struktur der Lehrbücher und Forschungsveröffentlichungen nach der Revolution auswirken. Eine derartige Wirkung – eine andere Verteilung der in den Fußnoten zu Forschungsberichten zitierten Fachliteratur – müßte als möglicher Hinweis auf das Auftreten von Revolutionen studiert werden.

Die Notwendigkeit einer durchgreifenden Raffung hat mich auch gezwungen, auf die Diskussion einer Anzahl wichtiger Probleme zu verzichten. So ist zum Beispiel meine Unterscheidung zwischen den Vor- und den Nachparadigma-Perioden in der Entwicklung einer Wissenschaft allzu schematisch. Jede der Schulen, deren Wettstreit die frühere Periode charakterisiert, wird von etwas geleitet, das einem Paradigma sehr ähnlich ist; es gibt Umstände (wenn sie auch, wie ich glaube, selten sind), unter denen in der späteren Periode zwei Paradigmata friedlich koexistieren können. Der Besitz eines Paradigmas allein ist noch kein völlig ausreichendes Kriterium für den in Abschnitt II diskutierten entwicklungsartigen Übergang. Noch wichtiger ist, daß ich, abgesehen von gelegentlichen kleinen Nebenbemerkungen, nichts gesagt habe über die Rolle des technischen Fortschritts oder der äußeren – sozialen, ökonomischen und intellektuellen – Voraussetzungen für die Ent-

wicklung der Wissenschaften. Man braucht aber nur an Kopernikus und an den Kalender zu denken, um zu erkennen, daß äußere Voraussetzungen dazu beitragen können, eine bloße Anomalie in die Ursache für eine akute Krise zu verwandeln. Das gleiche Beispiel zeigt auch, in welcher Weise Voraussetzungen außerhalb der Wissenschaften den Bereich von Alternativen beeinflussen können, der einem Menschen, der eine Krise durch den Vorschlag dieser oder jener revolutionären Reform zu beenden sucht, offensteht.⁴ Eine ausdrückliche Berücksichtigung von Wirkungen dieser Art würde, so glaube ich, die in diesem Essay entwickelten Hauptthesen nicht ändern; sie würde ihm aber sicherlich eine analytische Dimension von größter Bedeutung für das Verständnis des wissenschaftlichen Fortschritts hinzufügen.

Schließlich, und das ist vielleicht das Wichtigste, hat die Begrenztheit des Raumes meine Behandlung der philosophischen Implikationen der geschichtlich orientierten Betrachtung der Wissenschaft in diesem Essay einschneidend beeinflußt. Natürlich gibt es derartige Implikationen, und ich habe versucht, die wichtigsten davon aufzuzeigen und zu belegen. Dabei habe ich jedoch gewöhnlich davon abgesehen, die verschiedenen Standpunkte, die von zeitgenössischen Philosophen zu den entsprechenden Streitfragen eingenommen werden, im einzelnen zu diskutieren. Wo immer ich Skepsis angemeldet habe, war sie mehr auf eine philosophische Grundhaltung als auf irgendeine ihrer voll artikulierten Äußerungen gerichtet. Die Folge davon mag sein, daß einige von denen, die eine jener Einstellungen kennen oder mit ihr arbeiten, den Eindruck gewinnen, ich hätte sie mißverstanden. Ich glaube, daß sie unrecht haben, doch geht dieser Essay nicht darauf aus, sie zu überzeugen. Das zu versuchen, hätte es eines weit umfangreicheren und ganz andersartigen Buches bedurft.

Die autobiographischen Fragmente, mit denen dieses Vorwort beginnt, sollten als Anerkennung dessen dienen, was ich als meine Hauptdankesschuld gegenüber den wissenschaftlichen Arbeiten und Institutionen betrachte, die mir bei der Konkretisierung meiner Gedanken behilflich waren. Den Rest jener Schuld werde ich durch Zitierung auf den folgenden Seiten abzutragen versuchen. Nichts von dem Gesagten jedoch vermag den Umfang und die Art meiner persönlichen Dankesschuld gegenüber den vielen, deren Anregungen und Kritik zu dieser oder jener Zeit meine geistige Entwicklung gefördert oder bestimmt haben, auch nur anzudeu-

ten. Zu lange Zeit ist vergangen, seit die Ideen zu diesem Essay Form anzunehmen begannen; eine Liste all derer, die mit Recht einige Zeichen für ihren Einfluß auf seinen Seiten finden werden, würde fast mit einer Liste meiner Freunde und Bekannten zusammenfallen. Unter diesen Umständen muß ich mich auf die wichtigsten Einflüsse, die selbst ein schlechtes Gedächtnis niemals völlig zu verwischen vermag, beschränken.

Es war James B. Conant, damals Rektor der Harvard University, der mich zuerst in die Geschichte der Wissenschaft einführte und damit die Umwandlung in meiner Vorstellung vom Wesen des wissenschaftlichen Fortschritts einleitete. Von Anfang an war er freigiebig mit seinen Gedanken, seiner Kritik und seiner Zeit – auch jener Zeit, die erforderlich war, den Entwurf meines Manuskriptes zu lesen und wichtige Änderungen anzuregen. Leonard K. Nash, mit dem zusammen ich fünf Jahre lang den von Dr. Conant begonnenen, geschichtlich orientierten Kursus abhielt, war ein noch aktiverer Mitarbeiter während der Jahre, da meine Gedanken die ersten Umrisse annahmen, und er wurde in den späteren Stadien ihrer Entwicklung sehr vermißt. Glücklicherweise wurde sein Platz als schöpferischer »Resonanzboden«, und mehr als das, nach meiner Abreise aus Cambridge von meinem Kollegen Stanley Cavell in Berkeley eingenommen. Daß Cavell, ein Philosoph, der sich hauptsächlich mit Ethik und Ästhetik befaßte, zu Schlußfolgerungen kam, die mit meinen eigenen so weitgehend übereinstimmten, war für mich ein unerschöpflicher Quell der Anregung und Ermutigung. Er ist darüber hinaus der einzige, mit dem ich jemals meine Gedanken in unvollständigen Sätzen erkunden konnte. Diese Art der Kommunikation beweist ein Verständnis, das ihn befähigte, mir den Weg zu zeigen durch mehrere Hindernisse hindurch oder um sie herum, denen ich bei der Abfassung meines ersten Manuskriptes begegnete.

Nachdem jene Version entworfen war, haben viele andere Freunde bei ihrer Neuformulierung geholfen. Ich denke, sie werden es mir verzeihen, wenn ich nur die vier mit Namen nenne, deren Beiträge sich als die entscheidendsten erwiesen: Paul K. Feyerabend (Berkeley), Ernest Nagel (Columbia), H. Pierre Noyes (Lawrence Radiation Laboratory) und mein Schüler John L. Heilbron, der oft bei der Erstellung einer endgültigen Version für den Druck eng mit mir zusammenarbeitete. Ich fand alle ihre Einwände und Anregungen äußerst nützlich, habe aber keinen Grund

zu der Annahme (und manchen Grund für Zweifel daran), daß sie oder die anderen oben Genannten das so entstandene Manuskript als Ganzes billigen werden.

Meine letzte Anerkennung, für meine Eltern, meine Frau und meine Kinder, muß ganz anderer Art sein. Auf eine Weise, die ich selbst vielleicht am wenigsten zu würdigen vermag, hat ein jeder von ihnen sein geistiges Scherflein zu meiner Arbeit beigetragen. Sie haben aber auch, in verschiedenem Maße, etwas noch Wichtigeres getan: sie haben sie fortschreiten lassen und meine Hingabe an sie noch bestärkt. Jeder, der schon mit einem Plan wie dem meinen gerungen hat, wird ermessen, was es sie gelegentlich gekostet haben mag. Ich weiß nicht, wie ich ihnen danken soll.

Berkeley, California
Februar 1962

T. S. K.

I. Einführung

Eine Rolle für die Geschichtsschreibung

Wenn man die Geschichtsschreibung für mehr als einen Hort von Anekdoten oder Chronologien hält, könnte sie eine entscheidende Verwandlung im Bild der Wissenschaft, wie es uns zur Zeit gefangen hält, bewirken. Dieses Bild ist, sogar von den Wissenschaftlern selbst, bisher in erster Linie nach dem Studium abgeschlossener wissenschaftlicher Leistungen gezeichnet worden, wie man sie bei den Klassikern und in neuerer Zeit in den Lehrbüchern für die junge wissenschaftliche Generation findet. Der Zweck solcher Bücher ist jedoch zwangsläufig der, zu überzeugen und pädagogisch zu wirken; eine aus ihnen gewonnene Konzeption der Wissenschaft paßt genausowenig auf ihre wirkliche Entstehung, wie es das Bild einer nationalen Kultur tun würde, das man aus einem Touristenführer oder einer Sprachlehre gewinnt. Dieser Essay versucht zu zeigen, daß wir von ihnen gründlich irreführt worden sind. Sein Ziel ist ein Entwurf der ganz anderen Vorstellung von der Wissenschaft, wie man sie aus geschichtlich belegten Berichten über die Forschungstätigkeit selbst gewinnen kann.

Aber auch aus der Geschichte wird diese neue Auffassung nicht hervorgehen, wenn die historischen Daten weiterhin in erster Linie dazu gesucht und erforscht werden, um Fragen zu beantworten, die von der ungeschichtlichen, den wissenschaftlichen Lehrbüchern entnommenen Schablone aufgeworfen werden. Diese Lehrbücher haben beispielsweise oft den Anschein erweckt, als sei der Inhalt der Wissenschaft ausschließlich durch die auf ihren Seiten beschriebenen Beobachtungen, Gesetze und Theorien dargestellt. Fast ebenso regelmäßig wurde aus den gleichen Büchern herausgelesen, daß wissenschaftliche Methoden einfach diejenigen seien, die durch die Manipulationen bei der Gewinnung der Lehrbuchdaten und durch die logischen Operationen, mit denen man jene Daten auf die theoretischen Verallgemeinerungen des Lehrbuchs bezieht, veranschaulicht würden. Das Ergebnis war eine Vorstellung von der Wissenschaft mit tiefgreifenden Folgerungen über ihre Natur und Entwicklung.

Wenn Wissenschaft die Zusammenstellung von Fakten, Theorien und Methoden in Lehrbüchern ist, dann sind Wissenschaftler die

Männer, die sich mit oder ohne Erfolg bemüht haben, den einen oder anderen Faktor zu dieser besonderen Zusammenstellung beizutragen. Wissenschaftliche Entwicklung ist demnach der schrittweise sich vollziehende Prozeß, durch den solche Einzelheiten, isoliert oder kombiniert, zu einem immerwährend wachsenden Bestand zusammengefügt worden sind, der die wissenschaftliche Methode und Erkenntnis bildet. Und die Geschichte der Wissenschaft wird zu der Disziplin, die sowohl diesen allmählichen Zuwachs wie auch die Hindernisse, die sich der Ansammlung entgegenstellen, chronologisch aufzeichnet. Bei der Beschäftigung mit der wissenschaftlichen Entwicklung scheint der Historiker dann zwei Hauptaufgaben zu haben. Auf der einen Seite muß er feststellen, wer zu welchem Zeitpunkt jeweils ein wissenschaftliches Faktum, Gesetz oder eine Theorie entdeckt oder gefunden hat. Auf der anderen Seite muß er das Gemisch von Irrtum, Mythos und Aberglauben beschreiben und erklären, das ein schnelleres Anwachsen der Beiträge zu den modernen wissenschaftlichen Lehrbüchern behindert hat. Viele Forscher haben diese Richtung eingeschlagen, und manche tun es heute noch.

In den letzten Jahren aber fanden es einige Historiker der Wissenschaft immer schwieriger, die ihnen durch den Begriff der »Entwicklung durch Anhäufung« übertragenen Aufgaben auszuführen. Als Chronisten eines Zuwachsprozesses entdecken sie, daß zusätzliche Forschung es schwerer, nicht leichter macht, Fragen wie diese zu beantworten: Wann wurde der Sauerstoff entdeckt? Wer kam zuerst auf die Energieerhaltung? In zunehmendem Maße gelangen manche von ihnen zu der Vermutung, daß es einfach die falsche Art zu fragen ist. Vielleicht entwickelt sich die Wissenschaft doch nicht aufgrund der Anhäufung einzelner Entdeckungen und Erfindungen. Gleichzeitig sehen sich dieselben Historiker wachsenden Schwierigkeiten gegenüber, wenn sie zwischen dem »wissenschaftlichen« Bestandteil vergangener Beobachtungen und Anschauungen und dem, was ihre Vorgänger so schnell mit »Irrtum« und »Aberglauben« bezeichnet hatten, unterscheiden sollen. Je sorgfältiger sie, sagen wir, Aristotelische Dynamik, Phlogistonchemie oder Wärmestoff-Thermodynamik studieren, desto sicherer sind sie, daß jene einmal gültigen Anschauungen über die Natur, als Ganzes gesehen, nicht weniger wissenschaftlich oder mehr das Produkt menschlicher Subjektivität waren als die heutigen. Wenn man diese veralteten Anschauungen Mythen nennen

will, dann können Mythen durch Methoden derselben Art erzeugt und aus Gründen derselben Art geglaubt werden, wie sie heute zu wissenschaftlicher Erkenntnis führen. Wenn man sie hingegen Wissenschaft nennen will, dann hat die Wissenschaft Glaubenselemente eingeschlossen, die mit den heute vertretenen völlig unvereinbar sind. Vor diese Alternative gestellt, muß der Historiker die letztere These wählen. Veraltete Theorien sind nicht prinzipiell unwissenschaftlich, nur weil sie ausrangiert wurden. Diese Wahl macht es aber schwer, die wissenschaftliche Entwicklung als Wachstumsprozeß zu betrachten. Die gleiche historische Forschung, welche die Schwierigkeiten bei der Isolierung einzelner Erfindungen und Entdeckungen hervorkehrt, gibt auch Anlaß zu tiefgehendem Zweifel an dem kumulativen Prozeß, von dem man glaubte, er habe die einzelnen Beiträge zur Wissenschaft zusammengefügt.

Das Ergebnis all dieser Zweifel und Schwierigkeiten ist eine historiographische Revolution in der Untersuchung der Wissenschaft, auch wenn sie sich noch im Frühstadium befindet. Allmählich, und oft ohne sich völlig darüber klar zu sein, daß sie es tun, haben die Historiker der Wissenschaft begonnen, eine neue Art von Fragen zu stellen und andere, oft keineswegs kumulative Entwicklungslinien der Wissenschaften zu verfolgen. Anstatt die beständigen, heute noch wertvollen Beiträge einer älteren Wissenschaft zu suchen, bemühen sie sich, die Ausgewogenheit jener Wissenschaft in ihrem eigenen Zeitalter darzulegen. Sie fragen zum Beispiel nicht nach der Beziehung der Auffassungen Galileis zu denen der modernen Wissenschaft, sondern nach den Beziehungen seiner Anschauungen zu jenen seines Kreises, d. h. seiner Lehrer, Zeitgenossen und unmittelbaren Nachfolger in den Wissenschaften. Darüber hinaus bestehen die Wissenschaftshistoriker darauf, die Meinungen jenes Kreises und anderer, ähnlicher Kreise von dem Standpunkt aus zu studieren – gewöhnlich weicht er von dem der modernen Wissenschaft stark ab –, der diesen Meinungen die größte innere Kohärenz und die engstmögliche Übereinstimmung mit der Natur verleiht. In der Sicht der Arbeiten, die vielleicht von den Schriften Alexandre Koyrés am besten exemplifiziert werden, scheint die Wissenschaft ganz und gar nicht das Unternehmen zu sein, das von den Autoren der älteren historiographischen Tradition diskutiert wird. Implizit zumindest deuten diese historischen Studien die Möglichkeit eines neuen Bildes der Wissenschaft an.

Der vorliegende Essay beabsichtigt, dieses Bild zu umreißen, indem er einige Folgerungen der neuen Geschichtsschreibung deutlich macht.

Welcher Aspekt der Wissenschaft wird im Verlauf dieser Bemühungen in den Vordergrund treten? Zuerst, wenigstens in der Reihenfolge der Darstellung, die Tatsache, daß methodologische Richtlinien für sich allein auf vielerlei wissenschaftliche Fragen keine eindeutige inhaltliche Antwort herbeiführen können. Jemand, der elektrische oder chemische Phänomene untersuchen soll und keine Erfahrung auf diesen Gebieten besitzt, aber weiß, was als wissenschaftlich gelten soll, kann mit vollem Recht zu irgendeiner von mehreren miteinander unvereinbaren Schlußfolgerung kommen. Unter diesen zulässigen Möglichkeiten werden die speziellen Folgerungen, zu denen er gelangt, wahrscheinlich durch seine früheren Erfahrungen auf anderen Gebieten, durch die Zufälle seiner Untersuchung und durch seinen persönlichen Charakter bestimmt sein. Welche Anschauung über die Sterne bringt er zum Beispiel für das Studium der Chemie oder Elektrizitätslehre mit?

Welches der vielen denkbaren Experimente auf dem neuen Gebiet wählt er als erstes aus? Und welche Aspekte des sich ergebenden komplexen Phänomens erscheinen ihm für eine Erhellung der Natur der chemischen Veränderung oder der elektrischen Affinität besonders relevant? Für den einzelnen zumindest, und manchmal auch für die wissenschaftliche Gemeinschaft, sind Antworten auf derartige Fragen oft wesentliche Faktoren der wissenschaftlichen Entwicklung. Wir werden beispielsweise in Abschnitt II sehen, daß die frühen Entwicklungsstadien der meisten Wissenschaften durch einen dauernden Wettstreit zwischen einer Anzahl von deutlich unterschiedenen Ansichten über die Natur charakterisiert sind, von denen jede teilweise aus den Forderungen wissenschaftlicher Beobachtung und Methode abgeleitet ist und alle in etwa mit ihnen vereinbar sind. Was diese einzelnen Schulen unterschied, war nicht diese oder jene Schwäche der Methode – sie waren alle »wissenschaftlich« –, sondern das, was wir später ihre nicht vergleichbare Art und Weise, die Welt zu sehen und die Wissenschaft in ihr auszuüben, nennen werden. Beobachtung und Erfahrung können und müssen den Bereich der zulässigen wissenschaftlichen Überzeugungen drastisch einschränken, andernfalls gäbe es keine Wissenschaft. Sie allein können jedoch nicht ein be-

stimmtes System solcher Überzeugungen festlegen. Ein offenbar willkürliches Element, das sich aus zufälligen persönlichen und historischen Umständen zusammensetzt, ist immer ein formgebender Bestandteil der Überzeugungen, die von einer bestimmten wissenschaftlichen Gemeinschaft in einer bestimmten Zeit angenommen werden.

Dieses Element von Willkür deutet aber nicht darauf hin, daß irgendeine Gruppe von Wissenschaftlern ihren Beruf ohne eine Reihe anerkannter Überzeugungen ausüben könnte. Es macht auch die besondere Konstellation, der die Gruppe zu einer gegebenen Zeit tatsächlich verbunden ist, nicht weniger folgenreich. Eine wirksame Forschungsarbeit beginnt selten, bevor eine wissenschaftliche Gemeinschaft überzeugt ist, auf Fragen wie die folgenden gesicherte Antworten zu haben: Welches sind die Grundbausteine des Universums? Wie wirken sie aufeinander und auf die Sinne ein? Welche Fragen können sinnvoll über diese Bausteine gestellt und welche Methoden bei der Suche nach Lösungen angewandt werden? Zumindest bei ausgereiften Wissenschaften sind Antworten auf solche Fragen (oder vollwertiger Ersatz dafür) fest in das Ausbildungsritual eingebettet, welches die Studierenden auf ihre fachliche Tätigkeit vorbereitet und ihnen die Zulassung dafür erteilt. Weil diese Ausbildung streng und dabei starr ist, vermögen jene Antworten sich tief im wissenschaftlichen Denken zu verankern. Daß sie es können, trägt viel dazu bei, die besondere Leistungsfähigkeit der normalen Forschungstätigkeit und die Richtung, die sie zu einem bestimmten Zeitpunkt einschlägt, zu erklären. Bei der Untersuchung der »normalen Wissenschaft« in den Abschnitten III, IV und V werden wir diese Forschung als einen rastlosen und hingebungsvollen Versuch beschreiben, die Natur in die von der Fachausbildung gelieferten Begriffsschubladen hineinzuzwängen. Gleichzeitig werden wir uns fragen, ob die Forschung ohne solche Schubladen weiterbestehen könnte, welches auch immer das Element der Willkür bei ihrem historischen Ursprung und gelegentlich noch bei ihrer späteren Entwicklung sei.

Dieses Element der Willkür ist jedenfalls vorhanden und hat einen bedeutenden Einfluß auf die wissenschaftliche Entwicklung, einen Einfluß, der in den Abschnitten VI, VII und VIII noch genauer untersucht werden wird. Die normale Wissenschaft als die Betätigung, mit der die meisten Wissenschaftler zwangsläufig fast ihr ganzes Leben verbringen, gründet auf der Annahme, daß die wis-