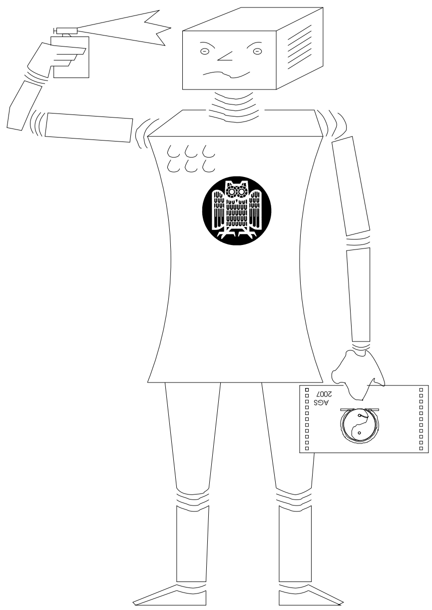
UNIVERSITÄT DES SAARLANDES
FACHRICHTUNG INFORMATIK
D–66123 SAARBRÜCKEN
GERMANY
WWW: http://www.ags.uni-sb.de/

SEKI-Working-Paper ISSN 1860-5931



Thomas S. Kuhn: The Structure of Scientific Revolutions

—

Zweisprachige Auszüge mit Deutschem Kommentar

Claus-Peter Wirth
Dept. of Computer Sci., Saarland Univ.,
D–66123 Saarbrücken, Germany
wirth@logic.at

SEKI-Working-Paper SWP–2007–01

This SEKI-Working-Paper was internally reviewed by:

Paolo Bussotti
Via Paolo Lilla 66, 57122 Livorno, Italy
E-mail: `bussottipaolo@yahoo.com`

Marvin Schiller
Fachrichtung Informatik, Universität des Saarlandes, D–66123 Saarbrücken, Germany
E-mail: `schiller@ags.uni-sb.de`

Editor of SEKI series:

Claus-Peter Wirth
Brandenburger Str. 42, D–65582 Diez, Germany
E-mail: `wirth@logic.at`
WWW: `http://www.ags.uni-sb.de/~cp`

Thomas S. Kuhn: The Structure of Scientific Revolutions — Zweisprachige Auszüge mit Deutschem Kommentar

Claus-Peter Wirth
Dept. of Computer Sci., Saarland Univ., D–66123 Saarbrücken, Germany
wirth@logic.at

Submitted Nov. 29, 2006
Definitive print version Dec. 13, 2007
Short additions and minor corrections June 20, 2008

Zusammenfassung

Obwohl Kuhns Essay *Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen* vielleicht den wichtigsten Text der Wissenschaftstheorie darstellt, kennen heutige Wissenschaftler meist nur ein paar Schlagwörter daraus, und die methodologische Erziehung von Wissenschaftlern geht kaum über Poppers Kritischen Rationalismus hinaus. Die Ursache für diesen Missstand dürfte in der Länge und der Unstrukturiertheit von Kuhns Essay liegen sowie in dessen gelegentlicher Schwerverständlichkeit. Wir legen hier eine Sammlung von Deutschen Kommentaren und zweisprachigen Originalzitaten aus Kuhns Essay in Englisch und Deutsch vor. Diese Zusammenstellung hat das Ziel, eine Essenz von Kuhns Essay abzuliefern und dabei dem Mangel an leichter, direkter und effizienter Zugänglichkeit des Themas abzuhelfen.

Abstract

Although Kuhn's essay *The Structure of Scientific Revolutions* may well be the most important text in the theory of science, today's scientists still tend to know only some catchwords from it, and the methodological education of scientists hardly goes beyond Popper's Critical Rationalism. The reason for this poor state of affairs may be the length and lack of structure of Kuhn's essay, and occasional difficulties in understanding it. We present a set of German comments and bilingual quotations from Kuhn's original essay in English and German. This compilation aims at delivering the essence of Kuhn's essay, and thereby filling the gap of an easy, straightforward, and efficient accessibility of the subject.

Inhalt

Inhaltliche Einführung

The Structure of Scientific Revolutions [Kuhn, 1962] ist das Hauptwerk von Thomas S. Kuhn (1922–1996). Die darin vertretenen Auffassungen sind grundlegend für die Wissenschaftstheorie und -geschichte und stellen einen großen Fortschritt gegenüber früheren Auffassungen dar. Insbesondere lösten Kuhns Auffassungen den bis dahin in der Wissenschaftstheorie (und leider auch heute noch in der Ausbildung der Wissenschaftler)[1] vorherrschenden *Kritischen Rationalismus* Karl Poppers (1902–1994) ab. Trotzdem hat Kuhns Werk einige – im Wesentlichen sophistische – Kritik hervorgerufen; unter anderem weil Kuhns Thesen auf der Meta-Ebene nicht den wissenschaftlichen Regeln des Kritischen Rationalismus entsprechen. Kuhns Werk ist bis heute Gegenstand wissenschaftlicher Diskussion.

Gestützt auf seine wissenschaftshistorischen Analysen – besonders im Bereich der Physik – hat Kuhn eine neue Theorie des wissenschaftlichen Fortschreitens entwickelt. Während der Kritische Rationalismus die Wissenschaftsentwicklung als nicht linear verlaufenden Prozess einer auf Falsifikation beruhenden, zunehmenden Annäherung an das nicht endgültig erreichbare Ziel gesicherter Wahrheit kennzeichnet, sieht Kuhn im Allgemeinen weder eine monotone Kumulation wissenschaftlicher Erkenntnis noch die Konvergenz wissenschaftlicher Theorien und hebt hervor, dass es in der Wissenschaftsgeschichte immer wieder radikale Umbrüche gebe. In diesen von Kuhn sogenannten *Paradigmawechseln* verändern sich sowohl die methodologischen Grundannahmen als auch die unter den Wissenschaftlern als verbindlich geltenden Interpretationen der grundlegenden Lehrbeispiele und der wichtigsten Fachbegriffe. Eine Konvergenz wissenschaftlicher Theorien würde als Konvergenzpunkt wohl die Existenz einer intersubjektiven Wahrheit oder absoluten Realität voraussetzen. Eine derartige Voraussetzung betrachtet Kuhn als irrelevant für die Evolution der Wissenschaft.

Motivation

Dieses Papier entstand als begleitende Gedächtnisstütze zur einer Reihe von öffentlichen Diskussionen im Rahmen eines philosophischen Gesprächskreises,[2] denen das Selbststudium von Kuhns Essay durch die Diskussionsteilnehmer vorausging.

Während dieses Papier keine neuen wissenschaftlichen Erkenntnisse vermittelt, gehen seine didaktischen Intentionen über das Umfeld seiner Entstehung im folgenden Sinne hinaus.

Obwohl Thomas S. Kuhns Essay *The Structure of Scientific Revolutions* vielleicht den wichtigsten Text in der Wissenschaftstheorie darstellt und eigentlich nicht nur allen Wissenschaftlern bekannt sein, sondern bereits zur Allgemeinen Hochschulreife gehören sollte, bleibt Folgendes festzuhalten:

- Kuhns Essay ist den meisten Wissenschaftlern erstaunlicherweise nur dem Namen und einigen Schlagwörtern nach bekannt.
- Die methodologische Erziehung von Wissenschaftlern ist heute – wenn sie überhaupt über das Methodische und das Vorführen von Beispielen hinausgeht – immer noch ausschließlich von Poppers Kritischem Rationalismus im alten Sinne geprägt. Kuhns für die Naturwissenschaftler so wichtigen Erkenntnisse haben unseres Wissens weltweit eigentlich keinen Eingang in die naturwissenschaftlichen Curricula der Universitäten gefunden.
- Man findet auch bei Wissenschaftshistorikern gelegentlich eine Geringachtung von Kuhns Essay.

Ursache hierfür scheint uns die Weitschweifigkeit und die in manchen Teilen mangelhafte Strukturierung des Originaltextes zu sein sowie dessen gelegentliche Schwerverständlichkeit.

Darüberhinaus mussten wir zu unserer Verwunderung feststellen, dass wir weder eine Zitatensammlung noch eine geeignete umfassende Zusammenfassung von Kuhns populärem Essay finden konnten; weder in Englisch,[3] noch in Deutsch. Ziel dieser Zusammenstellung hier ist es daher, diesem Mangel abzuhelfen und die Essenz des Essays Forschenden, Lehrenden und Lernenden in einer Form an die Hand zu geben, in welcher der Rezeptionsaufwand angesichts des enormen Erkenntnisgewinns durch Kuhns großartiges Werk auch in der heutigen schnelllebigen Zeit für jeden vertretbar bleibt. Wir wenden uns dabei nicht an den Wissenschaftstheoretiker, sondern vielmehr an den Ingenieur, den Naturwissenschaftler oder den besonders interessierten Laien; insbesondere an den an der Kognitionswissenschaft oder der Künstlichen Intelligenz interessierten.

Um hierbei den Charakter des Originals so weit als möglich zu bewahren, den Spaß am Lesen des stellenweise hervorragend geschriebenen Originaltextes zu erhalten und damit einige besonders Interessierte vielleicht doch zum Lesen des vollständigen Originals zu bewegen, haben wir uns bei den Kommentaren kurzgefasst und den Schwerpunkt auf die sorgfältige, nichts Wesentliches auslassende Auswahl von Englischen Originalzitaten gelegt. Diese Zitate haben wir mit sich jeweils direkt anschließenden Deutschen Übersetzungen versehen und zum Teil aus didaktischen Gründen in ihrer Reihenfolge gegenüber ihrem Auftreten im Originaltext verändert.

Zitiertechnische Vorbemerkungen

Bei einem Text wie dem unsrigen, der im Wesentlichen aus Zitaten besteht, sind leichte Abweichungen von den üblichen Zitierweisen angebracht. Diese Abweichungen werden hier kurz erläutert.

Wir empfehlen dem lediglich am schnellen Erfassen des Inhalts von Kuhns Essay interessierten Leser, dieses Kapitel beim ersten Lesen zu überspringen.

Die zweisprachigen Kapitel-Überschriften bestehen aus den Originaltiteln und -numerierungen aus Kuhns Essay, bzw. dessen Deutscher Übersetzung. Sämtliche Englischen Textstellen sind Zitate aus dem Originaltext Kuhns, nämlich: [Kuhn, 1996]. Der Englische Originaltext Kuhns wird bis auf minimale orthographische und setztechnische Korrekturen unverändert wiedergegeben. Allerdings wurde gelegentlich eine Hervorhebung ergänzt oder eine Zeichensetzung verändert. Desweiteren wurde bei Personennamen, deren Schreibweisen sich im Deutschen und Englischen unterscheiden, konsequent die historische Originalform verwendet. Wenn nicht direkt vor dem Zitat anders angegeben, stammen diese Originalzitate auch aus dem Kapitel, unter dessen zweisprachiger Überschrift sie hier zitiert werden; doch ist die Reihenfolge innerhalb eines Kapitels hier oft eine andere als im Original. Nicht eingerückte, große Absätze trennen Zitate, deren Vollständigkeit sich auch über die hier als eingerückte kleine Absätze wiedergegebenen Absätze des Originals hinweg erstreckt und auch alle Fußnoten des Originals als neunummerierte Endnoten miteinschließt.

Sämtliche in Frankfurter Fraktur gesetzten Textstellen sind im Wesentlichen Zitate der Deutschen Ausgabe von [Kuhn, 1962], nämlich: [Kuhn, 1976]. Allerdings wurden, zusätzlich zu den bereits für den Englischen Originaltext erläuterten kleinen Änderungen, einige Glättungen vorgenommen, Erläuterungen ergänzt und Übersetzungsschwächen korrigiert sowie folgende Anpassungen durchgeführt: Der Terminus *fachwissenschaftliche Gemeinschaft* bezeichne eine Forschergemeinschaft, die in einer aktiven gemeinsamen Diskussion über ein Fachgebiet steht; also das, was im Englischen gewöhnlich mit *scientific community* bezeichnet wird. Der Plural von „Paradigma“ wird nach Möglichkeit vermieden und der Singular bereits als System von methodologischen Grundannahmen und Lehrbeispielen aufgefasst. Im unvermeidbaren Fall wird der Plural ausschließlich als „Paradigmas“ gebildet, um der Verwirrung durch „Paradigmen“ und „Paradigmata“ zu entgehen. Schließlich wurde die Orthographie entsprechend dem aktuellen Stand modernisiert, aus Namen abgeleitete Adjektive aber – wie international üblich – stets großgeschrieben (“Englische Sprache”, “Einsteinsche Dynamik”).

Erfasst eine Überschrift den Inhalt ihres Kapitels nicht hinreichend, so folgt ihr eine Kurzzusammenfassung des Kapitels in Deutscher Sprache. Diese ist dann in *geneigter Schrift* gesetzt; ebenso wie alle weiteren von uns ergänzten *Meta*-Texte innerhalb von Kuhns Originalkapiteln, wie z. B. Auslassungsbemerkungen. Die von uns innerhalb dieser Kapitel ergänzten *gegenstandsbezogenen* Kommentare sind ebenfalls in Deutscher Sprache abgefasst, aber in Sans Serif gesetzt.

Als wesentliche zusätzliche, an den jeweiligen Textorten nicht explizit benannte Informationsquelle haben wir [Brockhaus, 1996ff.] für unsere Kommentare herangezogen.

Die Noten aller Textarten finden sich als Endnoten im Anhang und es gelten für sie die selben Konventionen wie für den Haupttext innerhalb von Kuhns Originalkapiteln.

Nach diesen für ein genaueres Verständnis unserer Darstellungsweise leider erforderlichen Erläuterungen auf der Meta-Ebene, wollen wir aber nun endlich zum Inhalt von Kuhns Essay kommen.

Preface

Vorwort

In diesem Vorwort beschreibt Thomas S. Kuhn seinen Werdegang vom Physiker zum Wissenschaftshistoriker und Wissenschaftstheoretiker und nennt seine geistigen Haupteinflussfaktoren.

I Introduction: A Rôle for History

Einführung: Eine Rolle für die Geschichtsschreibung

Kuhn stellt hier klar, dass er sich der Problematik seiner Darstellung in vieler Hinsicht wohl bewusst ist und dass einige scheinbaren Schwächen des Essays ihm unvermeidlich erscheinen.

History, we too often say, is a purely descriptive discipline. The theses suggested above are, however, often interpretative and sometimes normative. Again, many of my generalizations are about the sociology or social psychology of scientists; yet at least a few of my conclusions belong traditionally to logic or epistemology.

Wir sagen zu oft, die Geschichte sei eine rein beschreibende Disziplin. Die oben angeführten Thesen sind aber häufig interpretierender und manchmal normativer Art. Und weiter: viele meiner Verallgemeinerungen betreffen die Soziologie oder Sozialpsychologie der Wissenschaftler; doch gehören zumindest einige meiner Schlußfolgerungen – nach traditionellen Maßstäben – zur Logik oder Erkenntnistheorie.

II The Route to Normal Science

Der Weg zur normalen Wissenschaft

Kuhn führt hier seine Hauptbegriffe "Paradigma" und "normale Wissenschaft" ein.

Ein *Paradigma* ist ein System von methodologischen Grundannahmen, Standardtheorien, Fachbegriffen und grundlegenden Lehrbeispielen sowie deren Interpretationen. Ein Paradigma prägt die wissenschaftliche Forschung und Lehre innerhalb einer fachwissenschaftlichen Gemeinschaft. In der vorparadigmatischen Zeit eines Wissensgebietes gibt es nur ein zufälliges, nicht zielgerichtetes Sammeln von Tatsachen. Zielgerichtete wissenschaftliche Experimente im eigentlichen Sinne benötigen eine Theorie und eine fachwissenschaftliche Gemeinschaft. Ohne Paradigma gibt es anstelle von Experimenten nur technologische Ergebnisse. Ein Paradigma entsteht aus der Konvergenz vorparadigmatischer Theorien innerhalb einer fachwissenschaftlichen Gemeinschaft. Wissenschaft, die innerhalb eines in einer fachwissenschaftlichen Gemeinschaft akzeptierten Paradigmas betrieben wird, nennt Kuhn *normale Wissenschaft.*

III The Nature of Normal Science

Das Wesen der normalen Wissenschaft

Few people who are not actually practitioners of a mature science realize how much mop-up work of this sort a paradigm leaves to be done or quite how fascinating such work can prove in the execution. And these points need to be understood. Mopping-up operations are what engage most scientists throughout their careers. They constitute what I am here calling *normal science*. Closely examined, whether historically or in the contemporary laboratory, that enterprise seems an attempt to force nature into the preformed and relatively inflexible box that the paradigm supplies. No part of the aim of normal science is to call forth new sorts of phenomena; indeed those that will not fit the box are often not seen at all. Nor do scientists normally aim to invent new theories, and they are often intolerant of those invented by others.[4] Instead, normal-scientific research is directed to the articulation of those phenomena and theories that the paradigm already supplies.

Von denen, die nicht tatsächlich Fachleute in einer ausgereiften Wissenschaft sind, erkennen nur wenige, wieviel „Aufräumarbeit“ solcher Art ein Paradigma übrig läßt, und wie faszinierend diese Arbeit tatsächlich sein kann. Es ist wichtig, diese Punkte genau zu verstehen. Aufräumtätigkeiten sind das, was die meisten Wissenschaftler während ihrer gesamten Laufbahn beschäftigt, und sie machen das, was ich hier *normale Wissenschaft* nenne. Untersucht man dieses Unternehmen in der Vergangenheit oder im modernen Labor näher, so erscheint es als Versuch, die Natur in die vorgeformte und relativ starre Schublade, welche das Paradigma darstellt, hineinzuzwängen. In keiner Weise ist es das Ziel der normalen Wissenschaft, neue Phänome zu finden; und tatsächlich werden diejenigen, die nicht in die Schublade hineinpassen wollen, oft überhaupt nicht gesehen. Normalerweise erheben die Wissenschaftler auch nicht den Anspruch, neue Theorien zu finden, und oft sind sie intolerant gegenüber den von anderen gefundenen. Normalwissenschaftliche Forschung ist vielmehr auf die Verdeutlichung der vom Paradigma bereits vertretenen Phänomene und Theorien ausgerichtet.

These three classes of problems—

1. determination of significant fact,[5]
2. matching of facts with theory, and
3. articulation of theory

—exhaust, I think, the literature of normal science. They do not, of course, quite exhaust the entire literature of science. There are also extraordinary problems, and it may well be *their* resolution that makes the scientific enterprise as a whole so particularly worthwhile. But extraordinary problems are not to be had for the asking. They emerge only on special occasions prepared by the advance of normal research. Inevitably, therefore, the overwhelming majority of the problems undertaken by even the very best scientists usually fall into one of the three categories outlined above. Work under the paradigm can be conducted in no other way, and to desert the paradigm is to cease practicing the science it defines.

Diese drei Klassen von Problemen –

1. Bestimmung bedeutsamer Tatsachen,
2. gegenseitige Anpassung von Fakten und Theorie und
3. Artikulierung der Theorie

– machen, so glaube ich, die gesamte Literatur der normalen Wissenschaft aus. Sie machen natürlich nicht ganz die wissenschaftliche Literatur überhaupt aus. Es gibt auch außerordentliche Probleme, und es kann wohl sein, daß gerade d e r e n Lösung die wissenschaftliche Tätigkeit als Ganzes so besonders lohnend macht. Aber solche Probleme kann man nicht einfach herbeiwünschen. Sie treten nur bei besonderen Gelegenheiten zutage, die durch das Fortschreiten der normalen Wissenschaft vorbereitet werden. Zwangsläufig fällt deshalb die Mehrzahl der Probleme, auch wenn sie von den allerbesten Wissenschaftlern in Angriff genommen werden, unter eine der oben beschriebenen drei Kategorien. Die Arbeit im Zeichen des Paradigmas kann auf keine andere Weise durchgeführt werden, und vom Paradigma abzufallen hieße, die Wissenschaft, die es definiert, nicht mehr auszuüben.

IV Normal Science as Puzzle-Solving

Normale Wissenschaft als das Lösen von Rätseln

If, however, the problems of normal science are puzzles in this sense, we need no longer ask why scientists attack them with such passion and devotion. A man may be attracted to science for all sorts of reasons. Among them are the desire to be useful, the excitement of exploring new territory, the hope of finding order, and the drive to test established knowledge. These motives and others besides also help to determine the particular problems that will later engage him. Furthermore, though the result is occasional frustration, there is good reason why motives like these should first attract him and then lead him on.[6] The scientific enterprise as a whole does from time to time prove useful, open up new territory, display order, and test long-accepted belief. Nevertheless, *the individual* engaged on a normal research problem *is almost never doing any one of these things*. Once engaged, his motivation is of a rather different sort. What then challenges him is the conviction that, if only he is skillful enough, he will succeed in solving a puzzle that no one before has solved or solved so well. Many of the greatest scientific minds have devoted all of their professional attention to demanding puzzles of this sort. On most occasions any particular field of specialization offers nothing else to do, a fact that makes it no less fascinating to the proper sort of addict.

Turn now to another, more difficult, and more revealing aspect of the parallelism between puzzles and the problems of normal science. If it is to classify as a puzzle, a problem must be characterized by more than an assured solution. There must also be rules that limit both the nature of acceptable solutions and the steps by which they are to be obtained.

Wenn jedoch die Probleme der normalen Wissenschaft Rätsel im Sinne von Knobelaufgaben sind, brauchen wir nicht mehr zu fragen, warum die Wissenschaftler sie mit solcher Leidenschaft und Hingabe verfolgen. Ein Mensch kann aus vielen Gründen zur Wissenschaft hingezogen werden; etwa durch den Wunsch, nützlich zu sein; die Lust an der Erforschung neuer Gebiete; die Hoffnung, eine Ordnung zu finden; oder den Drang, bestehendes Wissen nachzuprüfen. Diese und andere Motive tragen auch zur Bestimmung der besonderen Probleme bei, die ihn später gefangen nehmen. Ueberdies gibt es, trotz gelegentlicher Enttäuschungen, gute Gründe, warum solche Motive, wenn sie ihn einmal angezogen haben, dann auch weiter führen. Das wissenschaftliche Unternehmen als Ganzes erweist sich von Zeit zu Zeit als nützlich, eröffnet neue Gebiete, zeigt eine Ordnung auf und prüft anerkannte Auffassungen. Und dennoch: *das Individuum*, das an einem normalen Forschungsproblem arbeitet, *tut fast niemals etwas Derartiges*. Hat es sich erst einmal darauf eingelassen, so ist seine Motivation ganz anderer Art. Was den einzelnen dann herausfordert, ist die Ueberzeugung, daß er, wenn er nur geschickt genug ist, beim Lösen eines Rätsels Erfolg haben wird, das vor ihm noch keiner gelöst oder so gut gelöst hat. Viele der größten wissenschaftlichen Geister haben ihre ganze fachliche Aufmerksamkeit solchen anspruchsvollen Rätseln gewidmet. Bei den meisten Gelegenheiten bietet ein besonderes Spezialgebiet gar keine andere Möglichkeit; eine Tatsache, die es, wenn sich ihm der für eine derartige Sucht Empfängliche verschrieben hat, für diesen nicht weniger faszinierend macht.

Wenden wir uns nun einem anderen, schwierigeren und aufschlußreicheren Aspekt der Analogie zwischen Knobelaufgaben und den Problemen der normalen Wissenschaft zu. Um als Knobelaufgabe durchzugehen, müssen nämlich auch Regeln vorhanden sein, die sowohl die Art der annehmbaren Lösungen eines Problems einschränken, sowie auch die Schritte, durch die diese Lösungen zu erzielen sind.

V The Priority of Paradigms

Die Priorität des Paradigmas

Ein Paradigma ist ein System von methodologischen Grundannahmen, Standardtheorien, Fachbegriffen und grundlegenden Lehrbeispielen sowie deren Interpretationen. Es führt und leitet Wissenschaftler und Studenten *auch ohne konkrete Regeln* an. Konkrete Regeln würden ihre Kreativität zerstören und ihr Begriffsvermögen übersteigen. Auch das Lehren beruht auf dem Paradigma, welches in Lehrbüchern, Vorträgen und Übungen vermittelt wird. Dabei wird Einfaches in der Regel auf der Meta-Ebene erklärt. Schwieriges jedoch wird an konkreten Beispielen demonstriert und induktiv gelernt, wobei es keines expliziten Regelsystemes bedarf. Das ist in der Wissenschaft nicht anders als im Handwerk: Z. B. wird einem Fahrradmonteurslehrling das Einfache erklärt, Schwieriges (wie das Zentrieren eines Rades) wird darüberhinaus jedoch wiederholt demonstriert und eingeübt.

Aus §IV:

Rules, I suggest, derive from paradigms, but paradigms can guide research even in the absence of rules.

Regeln, so behaupte ich, leiten sich vom Paradigma ab, aber ein Paradigma kann die Forschung selbst noch bei fehlenden Regeln leiten.

They, that is, agree in their *identification* of a paradigm without agreeing on, or even attempting to produce, a full *interpretation* or *rationalization* of it. Lack of a standard interpretation or of an agreed reduction to rules will not prevent a paradigm from guiding research. Normal science can be determined in part by the direct inspection of paradigms, a process that is often aided by but does not depend upon the formulation of rules and assumptions. Indeed, the existence of a paradigm need not even imply that any full set of rules exists.[7]

Das heißt also, die Wissenschaftler können in der *Identifizierung* eines Paradigmas übereinstimmen, ohne sich über seine vollständige *Interpretation* oder *abstrakte Formulierung* einig zu sein oder auch nur zu versuchen, eine solche anzugeben. Das Fehlen einer Standardinterpretation oder einer anerkannten Reduzierung auf Regeln hindert ein Paradigma nicht daran, die Forschung zu leiten. Normale Wissenschaft kann zum Teil durch die unmittelbare Betrachtung eines Paradigmas bestimmt werden; ein Prozeß, der oft durch die Formulierung von Regeln und Annahmen unterstützt wird, jedoch nicht davon abhängig ist. In der Tat folgt aus der Existenz eines Paradigmas nicht einmal, daß irgendein vollständiges System von Regeln vorhanden ist.

Aus §IV:

Finally, at a still higher level, there is another set of commitments without which no man is a scientist. The scientist must, for example, be concerned to understand the world and to extend the precision and scope with which it has been ordered.

Schließlich gibt es auf einer noch höheren Ebene eine weitere Reihe von Bindungen, ohne die keiner ein Wissenschaftler ist. Der Wissenschaftler muß sich zum Beispiel bemühen, die Welt ordnend zu erfassen und die Exaktheit und den Umfang dieser Ordnung auszudehnen.

VI Anomaly and the Emergence of Scientific Discoveries

Anomalien und das Auftauchen wissenschaftlicher Entdeckungen

Kuhn beschreibt, wie die normale Wissenschaft Anomalien hervorruft und mit ihnen umgeht. In den Beispielrevolutionen (Lavoisier, Röntgen) werden die Inkommensurabilität der einander ablösenden Paradigmas und der Widerstand der etablierten Wissenschaftler gegen Paradigmawechsel erläutert.

Normal science does not aim at novelties of fact or theory and, when successful, finds none. New and unsuspected phenomena are, however, repeatedly uncovered by scientific research, and radical new theories have again and again been invented by scientists. History even suggests that the scientific enterprise has developed a uniquely powerful technique for producing surprises of the sort. If this characteristic of science is to be reconciled with what has already been said, then research under a paradigm must be a particularly effective way of inducing paradigm change.

Die normale Wissenschaft strebt nicht nach neuen Tatsachen und Theorien und findet auch keine, wenn sie erfolgreich ist. Neue und unvermutete Phänomene werden jedoch von der wissenschaftlichen Forschung immer wieder entdeckt, und wieder und wieder sind von Wissenschaftlern radikal neue Theorien aufgestellt worden. Die Geschichte zeigt sogar, daß die Wissenschaft eine überaus wirksame Methode für die Erzeugung von Ueberraschungen dieser Art entwickelt hat. Wenn diese Eigenschaft der Wissenschaft mit dem bisher Gesagten übereinstimmen soll, dann muß die Forschung im Zeichen eines Paradigmas hinsichtlich der Herbeiführung eines Paradigmawechsels besonders wirksam sein.

In der Tat, erst die Verfeinerung der Theorien und der Methodiken innerhalb eines Paradigmas macht die Entdeckung von Anomalien beobachtbar und – trotz der Scheuklappen des Paradigmas und trotz des Widerstandes der etablierten Wissenschaftler – innerhalb einer fachwissenschaftlichen Gemeinschaft wahrnehmbar. Denn erst im starren Rahmen eines allgemein geteilten Paradigmas kann etwas entdeckt werden, für das ja die Theorie noch fehlt, in der erst modelliert werden könnte, worum es sich handeln solle. Wissenschaft ist wahrlich subjektiv, vgl. die Immanuël Kants (1724–1804) *Critik der reinen Vernunft* [Kant, 1787].

Beispiele für wissenschaftliche Revolutionen:

Antoine Laurent de Lavoisiers (1743–1794) Chemische Revolution:

Zeitliche Vorstellungsentwicklung: Phlogiston ⇒ Säureprinzip ⇒ O_2:

Aus § IX:

The much-maligned phlogiston theory, for example, gave order to a large number of physical and chemical phenomena. It explained why bodies burned—they were rich in phlogiston—and why metals had so many more properties in common than did their ores. The metals were all compounded from different elementary earths combined with phlogiston, and the latter, common to all metals, produced common properties. In addition, the phlogiston theory accounted for a number of reactions in which acids were formed by the combustion of substances like carbon and sulphur. Also, it explained the decrease of volume when combustion occurs in a confined volume of air—the phlogiston released by combustion "spoils" the elasticity of the air that absorbed it, just as fire "spoils" the elasticity of a steel spring.[8]

Die vielgeschmähte Phlogistontheorie gab einer großen Zahl von physikalischen und chemischen Phänomenen eine Ordnung. Sie erklärte, warum Körper brannten – sie waren mit Phlogiston angereichert – und warum Metalle so viel mehr gemeinsame Eigenschaften hatten als ihre Erze: Die Metalle waren alle aus verschiedenen elementaren Erden in Verbindung mit Phlogiston zusammengesetzt, und dieses Phlogiston, das allen Metallen gemeinsam war, erzeugte gemeinsame Eigenschaften. Darüber hinaus erklärte die Phlogistontheorie eine Anzahl von Reaktionen, bei denen sich durch die Verbrennung von Substanzen wie Kohlenstoff und Schwefel Säuren bildeten. Sie erklärte auch die Abnahme des Volumens, wenn die Verbrennung in einem abgeschlossenen Luftvolumen geschieht, – das bei der Verbrennung frei werdende Phlogiston „zerstört" die Elastizität der Luft, die es absorbiert hat, genauso wie Feuer die Elastizität einer Stahlfeder „zerstört".

Note, for example, that if oxygen were dephlogisticated air for us, we should insist without hesitation that Priestley had discovered it, though we would still not know quite when.

Wenn beispielsweise Sauerstoff für uns entphlogiszierte Luft wäre, dann würden wir ohne zu zögern darauf bestehen, daß Joseph Priestley (1733–1804) ihn entdeckt habe, auch wenn wir immer noch nicht genau wüßten, wann.

Röntgenstrahlen:

Unlike the discovery of oxygen, that of X-rays was not, at least for a decade after the event, implicated in any obvious upheaval in scientific theory.

Im Gegensatz zur Entdeckung des Sauerstoffs war die der Röntgenstrahlen, zumindest für ein Jahrzehnt nach dem Ereignis, nicht mit einer offensichtlichen Umwälzung der wissenschaftlichen Theorie verbunden.

Wieso also ist dann mit der Entdeckung der Röntgenstrahlen doch eine wissenschaftliche Revolution verbunden, wenn auch wohl keinen *theoretischer* Paradigmawechsel? Die Antwort ist, dass es sich hierbei um einen experimentellen und apparativen Paradigmawechsel handelt!

X-rays, however, were greeted not only with surprise but with a shock. Lord Kelvin at first pronounced them an elaborate hoax.[9]

Die Röntgenstrahlen lösten jedoch nicht nur Ueberraschung aus, sondern einen Schock. Lord Kelvin bezeichnete sie zunächst als einen ausgemachten Schwindel.

Ein wesentliches Problem des wissenschaftlichen Arbeitens ist die enorme Komplexität der Problemstellungen, die oft an die Grenzen des menschlichen Denkvermögens heranreicht. Als Folge hiervon verzichten Wissenschaftler notgedrungen auf Teile der eigentlich dringend erforderlichen interpretationsfreien Detaildokumentation der Historie ihrer Erkenntnisgewinnung. In Kombination mit einer aus der Theorie sich ergebenden Abstraktion und mit einer aus der Technik sich ergebenden Beobachtungsbeschränkung werden daher praktisch alle Ergebnisse invalidiert, sofern bekannt wird, dass eine als wesentlich anzuerkennende Variable nicht hinreichend beobachtet worden ist. Ein ganz wesentlicher Grund für das Festhalten an überkommenen Theorien ist daher die Angst etablierter Wissenschaftler vor der Entwertung der eigenen wissenschaftlichen Leistung.

By the 1890s, cathode ray equipment was widely deployed in numerous European laboratories. If Röntgen's apparatus had produced X-rays, then a number of other experimentalists must for some time have been producing those rays without knowing it. Perhaps those rays, which might well have other unacknowledged sources too, were implicated in behavior previously explained without reference to them. At the very least, several sorts of long familiar apparatus would in the future have to be shielded with lead. Previously completed work on normal projects would now have to be done again because earlier scientists had failed to recognize and control a relevant variable. X-rays, to be sure, opened up a new field and thus added to the potential domain of normal science. But they also, and this is now the more important point, changed fields that had already existed. In the process they denied previously paradigmatic types of instrumentation their right to that title.

In den 1890er Jahren wurden Apparate zur Erzeugung von Kathodenstrahlen in zahlreichen Europäischen Laboratorien zum Einsatz gebracht. Wenn Röntgens Apparat die neuen Strahlen erzeugte, dann mußte sie eine ganze Anzahl anderer Experimentatoren eine Zeitlang ebenfalls erzeugt haben, ohne es zu wissen. Vielleicht waren diese Strahlen, die ja auch noch andere unerkannte Quellen haben mochten, an Effekten beteiligt, die früher ohne Bezug auf sie erklärt worden waren. Zumindest mußten mehrere lang bekannte Apparaturen in Zukunft wohl mit Blei abgeschirmt werden. Vorher schon abgeschlossene Arbeiten über normale Projekte würden jetzt wiederholt werden müssen, da die Wissenschaftler verabsäumt hatten, eine wesentliche Variable zu erkennen und zu kontrollieren. Sicherlich eröffneten die Röntgenstrahlen ein neues Gebiet und bereicherten so den möglichen Anwendungsbereich der normalen Wissenschaft. Sie veränderten aber auch, und das ist jetzt der wichtigere Punkt, schon bestehende Gebiete. Dabei machten die Röntgenstrahlen früheren paradigmatischen Apparaturen das Recht auf diese Bezeichnung streitig.

Leidener Flasche:

Diese theorieveranlasste Entdeckung soll hier nicht weiter besprochen werden.

To a greater or lesser extent (corresponding to the continuum from the shocking to the anticipated result), the characteristics common to the three examples above are characteristic of all discoveries from which new sorts of phenomena emerge. Those characteristics include:

1. the previous awareness of anomaly,
2. the gradual and simultaneous emergence of both observational and conceptual recognition, and
3. the consequent change of paradigm categories and procedures, often accompanied by resistance.

There is even evidence that these same characteristics are built into the nature of the perceptual process itself.

In größerem oder kleineren Ausmaß (entsprechend dem Kontinuum vom Ueberraschtwerden bis zum erwarteten Ergebnis) sind die den drei obengenannten Beispielen gemeinsamen Merkmale charakteristisch für alle Entdeckungen, aus denen neue Phänomene hervorgehen. Zu diesen Merkmalen gehören:

1. das vorangehende Bewußtsein einer Anomalie,
2. das allmähliche und gleichzeitige Auftauchen einer empirischen und theoretischen Anerkennung, und
3. die darauf folgende Veränderung von Paradigmakategorien und -verfahren, die oft einem gewissen Widerstand begegnet.

Es gibt sogar deutliche Anzeichen dafür, daß die gleichen Merkmale der Natur des Wahrnehmungsprozesses selbst eignen.

In Kuhns Essay folgt nun eine Diskussion von psychologischen Wahrnehmungsexperimenten mit Nonstandardspielkarten. Kant wäre hier wohl auch wieder anzuführen.

Initially, only the anticipated and usual are experienced, even under circumstances where anomaly is later to be observed.

Am Anfang wird nur das Erwartete und Uebliche wahrgenommen – selbst unter Umständen, unter denen später Anomalien beobachtet werden.

Aus § VIII:

The scientist who pauses to examine every anomaly he notes will seldom get significant work done.

Der Wissenschaftler, der sich die Zeit nimmt, jede ihm auffallende Anomalie zu untersuchen, wird selten wichtige Arbeiten abschließen können.

Bevorzugt werden daher *ad hoc*-Modifizierungen von Theorien, welche diese den Anomalien anpassen. Diese Modifizierungen gelten als unschön, sind aber Standard.

VII Crisis and the Emergence of Scientific Theories

Krisen und das Auftauchen wissenschaftlier Theorien

Kuhn beschreibt, wie aus Anomalien zunächst Krisen und dann neue Theorien entstehen. In den Beispielrevolutionen (Kopernik, Lavoisier, Einstein) werden abermals die Inkommensurabilität der einander ablösenden Paradigmas und der Widerstand der etablierten Wissenschaftler gegen Paradigmawechsel erläutert.

Kopernikanische Revolution:

No other ancient system had performed so well; for the stars, Ptolemaic astronomy is still widely used today as an engineering approximation; for the planets, Ptolemaios' predictions were as good as Kopernik's.

Kein anderes System des Altertums hatte so gut funktioniert; für die Fixsterne wird die Ptolemäische Astronomie heute noch weitgehend als technische Annäherung verwendet; für die Planeten waren die Voraussagen des Klaudios Ptolemaios (ca. 100–ca. 160) eben so gut wie die des Nikolaus Kopernik (1473–1543).

In Bezug auf die Planeten war ein *geozentrisches* System, nämlich das *tychonische Weltsystem* von Tyge Brahe (1546–1601), dem *heliozentrischen* Kopernikanischen System sogar überlegen.

Mit seinen populären wissenschaftspolitischen Schriften in der Volkssprache Italienisch hat Galileo Galilei (1564–1642) versucht, die hohe Hierarchie der Katholischen Kirche von der Unabhängigkeit des Christlichen Glaubens vom geozentrischen System zu überzeugen und zur weiteren Förderung des heliozentrischen Forschungsansatzes zu bewegen. Rein wissenschaftlich aber konnte Galilei keine neuen harten Fakten zur Unterstützung des heliozentrischen Systems beisteuern. Galilei ignorierte sogar die bahnbrechenden Ergebnisse von Brahes Assistenten Johannes Kepler (1571–1630), die schließlich den Paradigmawechsel bewirkten, weil sie Brahes Daten mit dem eleganteren heliozentrischen System und neuen relevanten wissenschaftlichen Ergebnissen („Keplersche Gesetze") kombinierten.

In seinem Hauptwerk *Against Method* [Feyerabend, 1975] beschreibt der Wissenschaftstheoretiker Paul Feyerabend (1924–1994) dieses propagandistische Vorgehen Galileis zwar als ignorant und betrügerisch, bewertet es jedoch positiv, weil es das positive Kopernikanische System, das aufgrund der damaligen Methoden und Daten empirisch klar zu falsifizieren war, im Schwange gehalten habe.[10] Unserer Meinung nach hätte es sich aber wohl auch ohne Galileis unlautere Manipulationen durchgesetzt, denn das tychonische Weltsystem war an einem komplexitätsbedingten Endpunkt seiner Verfeinerbarkeit angelangt.

But as time went on, a man looking at the net result of the normal research effort of many astronomers could observe that astronomy's complexity was increasing far more rapidly than its accuracy and that a discrepancy corrected in one place was likely to show up in another.[11]

Mit der Zeit aber konnte jemand, der den Endeffekt der normalen Forschungsbemühungen der vielen Astronomen betrachtete, feststellen, daß die Kompliziertheit der Ptolemäischen Astronomie viel schneller wuchs als ihre Exaktheit, und daß eine Diskrepanz, die an der einen Stelle korrigiert wurde, wahrscheinlich an einer anderen wieder auftauchte.

Lavoisiers Chemische Revolution: *(Vgl. § VI!)*

Yet the net result of their experiments was a variety of gas samples and gas properties so elaborate that the phlogiston theory proved increasingly little able to cope with laboratory experience.

Das Ergebnis ihrer Experimente war aber eine Vielfalt so komplizierter Gasproben und Gaseigenschaften, daß sich die Phlogistontheorie in steigendem Maße als ungeeignet erwies, mit den Laborerfahrungen fertigzuwerden.

The increasing vagueness and decreasing utility of the phlogiston theory for pneumatic chemistry were not, however, the only source of the crisis that confronted Lavoisier. He was also much concerned to explain the gain in weight that most bodies experience when burned or roasted, and that again is a problem with a long prehistory. At least a few Islamic chemists had known that some metals gain weight when roasted. In the 17^{th} century several investigators had concluded from this same fact that a roasted metal takes up some ingredient from the atmosphere. But in the 17^{th} century that conclusion seemed unnecessary to most chemists. If chemical reactions could alter the volume, color, and texture of the ingredients, why should they not alter weight as well? Weight was not always taken to be the measure of quantity of matter.

Die wachsende Unbestimmtheit und die sich verringernde Brauchbarkeit der Phlogistontheorie für die pneumatische Chemie waren jedoch nicht die einzigen Ursachen der Krise, der sich Antoine Laurent de Lavoisier (1743–1794) gegenübersah. Er suchte auch nach einer Erklärung für die Gewichtszunahme der meisten Körper beim Verbrennen oder Rösten, und das ist wiederum ein Problem mit einer langen Vorgeschichte. Zumindest einige Islamische Chemiker hatten bereits gewußt, daß manche Metalle beim Rösten schwerer werden. Im 17. Jahrhundert waren einige Forscher durch die gleiche Tatsache zu dem Schluß gekommen, daß ein geröstetes Metall irgendeinen Bestandteil aus der Atmosphäre aufnehme. Aber den meisten Chemikern des 17. Jahrhunderts erschien dieser Schluß unnötig. Wenn chemische Reaktionen das Volumen, die Farbe und die Struktur der Bestandteile ändern konnten, warum sollten sie nicht auch das Gewicht verändern? Das Gewicht wurde nicht immer als das Maß für die Menge der Materie angesehen.

Simultaneously, the gradual assimilation of Newton's gravitational theory led chemists to insist that gain in weight must mean gain in quantity of matter. Those conclusions did not result in rejection of the phlogiston theory, for that theory could be adjusted in many ways. Perhaps phlogiston had negative weight, or perhaps fire particles or something else entered the roasted body as phlogiston left it. There were other explanations besides.

Gleichzeitig führte die allmähliche Rezipierung von Newtons Gravitationstheorie die Chemiker dazu, darauf zu bestehen, daß eine Zunahme des Gewichts auch eine Zunahme der Menge der Materie bedeuten mußte. Diese Schlußfolgerungen führten nicht zur Ablehnung der Phlogistontheorie, denn diese Theorie konnte auf viele Arten korrigiert werden. Vielleicht hatte das Phlogiston ein negatives Gewicht, oder vielleicht drangen Feuerpartikel oder sonst etwas in den gerösteten Körper ein, wenn das Phlogiston ihn verlies. Es gab noch weitere Erklärungen.

Einsteinsche Revolution:

Diese Revolution des Überganges von Newtons zu Einsteins Dynamik wird hier als hinreichend bekannt vorausgesetzt.

Abschließende Bemerkungen:

These three examples are almost entirely typical. In each case a novel theory emerged only after a pronounced failure in the normal problem-solving activity. Furthermore, except for the case of Kopernik in which factors external to science played a particularly large rôle, that breakdown and the proliferation of theories that is its sign occurred no more than a decade or two before the new theory's enunciation.

Diese drei Beispiele sind nahezu völlig typisch. In jedem Falle trat eine neue Theorie erst zutage, nachdem eine normale Problemlösungstätigkeit offensichtlich versagt hatte. Außerdem kamen der Zusammenbruch und die Ausuferung der Theorien als dessen äußeres Zeichen nicht eher als ein oder zwei Jahrzehnte vor der Verkündung der neuen Theorie, mit Ausnahme des Falles von Kopernik, bei dem außerwissenschaftliche Faktoren eine besonders große Rolle spielten.

Sowohl das besondere außerwissenschaftliche Interesse am Kalendersystem und der Astrologie, als auch die spezielle Förderung Koperniks durch den mächtigen katholischen Clerus waren die Gründe dafür, dass die Ausuferung durch die Systeme Koperniks und Brahes und die populären wissenschaftspolitischen Schriften Galileis zum Teil hundert Jahre vor der Durchsetzung des neuen Paradigmas eintraten, welches sich dann erst auf der Basis der Arbeiten Keplers entwickelte. In der ersten Hälfte des 16. Jahrhunderts förderte die katholische Kirche in der Tat Koperniks Theorien, während Martin Luther (1483–1546) sie unter Verweis auf die Bibel ablehnte.

VIII The Response to Crisis

Die Reaktion auf die Krise

Typische zeitliche Abfolge:
normale Wissenschaft ⇒ Anomalien ⇒ Krise ⇒ außerordentliche Wissenschaft

And all crises close in one of three ways:

1. Sometime normal science ultimately proves able to handle the crisis-provoking problem despite the despair of those who have seen it as the end of an existing paradigm.
2. On other occasions the problem resists even apparently radical new approaches. Then scientists may conclude that no solution will be forthcoming in the present state of their field. The problem is labeled and set aside for a future generation with more developed tools.
3. Or, finally—the case that will most concern us here—a crisis may end with the emergence of a new candidate for paradigm and with the ensuing battle over its acceptance.

Und alle Krisen enden auf eine von drei Arten:

1. Manchmal erweist sich die normale Wissenschaft letztenendes als fähig, mit dem krisenerzeugenden Problem fertig zu werden, obwohl manche in ihm schon das Ende des bestehenden Paradigmas gesehen hatten.
2. In anderen Fällen sperrt sich das Problem auch gegen anscheinend radikal neue Ansätze. Dann können die Wissenschaftler zu dem Schluss kommen, beim gegenwärtigen Stand ihres Faches werde es zu keiner Lösung kommen. Das Problem wird „archiviert“ und künftigen, besser gerüsteten Generationen überantwortet.
3. Oder schließlich – und dieser Fall wird uns hier am meisten beschäftigen – endet die Krise mit dem Auftreten eines neuen Paradigma-Anwärters und dem Streit über seine Anerkennung.

This sort of extraordinary research is often, though by no means generally, accompanied by another. It is, I think, particularly in periods of acknowledged crisis that scientists have turned to philosophical analysis as a device for unlocking the riddles of their field. Scientists have not generally needed or wanted to be philosophers. Indeed, normal science usually holds creative philosophy at arm's length, and probably for good reasons.

Diese Art der außerordentlichen Forschung wird oft, wenn auch keineswegs allgemein, von einer anderen begleitet. Ich glaube, dass besonders in Perioden anerkannter Krisen die Wissenschaftler sich der philosophischen Analyse als eines der Mittel zur Lösung von Rätseln auf ihrem Gebiet zuzuwenden pflegen. Wissenschaftler müssen im Allgemeinen nicht Philosophen sein und wollen es auch nicht. Tatsächlich hält sich die normale Wissenschaft gewöhnlich die Philosophie vom Leibe, und wahrscheinlich aus gutem Grund.

It is no accident that the emergence of Newtonian physics in the 17th century and of relativity and quantum mechanics in the 20th should have been both preceded and accompanied by fundamental philosophical analyses of the contemporary research tradition.[12] Nor is it an accident that in both theses periods the so called *thought experiment* should have played so critical a rôle in the progress of research. As I have shown elsewhere, the analytical thought experimentation that bulks so large in the writings of Galilei, Einstein, Bohr, and others is perfectly calculated to expose the old paradigm to existing knowledge in ways that isolate the root of crisis with a clarity unattainable in the laboratory.[13]

Es ist kein Zufall, daß dem Auftauchen der Newtonschen Mechanik im 17. Jahrhundert und der Relativitätstheorie sowie der Quantenmechanik im 20. die grundlegende philosophische Analyse der jeweiligen Forschungstradition vorausgegangen ist und sie begleitet hat. Es ist auch kein Zufall, daß in beiden Perioden das sogenannte G e d a n k e n e x p e r i m e n t im Fortschreiten der Forschung eine derart entscheidende Rolle gespielt hat. Wie ich an anderer Stelle gezeigt habe, ist das in den Schriften von Galilei, Einstein, Bohr und anderen einen so großen Raum einnehmende analytische Gedankenexperiment hervorragend geeignet, das alte Paradigma dem vorhandenn Wissen so gegenüberzustellen, daß die Wurzel der Krise mit einer im Labor nicht zu erreichenden Deutlichkeit herausgehoben wird.

Unter den Vertretern der normalen Wissenschaft freilich sind Gedankenexperimente gewöhnlich Gegenstand üblen Spottes.

What the nature of that final stage is—how an individual invents (or finds he has invented) a new way of giving order to data now all assembled—must here remain inscrutable and may be permanently so. Let us here note only one thing about it. Almost always the men who achieve these fundamental inventions of a new paradigm have been either very young or very new to the field whose paradigm they change.

Wie das Endstadium aussieht – wie ein einzelner Mensch einen neuen Weg findet, allen nun vorhandenen Daten eine Ordnung zu geben (bzw. konstatiert, daß er ihn gefunden habe) – muß hier unerforscht bleiben und bleibt es vielleicht für immer. Wir wollen dazu nur eines feststellen: Fast immer waren die Menschen, denen eine derartige fundamentale Erfindung eines neuen Paradigmas gelang, entweder sehr jung, oder auf dem Gebiet, dessen Paradigma sie änderten, sehr neu.

Gegen ein etabliertes Paradigma gibt es nur ein *konstruktives* Misstrauensvotum:

The decision to reject one paradigm is always simultaneously the decision to accept another, and the judgment leading to that decision involves the comparison of both paradigms with nature *and* with each other.

Die Entscheidung, ein Paradigma abzulehnen, ist immer gleichzeitig auch die Entscheidung, ein anderes anzunehmen, und das Urteil, das zu dieser Entscheidung führt, beinhaltet den Vergleich beider Paradigmas mit der Natur u n d untereinander.

Logischer Positivismus

Logischer Positivismus ist eine Sammelbezeichnung für eine Richtung naturwissenschaftlich orientierter Wissenschaftstheorie und -philosophie, die sich nach 1918 in Wien („Wiener Kreis“: Moritz Schlick (1882–1936), Rudolf Carnap (1891–1970)) und Berlin formierte. Der Logische Positivismus wird auch „Logischer Empirismus“ oder „Neopositivismus“ genannt und sucht philosophische und verwandte Probleme vor allem mit Mitteln der formalen Logik und Semiotik zu lösen. Dabei werden Grundannahmen des Empirismus sowie die antimetaphysische Grundhaltung des älteren Positivismus fortgeführt. Metaphysik im Allgemeinen und insbesondere die Klassifizierung von Urteilen als synthetisch a priori im Sinne von Kants *Critik der reinen Vernunft* [Kant, 1787] werden als sinnlos abgelehnt.

Der Logische Positivismus verteidigt eine strenge Zweiteilung aller wissenschaftlichen Aussagen in die *analytisch wahren* der Formalwissenschaften und die *empirisch wahren* (oder falschen) Aussagen der Realwissenschaften, die allein etwas über die Wirklichkeit aussagen. Hier nicht einzuordenende grammatisch korrekte Sätze sind sinnlos und bloße Scheinsätze. Um solche Scheinsätze entlarven zu können, wird die Bedeutung eines Satzes durch eine Methode seiner empirischen Verifikation bestimmt, wobei sich die Semantik aller Satzteile sinnvoller Sätze auf Protokollsätze zurückführen lassen muss, welche das in der Erfahrung unmittelbar Gegebene in einer intersubjektiven und universellen Sprache festhalten.

Nach dem frühen Logischen Positivismus beschränkt sich die Bedeutung einer Theorie auf ihre logischen Schlussfolgerungen innerhalb einer festgelegten Klasse von Beobachtungssätzen. Obwohl Kuhn dieser Auffassung in § IX widerspricht, hat Kuhns Inkommensurabilität von Paradigmas aufgrund von historischen Ontologieabweichungen eine gewisse Ähnlichkeit mit Carnaps Inkommensurabilität von Theorien aufgrund von Sprach- und Logikabweichungen, vgl. [Friedman, 2003].

Kritischer Rationalismus

Kritischer Rationalismus ist eine Sammelbezeichnung für eine von Karl Popper (1902–1994) begründete und ausgebaute, philosophische und insbesondere wissenschaftstheoretische Strömung des 20. Jahrhunderts, die vor allem im angelsächsischen Raum einflussreich geworden ist. Im Unterschied zum klassischen Rationalismus behauptet der Kritische Rationalismus die prinzipielle Widerlegbarkeit alles empirischen Wissens. Die einzige Methode des Erkenntnisgewinns besteht in der kritischen Auseinandersetzung mit dem vermeintlich gewussten, wobei die Konfrontation mit neuen Erfahrungsdaten eine zentrale Rolle spielt. Aussagen, zu denen keine widerlegende Erfahrung denkbar ist, sind als unwissenschaftlich zu verwerfen. Die Empirie kann aber nicht, wie der klassische Empirismus gemeint hat, Wissen endgültig verifizieren, sondern kann immer nur Hypothesen vorläufig bestätigen. Der Kritische Rationalismus erhebt daher die *Falsifikation* zur Methode: Alle Hypothesen müssen immer wieder Tests unterworfen werden. Dabei sind solche Tests zu bevorzugen, bei denen die Wahrscheinlichkeit einer Widerlegung besonders groß ist („riskante Tests“). Eine Hypothese, die viele Widerlegungsversuche überstanden hat, heißt *bewährt*.

Gegen den klassischen Empirismus betont der Kritische Rationalismus die Theoriegeleitetheit aller Beobachtung: Selbst die einfachste Beobachtung wird von theoretischen Vorannahmen beeinflusst, weshalb der eigentliche Gegenstand der empirischen Wissenschaften eben nicht Erfahrungen, sondern Theorien über diese sind.

Desweiteren behauptet der Kritische Rationalismus die Wertfreiheit der Wissenschaft, d. h., er behauptet, dass für das Fortschreiten der Wissenschaft nur wissenschaftsinterne, vernunftmäßige Gründe ausschlaggebend seien und dass die Wissenschaft nur das beschreiben könne, was ist, und nicht das, was sein sollte (Positivismusstreit zwischen Popper und Adorno 1961).

Im Gegensatz zu den Ansichten von Thomas S. Kuhn wird der wissenschaftliche Fortschritt vom Kritischen Rationalismus als stetiger Prozess gesehen, in dessen Verlauf Theorien so erweitert werden, dass sie immer mehr Phänomene erklären können. Verschiedene Theorien über einen Gegenstandsbereich seien prinzipiell hinsichtlich ihres Wahrheitsanspruches miteinander vergleichbar, weswegen sich der wissenschaftliche Fortschritt als zunehmende Konvergenz an die nicht endgültig erreichbare empirische Wahrheit darstelle.

IX The Nature and Necessity of Scientific Revolutions

Das Wesen und die Notwendigkeit wissenschaftlicher Revolutionen

Unter diversen Gesichtspunkten beschreibt Kuhn hier die Unvereinbarkeit und Inkommensurabilität (und damit speziell auch die Nichtkumulativität) von aufeinanderfolgenden Paradigmas. Kuhns Auffassung widerspricht hier dem Kritischen Rationalismus Poppers.

Though logical inclusiveness remains a permissible view of the relation between successive scientific theories, it is a historical implausibility.

A century ago it would, I think, have been possible to let the case for the necessity of revolutions rest at this point. But today, unfortunately, that cannot be done because the view of the subject developed above cannot be maintained if the most prevalent contemporary interpretation of the nature and function of scientific theory is accepted. That interpretation, closely associated with early logical positivism and not categorically rejected by its successors, would restrict the range and meaning of an accepted theory so that it could not possibly conflict with any later theory that made predictions about some of the same natural phenomena. The best-known and the strongest case for this restricted conception of a scientific theory emerges in discussions of the relation between contemporary Einsteinian dynamics and the older dynamical equations that descend from Newton's *Principia*. From the viewpoint of this essay these two theories are fundamentally incompatible in the sense illustrated by the relation of Kopernikan to Ptolemaic astronomy: Einstein's theory can be accepted only with the recognition that Newton's was wrong. Today this remains a minority view.[14] We must therefore examine the most prevalent objections to it.

Man kann sich zwar vorstellen, daß die älteren wissenschaftlichen Theorien logisch in den auf sie folgenden enthalten sind, aber historisch spricht wenig dafür.

Vor einem Jahrhundert wäre es meiner Meinung nach möglich gewesen, die Frage nach der Notwendigkeit von Revolutionen anb diesem Punkt auf sich beruhen zu lassen. Heute aber ist das leider ausgeschlossen, da die eben (im vorigen Absatz) entwickelte Anschauung nicht aufrechterhalten werden kann, wenn man die am weitesten verbreitete derzeitige Interpretation des Wesens und der Funktion wissenschaftlicher Theorien akzeptiert. Jene Interpretation (des vorigen Absatzes), die eng mit dem frühen Logischen Positivismus verknüpft ist und von dessen Nachfolgern nicht kategorisch abgelehnt wurde, möchte den Umfang und die Bedeutung einer anerkannten Theorie so einschränken, daß sie unmöglich mit irgendeiner späteren Theorie, welche Voraussagen über einige der gleichen Naturphänomene macht, in Konflikt geraten kann. Nach dem frühen Logischen Positivismus beschränkt sich die Bedeutung einer Theorie nämlich auf ihre logischen Schlussfolgerungen innerhalb einer *festgelegten Klasse* von Beobachtungssätzen. Der bekannteste und stärkste Gesichtspunkt für diese eingeschränkte Auffassung einer wissenschaftlichen Theorie taucht in Diskussionen über die Beziehungen zwischen der heutigen Einsteinschen Dynamik und den älteren, sich auf Newtons *Principia* ergebenden, dynamischen Gleichungen auf. Vom Standpunkt dieses Essays aus sind diese beiden Theorien im selben Sinne grundlegend unvereinbar wie die Kopernikanische und die Ptolemäische Astronomie: Die Einsteinsche Theorie kann nur in der Erkenntis akzeptiert werden, daß die Newtonsche falsch war. Heute bleibt dies eine Minderheitenansicht. Wir müssen deshalb die am weitesten verbreiteten Einwände untersuchen.

It has not, that is, shown Newton's Laws to be a limiting case of Einstein's. For in the passage to the limit it is not only the forms of the laws that have changed. Simultaneously we have had to alter the fundamental structural elements of which the universe to which they apply is composed.

Das heißt, daß damit noch nicht gezeigt ist, daß die Newtonschen Gesetze ein Grenzfall der Einsteinschen Gesetze sind. Denn bei diesem Grenzübergang für $\frac{v}{c} \longrightarrow 0$ haben sich nicht nur die Gesetze geändert. Gleichzeitig müssen die fundamentalen Strukturelemente abgewandelt werden, aus denen sich das Universum, auf welches sie angewandt werden, zusammensetzt.

At least for scientists, most of the apparent differences between a discarded scientific theory and its successor are real. Though an out-of-date theory can always be viewed as a special case of its up-to-date successor, it must be transformed for the purpose. And the transformation is one that can be undertaken only with the advantages of hindsight, the explicit guidance of the more recent theory. Furthermore, even if that transformation were a legitimate device to employ in interpreting the older theory, the result of its application would be a theory so restricted that it could only restate what was already known. Because of its economy, that restatement would have utility, but it could not suffice for the guidance of research.

Wenigstens für Wissenschaftler sind die meisten augenscheinlichen Unterschiede zwischen einer fallengelassenen wissenschaftlichen Theorie und ihrer Nachfolgerin sehr real. Zwar läßt sich eine veraltete Theorie immer als ein Spezialfall ihrer modernen Nachfolgerin ansehen, doch muß sie für diesen Zweck umgewandelt werden. Und diese Umwandlung kann nur unter Ausnutzung der Vorteile der späteren Einsicht und unter deutlicher Führung der neueren Theorie unternommen werden. Außerdem wäre, selbst wenn jene Umwandlung ein einwandfreies Mittel für die Auslegung der älteren Theorie darstellte, das Ergebnis ihrer Anwendung eine derart begrenzte Theorie, daß sie nur das bereits Bekannte neu formulieren könnte. Ihrer Oekonomie wegen wäre diese Neuformulierung nützlich, sie würde jedoch als Richtschnur für die Forschung nicht ausreichen.

Without commitment to a paradigm there could be no normal science. Furthermore, that commitment must extend to areas and to degrees of precision for which there is no full precedent. If it did not, the paradigm could provide no puzzles that had not already been solved. Besides, it is not only *normal* science that depends upon commitment to a paradigm. If existing theory binds the scientist only with respect to existing applications, then there can be no surprises, anomalies, or crises. But these are just the signposts that point the way to extraordinary science. If positivistic restrictions on the range of a theory's legitimate applicability are taken literally, the mechanism that tells the scientific community what problems may lead to fundamental change must cease to function. And when that occurs, the community will inevitably return to something much like its pre-paradigm state, a condition in which all members practice science but in which their gross product scarcely resembles science at all. Is it really any wonder that the price of significant scientific advance is a commitment that runs the risk of being wrong?

Ohne Bindung an ein Paradigma könnte es keine normale Wissenschaft geben. Außerdem muß sich diese Bindung auf Gebiete und Genauigkeitsgrade erstrecken, für die es keinen vollständigen Präzedenzfall gibt. Täte sie es nicht, so könnte das Paradigma keine Rätsel aufgeben, die nicht schon gelöst worden sind. Dazu kommt, daß nicht nur die n o r m a l e

Wissenschaft von der Bindung an ein Paradigma abhängt: Wenn eine existierende Theorie den Wissenschaftler nur in Bezug auf existierende Anwendungen bindet, dann kann es keine Ueberraschungen, Anomalien oder Krisen geben. Aber gerade diese sind die Wegweiser, die den Pfad zur außerordentlichen Wissenschaft zeigen. Wenn positivistische Einschränkungen des Bereichs der legitimen Anwendbarkeit einer Theorie wörtlich genommen werden, dann muß der Mechanismus, der einer fachwissenschaftlichen Gemeinschaft sagt, welche Probleme zu fundamentalen Veränderungen führen könnten, aufhören zu funktionieren. Und wenn das eintritt, wird die Gemeinschaft zwangsläufig in ein Stadium zurückkehren, welches der vorparadigmatischen Zeit (vgl. § II) sehr ähnlich ist und in welchem alle Mitglieder Wissenschaft praktizieren, aber der Effekt dessen, was sie hervorbringen, kaum etwas mit Wissenschaft zu tun hat. Ist es wirklich verwunderlich, daß der Preis für bedeutsamen wissenschaftlichen Fortschritt eine Bindung ist, die das Risiko eingeht, falsch zu sein?

These characteristic shifts in the scientific community's conception of its legitimate problems and standards would have less significance to this essay's thesis if one could suppose that they always occurred from some methodologically lower to some higher type. In that case their effects, too, would seem *cumulative.* No wonder that some historians have argued that the history of science records a continuing increase in the maturity and refinement of man's conception of the nature of science.[15] Yet the case for cumulative development of science's problems and standards is even harder to make than the case for cumulation of theories.

Diese charakteristischen Verlagerungen in der Auffassung der fachwissenschaftlichen Gemeinschaft von ihren gültigen Problemen und Normen wären für die Thesen dieses Essays weniger bedeutungsvoll, wenn man annehmen könnte, daß sie sich immer von einem methodologisch niedrigeren zu einem höheren Typ vollzögen. In diesem Falle würden die Auswirkungen dieser Verlagerungen wiederum als k u m u l a t i v erscheinen. Es ist daher nicht verwunderlich, daß einige Historiker behauptet haben, die Geschichte der Wissenschaft zeige eine fortlaufende Steigerung der Reife und Verfeinerung der menschlichen Auffassung vom Wesen der Wissenschaft. Doch ist es noch viel schwieriger, Argumente für eine kumulative Entwicklung der wissenschaftlichen Probleme und Normen vorzubringen, als für eine Kumulierung von Theorien.

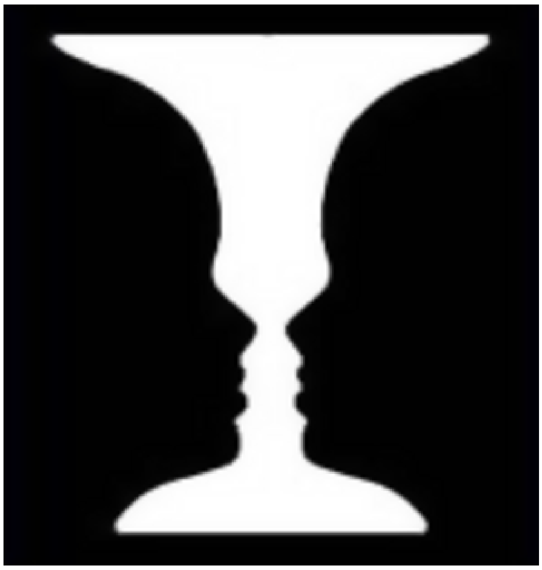
We have already noted that phlogiston explained why the metals were so much alike, and we could have developed a similar argument for the acids. Lavoisier's reform, however, ultimately did away with chemical "principles", and thus ended by depriving chemistry of some actual and much potential explanatory power. To compensate for this loss, a change in standards was required. During much of the 19th century, failure to explain the qualities of compounds was no indictment of a chemical theory.[16]

Wir haben schon gesehen, wie das Phlogiston erklärte, warum Metalle so viel gemeinsam hatten, und wir hätten auch für die Säuren eine entsprechende Herleitung finden können. Lavoisiers Reform jedoch schaffte schließlich diese chemischen Prinzipien ab und endete damit, die Chemie um einige tatsächliche und viele potentielle Erklärungsmöglichkeiten ärmer zu machen. Um diesen Verlust zu vertuschen, war eine Veränderung der Normen erforderlich: Während eines großen Teils des 19. Jahrhunderts galt das Unvermögen, die Eigenschaften von Verbindungen zu erklären, nicht als zulässiges Argument gegen eine chemische Theorie.

Let us, therefore, now take it for granted that the differences between successive paradigms are both necessary and irreconcilable.

Wir wollen deshalb als erwiesen annehmen, daß die Gegensätze zwischen aufeinanderfolgenden Paradigmas ebenso notwendig wie unversöhnbar sind.

Der Begriff der „Gestalt“



Von Nutzen für die Diskussion des Inhalts der folgenden Kapitel ist die Klarstellung des Begriffes der „Gestalt“, wie er in Psychologie, Philosophie, und in der Englischen Sprache verwendet wird. Wir zitieren zunächst aus *Webster's Third New International Dictionary* [Gove, 1993]:

gestalt:

1. *a structure or configuration of physical, biological, or psychological phenomena so integrated as to constitute a functional unit with properties not derivable from its parts in summation*
2. *the pattern or figure assumed by a gestalt structure or system*

Im Englischen bezeichnet also „gestalt“ die synergetischen Funktionen eines Phänomens sowie dessen aufgefasste Bedeutungsstrukturen und -konfigurationen, welche sich nicht aus der Gesamtheit der Einzelbestandteile des Phänomens ableiten lassen. Im Deutschen hingegen lässt sich der Sinn dieser Bezeichnung zwar aus Wendungen wie „Gestalt gewinnen“ direkt erfassen, doch spielt die spezielle Bedeutung des Wortes „Gestalt“, an der wir hier interessiert sind, im Deutschen nur eine untergeordnete Rolle.[17] Der Englische Begriff von „gestalt“ geht wohl auf Christian von Ehrenfels (1859–1932) zurück, der den Begriff der Gestalt mit seinem Aufsatz *Über Gestaltqualitäten* im Jahre 1890 in die Psychologie einführte, vgl. [Ehrenfels, 1890]. Danach ist *Gestaltqualität* eine Eigenschaft, die nur am Gesamtkomplex einer jeweiligen Gestalt und nicht an deren einzelnen Teilen erkannt werden kann (*Übersummativität*). Die sich aus diesen Überlegungen herleitende Richtung der *Gestalttheorie* oder *-psychologie* („Berliner Schule“) wurde von Max Wertheimer (1880–1943) Anfang der 1910er Jahre begründet und verlor durch die Zerstreuung der sie vertretenden fachwissenschaftlichen Gemeinschaft durch die Machtübernahme der Nationalsozialisten an Einfluss.

Die schwierigsten Veränderungen der Wahrnehmung sind solche, bei denen etwas positiv Erkanntes und Identifiziertes sich bei weiterer Betrachtung als hinderlich erweist und deshalb aus der Wahrnehmung entfernt werden muss. Zum Beispiel muss man bei den beiden obigen Doppelbildern[18] zunächst die eine Gestalt aus der individuëllen Wahrnehmung entfernen, bevor man die andere überhaupt wahrnehmen kann. Ein solcher *Gestaltwechsel*, also ein Wechsel von einer Gestaltwahrnehmung zur anderen, ist bereits dann schon schwierig, wenn diese Wahrnehmung der bewussten Interpretation unterliegt. Noch schwieriger ist ein Gestaltwechsel aber, wenn die Wahrnehmung durch einen der logischen, sprachlichen und symbolischen Interpretation entzogenen, unterbewussten Verarbeitungsvorgang stattfindet. Erst nachdem man gelernt hat, die Gestaltwahrnehmung bewusst zu steuern, kann man dann zwischen den Gestaltwahrnehmungen willkürlich wechseln. Die Effizienz von Gestaltwahrnehmungen scheint jedoch eng mit der Möglichkeit verbunden, diese unterbewusst durchführen zu können.

Der in der Wissenschaft am häufigsten auftretenden Fall eines kleinen Gestaltwechsels dürfte derjenige einer notwendigen Verfeinerung sein, welche darin besteht, dass man etwas als gleich Erkanntes als verschieden begreifen muss. Bereits bei einem so geringfügigen Gestaltwechsel müssen alle betroffenen bisherigen Erkenntnisse in Frage gestellt werden, weil man in der Regel nicht ausschließen kann, dass die auf der verfeinerten Stufe fehlerhafte Identifizierung für einige der bisherigen Schlussfolgerungen wesentlich war.

Bereits die Lösung von Standardübungen in den Ingenieurwissenschaften und der Mathematik verlangt von den Studenten oft einen Wechsel in der Gestaltwahrnehmung, nach welchem die Lösung dann meist sehr leicht fällt. Die Erfassung eines Paradigmas in den Naturwissenschaften ist in der Regel mit vielfältigen Gestaltwahrnehmungen verbunden. Ein Paradigmawechsel kann dann von einem Wissenschaftler nur vollzogen werden, indem er die damit verbundenen Gestaltwechsel vollzieht.

Im Allgemeinen bildet sich aus der Wahrnehmungsentwicklung des Wissenschaftlers oder Mathematikers eine verständnisvolle Sichtweise heraus, die den eigentlichen Kern seiner Qualifikation darstellt und die man als *Gestalt höherer Art* bezeichnen könnte, weil sie nicht aus ihren Bestandteilen erklärt werden kann und ihm meist – wohl auch aus Effizienzgründen – nicht bewusst ist. Die gemeinsame Erfassung dieser Gestalten höherer Art ist das Ziel normalwissenschaftlicher Ausbildung. Darüberhinaus besteht die individuelle Kostbarkeit eines jeden Wissenschaftlers, Ingenieurs oder Mathematikers in den speziell von ihm wahrgenommenen Gestalten, die über das Paradigma hinausgehen.

Im Gegensatz zu den obigen Doppelbildern können diese Gestalten höherer Art – aufgrund ihrer Wissensbasiertheit und Komplexität im tatsächlich Gegebenen – oft nur von Eingeweihten wahrgenommen werden. Wissenschaftlern muss man dies nicht erklären. Musikalischen Lesern hilft zum Verständnis von analogen Gestalten höherer Art in der Musik vielleicht folgendes Beispiel: Spielt man Beethovens Eroica wie heute allgemein üblich im halben Tempo und mit vielen nicht vorgeschriebenen Tempowechseln, so kommt etwas ganz Anderes dabei heraus, als wenn man sich an Beethovens eigene Metronomisierungen hält. Solange die Zeit, die für eine Melodie benötigt wird, den maximalen Wahrnehmungszeitraum des Menschen für Melodien nicht übersteigt, wird bei einer Symphonie von Mozart die Musik in der Regel dabei eben einfach nur im Tempo verändert, ohne dass etwas Wesentliches ausgelöscht wird. Bei Beethoven jedoch werden durch die Tempo-änderungen darüberhinaus für Beethovens Kompositionenen wesentliche Gestaltphänomene ausgewechselt. Diese Gestaltphänomene scheinen sich jedoch jeglicher effektiven Vermittelbarkeit zu entziehen:[19] Denn während René Leibowitz (1913–1972) sich dieser Gestalt höherer Art als eines wesentlichen Bestandteils von Beethovens Kompositionen stets bewusst war, hat der große Dirigent Wilhelm Furtwängler (1886–1954) sie ein Leben lang nicht erfassen können.

Unabhänig davon, ob man Gestaltphänomene höherer Art in der Wissenschaft oder der Musik erfassen kann, sei hier – bevor wir wieder zu Kuhns Text zurückkehren – noch einmal kurz das Wesentliche zusammengefasst:

Aus einem Paradigma ergibt sich eine professionelle Struktur in der sich die Wissenschaftler geistig bewegen. Diese Struktur ist ein typisches Gestaltphänomen, welches für die Kreativität der Wissenschaftler wesentlich ist. Bei einem Paradigmawechsel mögen die empirischen Daten im Wesentlichen unverändert bleiben, jedoch die Gestalt der Wissenschaft in den Augen der Wissenschaftler verändert sich wesentlich. Ein Paradigmawechsel verlangt von jedem Wissenschaftler, die mit diesem Wechsel verbundenen *Gestaltwechsel* zu vollziehen. Diese Gestaltwechsel sind nicht effektiv vermittelbar, gehören zu den schwierigsten kognitiven Schritten überhaupt und konnten deshalb hier auch nur ansatzweise erläutert werden.

X Revolutions as Changes of World View

Revolutionen als Wandlungen des Weltbildes

Kuhn geht hier am Beispiel von Daltons Proportionsgesetz auf die besondere Schwierigkeit des Paradigmawechsels aus der Sicht der Wissenschaftler ein. Die Entscheidung für ein neues Paradigma kann nicht auf Rationalität basiert sein, weil die Paradigmas inkommensurabel und sogar die wissenschaftlichen Fakten nicht objektiv sondern sekundär zum jeweiligen Paradigma sind.

Aus § XII:

The man who embraces a new paradigm at an early stage must often do so in defiance of the evidence provided by problem solving. He must, that is, have faith that the new paradigm will succeed with the many large problems that confront it, knowing only that the older paradigm has failed with a few. A decision of that kind can only be made on faith.

Derjenige, der ein neues Paradigma in einem frühen Stadium annimmt, muß das oft den durch Problemlösungen gelieferten Nachweisen zum Trotz tun. Das heißt, er muß den Glauben haben, daß das neue Paradigma mit den vielen großen Problemen, mit denen es konfrontiert ist, fertig werden kann; wobei er aber lediglich weiß, daß das alte Paradigma bei einigen wenigen Problemen versagt hat. Eine Entscheidung dieser Art kann nur auf Zuversicht beruhen.

Diese Zuversicht ist aber nicht blind, sondern beruht in der Regel auf einer Gestaltwahrnehmung des Wissenschaftlers höherer Art, wie sie im vorigen Kapitel darzustellen versucht worden ist.

Dalton und das Paradigma der konstanten Proportionen:

Das Gesetz der konstanten Proportionen einer chemischen Verbindung erscheint uns heute als eines der offensichtlichsten Grundgesetze der Chemie. Solange man jedoch nur zwischen physikalischer Mischung einerseits und chemischer Verbindung als Folge einer chemischen Reaktion andererseits unterschied, musste man den Vorgang einer Lösung, wie z. B. von Salz in Wasser, weil ja vereinzelt Temparaturveränderung auftreten und sich das schwerere Salz nicht am Boden absetzt, als chemische Reaktionen mit dem Ergebnis einer chemischen Verbindung ansehen. Sind aber Lösungen chemische Verbindungen, so kann man wegen ihrer kontinuierlich variablen Mischungsverhältnisse das Gesetz der konstanten Proportionen nicht finden. Erschwerend hinzu kamen ja auch noch diejenigen Substanzen, welche sich zu unterschiedlichen Verbindungen zusammenfügen wie Kohlenstoff und Sauerstoff zu Kohlendioxid und Kohlenmonoxid:

$$\begin{array}{rcccc} \mathrm{C} & + & \mathrm{O_2} & \Longrightarrow & \mathrm{CO_2} \\ 2\,\mathrm{C} & + & \mathrm{O_2} & \Longrightarrow & 2\,\mathrm{CO} \end{array}$$

For Dalton, any reaction in which the ingredients did not enter in fixed proportion was *ipso facto* not a purely chemical process.

Für John Dalton (1766–1844) war jede Reaktion, bei der die Bestandteile nicht in konstanten Proportionen auftraten, *ipso facto* kein rein chemischer Prozeß.

But to most chemists Dalton's new paradigm proved convincing where Proust's had not been, for it had implications far wider and more important than a new criterion for distinguishing a mixture from a compound. If, for example, atoms could combine chemically only in simple whole-number ratios, then a re-examination of existing chemical data should disclose examples of multiple as well as of fixed proportions. Chemists stopped writing that the two oxides of, say, carbon contained 56% and 72% of oxygen by weight; instead they wrote that one weight of carbon would combine either with 1.3 or 2.6 weights of oxygen. When the results of old manipulations were recorded this way, a 2 : 1 ratio leaped to the eye; and this occurred in the analysis of many well-known reactions and of new ones besides.

Für die meisten Chemiker aber erwies sich Daltons neues Paradigma als überzeugend, wo das von Proust es nicht gewesen war; denn es hatte Implikationen, die viel umfassender und wichtiger waren als ein neues Kriterium für die Unterscheidung zwischen Mischung und Verbindung. Wenn sich etwa Atome chemisch nur in einfachen ganzzahligen Verhältnissen verbinden konnten, dann mußte eine Neubetrachtung vorhandener chemischer Daten Beispiele für multiple wie auch für konstante Proportionen enthüllen. Die Chemiker schrieben nicht mehr, daß die beiden Oxide von Kohlenstoff 56 und 72 Gewichtsprozent Sauerstoff enthielten; dafür schrieben sie vielmehr, daß sich ein Gewichtsanteil Kohlenstoff mit $\frac{56}{44} \approx 1{,}3$ oder $\frac{72}{28} \approx 2{,}6$ Gewichtsanteilen Sauerstoff verbindet. Als man die Ergebnisse früherer Experimente auf diese Weise niederschrieb, sprang sofort ein Verhältnis von 1 : 2 ins Auge; und das geschah bei der Analyse sowohl vieler wohlbekannter Reaktionen, als auch bei neuartigen.

As all this went on, one other typical and very important change occurred. Here and there the very numerical data of chemistry began to shift.

Während all dies geschah, trat noch eine weitere typische und sehr wichtige Veränderung ein. Hie und da begannen sogar die numerischen Daten der Chemie sich zu verändern!

Dies lässt sich dadurch erklären, dass Messreihen, die vorher als „fehlerbelastet" ausgesondert wurden, nunmehr als richtig akzeptiert werden, und die vorher akzeptierten nunmehr als fehlerhaft gelten. Diese Manipulation von Messergebnissen durch Auswahl wurde schon von Charles Babbage (1792–1871) in [Babbage, 1830] als *Cooking* bezeichnet.[20]

Chemists could not, therefore, simply accept Dalton's theory on the evidence, for much of that was still negative. Instead, even after accepting the theory, they had still to beat nature into line; a process which, in the event, took almost another generation. When it was done, even the percentage composition of well-known compounds was different. The data themselves had changed. That is the last of the senses in which we may want to say that after a revolution scientists work in a different world.

Die Chemiker konnten darum nicht einfach Daltons Theorie aufgrund der Daten annehmen, denn zu viele waren noch negativ. Vielmehr mußten sie sogar noch nach der Annahme der Theorie die Natur „zurechtbiegen"; ein Prozeß, der fast noch eine weitere Generation in Anspruch nahm. Als er abgeschlossen war, hatte sich sogar die prozentuale Zusammensetzung wohlbekannter Verbindungen geändert. Die Daten selbst waren andere geworden! Das ist der letzte der Gesichtspunkte, unter denen wir sagen mögen, daß die Wissenschaftler nach einer Revolution in einer anderen Welt leben.

XI The Invisibility of Revolutions

Die Unsichtbarkeit der Revolutionen

Kuhn erläutert hier die in der Wissenschaftsvermittlung übliche Legendenbildung und Geschichtsverfälschung, welche Paradigmawechsel totschweigt und aufeinanderfolgende Paradigmas trotz ihrer Inkommensurabilität als kumulativ erscheinen lässt.

Characteristically, textbooks of science contain just a bit of history, either in an introductory chapter or, more often, in scattered references to the great heroes of an earlier age. From such references both students and professionals come to feel like participants in a long-standing historical tradition. Yet the textbook-derived tradition in which scientists come to sense their participation is one that, in fact, never existed. For reasons that are both obvious and highly functional, science textbooks (and too many of the older histories of science) refer only to that part of the work of past scientists that can easily be viewed as contribution to the statement and solution of the texts' paradigm problems. Partly by selection and partly by distortion, the scientists of earlier ages are implicitly represented as having worked upon the same set of fixed problems and in accordance with the same set of fixed canons that the most recent revolution in scientific theory and method has made seem scientific. No wonder that textbooks and the historical tradition they imply have to be rewritten after each scientific revolution. And no wonder that, as they *are* rewritten, science once again becomes to seem largely cumulative.

Charakteristischerweise enthalten wissenschaftliche Lehrbücher nur wenig Geschichtliches, und zwar entweder in einem einführenden Kapitel oder häufiger in gelegentlichen Hinweisen auf die großen Helden des früheren Zeitalters. Durch solche Hinweise erhalten Studierende und Fachleute das Gefühl, sie nähmen Teil an einer beständigen historischen Tradition. Und doch hat die vom Lehrbuch suggerierte Tradition, an der die Wissenschaftler teilzunehmen glauben, tatsächlich niemals existiert. Aus Gründen, die sowohl offensichtlich wie auch höchst zweckgerichtet sind, beziehen sich wissenschaftliche Lehrbücher (und viel zu viele der älteren wissenschaftsgeschichtlichen Darstellungen) nur auf denjenigen Teil der Arbeit früherer Wissenschaftler, der leicht als Beitrag zur Darstellung und Lösung der Paradigmaprobleme des Lehrbuches angesehen werden kann. Teils durch Auslese und teils durch Verzerrung werden die Wissenschaftler früherer Zeitalter ausschließlich so dargestellt, als hätten sie an der gleichen Reihe fixierter Probleme und in Uebereinstimmung mit der gleichen Reihe fixierter Kanons gearbeitet, welchen die letzte Revolution in der wissenschaftlichen Theorie und Methode den Stempel der Wissenschaftlichkeit aufgeprägt hat. Es ist also nicht verwunderlich, daß die Lehrbücher und die von ihnen unterstellte geschichtliche Tradition nach jeder Revolution neu geschrieben werden müssen. Und da sie tatsächlich neu geschrieben werden, ist es auch nicht verwunderlich, daß die Wissenschaft dann wiederum als weitgehend kumulativ erscheint.

Fortunately, instead of forgetting these heroes, scientists have been able to forget or revise their works.

The result is a persistent tendency to make the history of science look linear or cumulative, a tendency that even affects scientists looking back at their own research.

Glücklicherweise konnten aber die Wissenschaftler, anstatt ihre Helden zu vergessen, deren Arbeiten vergessen oder revidieren.

Das Ergebnis ist eine beständige Neigung, die Geschichte der Wissenschaft linear oder kumulativ erscheinen zu lassen; eine Neigung, welche die Wissenschaftler sogar dann beeinflusst, wenn sie auf ihre eigene Forschungsarbeit zurückblicken.

Because they aim quickly to acquaint the student with what the contemporary scientific community thinks it knows, textbooks treat the various experiments, concepts, laws, and theories of the current normal science as separately and as nearly seriatim as possible. As pedagogy this technique of presentation is unexceptionable. But when combined with the generally unhistorical air of science writing and with the occasional systematic misconstructions discussed above, one strong impression is overwhelmingly likely to follow: science has reached its present state by a series of individual discoveries and inventions that, when gathered together, constitute the modern body of technical knowledge. From the beginning of the scientific enterprise, a textbook presentation implies, scientists have striven for the particlar objectives that are embodied in today's paradigms. One by one, in a process often compared to the addition of bricks to a building, scientists have added another fact, concept, law, or theory to the body of information supplied in the contemporary science text.

Da die Lehrbücher darauf abzielen, den Studierenden schnell mit dem vertraut zu machen, was die fachwissenschaftliche Gemeinschaft zu wissen glaubt, behandeln sie die verschiedenen Experimente, Begriffe, Gesetze und Theorien der geltenden normalen Wissenschaft so getrennt und so unabhängig wie möglich. Pädagogisch ist diese Technik der Darstellung unanfechtbar. Wenn sie aber mit dem im Allgemeinen ungeschichtlichen Stil des wissenschaftlichen Schreibens und den gelegentlichen systematischen Mißdeutungen, von denen hier die Rede war, verbunden wird, ergibt sich leicht folgender überwältigend starker Eindruck: Die Wissenschaft habe ihren gegenwärtigen Stand durch eine Reihe von Einzelentdeckungen und Einzelerfindungen erreicht, die zusammengenommen den modernen Bestand des positiven Wissens ausmachen. Das Lehrbuch stellt es so dar, als ob sich die Wissenschaftler seit Beginn des wissenschaftlichen Unternehmens um genau die Ziele bemüht haben, die in dem aktuellen Paradigma verkörpert werden. Zug um Zug haben die Wissenschaftler in einem Prozeß, der oft mit dem Aufeinanderfügen von Ziegelsteinen bei einem Bau verglichen wird, ein neues Faktum, einen Begriff, ein Gesetz oder eine Theorie dem Bestand von Informationen, den die jeweiligen wissenschaftlichen Lehrbücher liefern, hinzugefügt.

XII The Resolutions of Revolutions

Die Lösung der Revolutionen

Kuhn beschreibt hier die sozialen Vorgänge, die zur Beendigung der Revolutionen führen.

This is not to suggest that new paradigms triumph ultimately through some mystical esthetic. On the contrary, very few men desert a tradition for these reasons alone. Often those who do, turn out to have been misled. But if a paradigm is ever to triumph it must gain some first supporters, men who will develop it to the point where hardheaded arguments can be produced and multiplied. And even those arguments, when they come, are not individually decisive. Because scientists are reasonable men, one or another argument will ultimately persuade many of them. But there is no single argument that can or should persuade them all. Rather than a single group conversion, what occurs is an increasing shift in the distribution of professional allegiances.

At the start a new candidate for paradigm may have few supporters, and on occasions the supporters' motives may be suspect. Nevertheless, if they are competent, they will improve it, explore its possibilities, and show what it would be like to belong to the community guided by it. And as that goes on, if the paradigm is one destined to win its fight, the number and strength of the persuasive arguments in its favor will increase. More scientists will then be converted, and the exploration of the new paradigm will go on. Gradually the number of experiments, instruments, articles, and books based upon the paradigm will multiply. Still more men, convinced of the new view's fruitfulness, will adopt the new mode of practicing normal science, until at last only a few elderly hold-outs remain. And even they, we cannot say, are wrong. Though the historian can always find men—Priestley for instance—who were unreasonable to resist for as long as they did, he will not find a point at which resistance becomes illogical or unscientific. At most he may wish to say that the man who continues to resist after his whole profession has been converted has *ipso facto* ceased to be a scientist.

Damit soll nicht gesagt werden, daß ein neues Paradigma letztlich durch irgendeine mystische Aesthetik triumphiert. Im Gegenteil, sehr wenige verlassen eine Tradition nur aus diesem Grunde. Und oft zeigt es sich, daß derjenige, der es tut, auf dem Holzweg ist. Wenn aber ein Paradigma jemals siegen soll, muß es einige erste Befürworter gewinnen; Menschen, die es so weit entwickeln, daß harte Argumente angeführt und angehäuft werden können. Und selbst diese Argumente sind – wenn sie sich überhaupt einstellen – je für sich nicht entscheidend. Da Wissenschaftler relativ verständige Menschen sind, wird letztlich dieses oder jenes Argument viele von ihnen überzeugen. Es gibt aber kein einziges Argument, das alle überzeugen könnte oder müßte. Was geschieht, ist nicht die Bekehrung einer ganzen Gruppe, sondern eine zunehmende Verlagerung der fachwissenschaftlichen Bindungen.

Zu Beginn hat ein neuer Paradigma-Kandidat vielleicht nur wenige Befürworter, und gelegentlich mögen ihre Motive fragwürdig sein. Trotzdem werden sie – falls sie kompetent sind – diesen Paradigma-Kandidaten verbessern, seine Möglichkeiten erforschen und zeigen, was es hieße, zu der von ihm geleiteten Gemeinschaft zu gehören. Und dabei wird – falls das Paradigma dazu bestimmt ist, seinen Kampf zu gewinnen – die Zahl und Stärke der überzeugenden Argumente zu seinen Gunsten wachsen. Mehr und mehr Wissenschaftler werden dann bekehrt werden, und die Erforschung des neuen Paradigmas wird fortschreiten. Allmählich wird die Zahl der auf dem Paradigma fußenden Experimente, Instrumente, Zeitschriftenartikel und Bücher wachsen. Ueberzeugt von der Fruchtbarkeit der neuen Anschauung, werden immer mehr die neue Art der Ausübung normaler Wissenschaft annehmen, bis schließlich nur einige ältere Starrköpfe übrig bleiben. Und nicht einmal von diesen läßt sich sagen, daß sie im Unrecht seien. Obwohl der Historiker immer Menschen finden kann (wie z. B. Priestley), die unvernünftig genug waren, übermäßig lange Widerstand zu leisten, wird er doch keinen Punkt finden, an welchem der Widerstand unlogisch oder unwissenschaftlich wird. Er mag sich höchstens versucht fühlen zu sagen, daß derjenige, der auch dann noch Widerstand leistet, wenn die übrige fachwissenschaftliche Gemeinschaft schon konvertiert ist, *ipso facto* aufgehört habe, ein Wissenschaftler zu sein.

Max Planck, surveying his own career in his *Scientific Autobiography*, sadly remarked that "a new scientific truth does not triumph by convincing its opponents making them see the light, but rather because its opponents eventually die, and a new generation grows up that is familiar with it."[21]

Max Planck (1858–1947) machte beim Rückblick auf seine Laufbahn in seinem Büchlein „Wissenschaftliche Selbstbiographie" die folgende Bemerkung:

> „Eine neue wissenschaftliche Wahrheit pflegt sich nicht in der Weise durchzusetzen, daß ihre Gegner überzeugt werden und sich als belehrt erklären, sondern viel mehr dadurch, daß die Gegner allmählich aussterben und daß die heranwachsende Generation von vornherein mit der Wahrheit vertraut gemacht ist."
>
> [Planck, 1948, p. 22]

Man beachte, dass Planck hier problematischerweise von „Wahrheit" spricht. Aber damals war Kuhns Werk ja noch nicht erschienen und der Terminus „Paradigma" noch nicht geprägt. Aus der Bezeichnung „neue ... Wahrheit" lässt sich aber vielleicht entnehmen, dass Planck unter „Wahrheit" nichts Eindeutiges und Ewiges, sondern wohl schon so etwas wie ein Paradigma verstanden haben mag.

XIII Progress through Revolutions

Fortschritt durch Revolutionen

Kuhn vergleicht hier die sehr spezielle Ausbildung von Wissenschaftlern mit derjenigen von Künstlern und Geistes- und Sozialwissenschaftschaftlern und stellt fest, dass der sogenannte wissenschaftliche Fortschritt sich zum Teil zwangsläufig durch eine spezielle Perspektive der fachwissenschaftlichen Gemeinschaften auf die Wechsel von alleinherrschenden Paradigmas ergibt. Die für eine etwaige Konvergenz wissenschaftlicher Theorien wohl vorauszusetzende Existenz einer intersubjektiven Wahrheit oder absoluten Realität beschreibt Kuhn als irrelevant für die Wissenschaftsentwicklung und für den Fortschritt durch die Evolution der Wissenschaft. Die darüberhinausgehende Darstellung von wissenschaftssoziologischen Prozessen bleibt bei Kuhn fragmentarisch.

Why should the enterprise sketched above move steadily ahead in ways that, say, art, political theory, or philosophy does not? Why is progress a perquisite reserved almost exclusively for the activities we call science?

Warum kann das oben umrissene Unternehmen der Wissenschaft in einer Art und Weise beständig voranschreiten, wie es beispielsweise die Kunst, die politische Theorie und die Philosophie nicht tun? Warum ist der Fortschritt ein fast ausschließliches Vorrecht jener Tätigkeiten, die wir Wissenschaft nennen?

In music, the graphic arts, and literature, the practitioner gains his education by exposure to the works of other artists, principally earlier artists. Textbooks, except compendia of or handbooks to original creations, have only a secondary rôle. In history, philosophy, and the social sciences, textbook literature has a greater significance. But even in these fields the elementary college course employs parallel readings in original sources, some of them “classics” of the field, others the contemporary research reports that practitioners write for each other. As a result, the student in any one of these disciplines is constantly made aware of the immense variety of problems that the members of his future group have, in the course of time, attempted to solve. Even more important, he has constantly before him a number of competing and incommensurable solutions to these problems, solutions that he must ultimately evaluate for himself.

Contrast this situation with that in at least the contemporary natural sciences. In these fields the student relies mainly on textbooks until, in his third or fourth year of graduate work, he begins his own research. Many science curricula do not ask even graduate students to read in works not written specially for students. The few that do assign supplementary reading in research papers and monographs, restrict such assignments to the most advanced courses and to materials that take up more or less where the available texts leave off. Until the very last stages in the education of a scientist, textbooks are systematically substituted for the creative scientific literature that made them possible. Given the confidence in their paradigms, which makes this educational technique possible, few scientists would wish to change it. Why, after all, should the student of physics, for example, read the works of Newton, Faraday, Einstein, or Schrödinger, when everything he needs to know about these works is recapitulated in a far briefer, more precise, and more systematic form in a number of up-to-date textbooks?

Without wishing to defend the excessive lengths to which this type of education has occasionally been carried, one cannot help but notice that in general it has been immensely effective. Of course, it is a narrow and rigid education, probably more so than any other except perhaps in orthodox theology. But for normal-scientific work, for puzzle solving within the tradition that textbooks define, the scientist is almost perfectly equipped.

In der Musik, der bildenden Kunst und der Literatur erhält der Anfänger seine Ausbildung durch die Begegnung mit Werken anderer Künstler, vor allem aus früherer Zeit. Lehrbücher jedoch spielen hier nur eine untergeordnete Rolle; mit Ausnahme von Kompendien und Handbüchern über Originalwerke. In der Geschichtswissenschaft, der Philosophie und den Sozialwissenschaften ist die Lehrbuchliteratur von größerer Bedeutung; aber selbst auf diesen Gebieten laufen neben der Einführungsvorlesung Uebungen über Quellentexte einher, teils „Klassiker“ des Fachgebietes, teils zeitgenössische Forschungsberichte, welche die Fachleute füreinander schreiben. Daraus ergibt sich, daß der Studierende jeder dieser Disziplinen ständig mit der immensen Vielfalt von Problemen vertraut gemacht wird, welche die Mitglieder seiner zukünftigen Gruppe im Laufe der Zeit zu lösen versucht haben. Noch wichtiger ist, daß er ständig eine Anzahl von konkurrierenden und inkommensurablen Lösungen dieser Probleme vor Augen hat; Lösungen, die letztlich er selbst bewerten muß.

Stellen wir diese Situation jener gegenüber, die jedenfalls heute bei den Naturwissenschaften vorherrscht. Auf diesen Fachgebieten verläßt sich der Studierende hauptsächlich auf Lehrbücher; bis er (im dritten oder vierten Jahr seines Fortgeschrittenenstudiums) mit eigenen Forschungen beginnt. Viele naturwissenschaftliche Lehrpläne verlangen noch nicht einmal von Fortgeschrittenen, daß sie in Werken lesen, die nicht ausdrücklich für Studenten geschrieben worden sind. Und die wenigen Lehrpläne, die zusätzlich die Lektüre von Forschungsberichten und Monographien vorsehen, beschränken diese Studien auf die am weitesten fortgeschrittenen Semester und auf Material, das mehr oder weniger dort fortfährt, wo die verfügbaren Lehrbücher ohnehin enden. Bis auf das allerletzte Stadium in der Ausbildung eines Naturwissenschaftlers treten Lehrbücher systematisch an die Stelle der originalen kreativen wissenschaftlichen Werke, durch welche diese Lehrbücher erst ermöglicht worden sind. Aufgrund des Vertrauens der Wissenschaftler in das dieses Ausbildungsverfahren ermöglichende Paradigma wünschen nur wenige eine Aenderung dieses Verfahrens. Warum sollte auch der Student der Physik beispielsweise die Werke von Newton, Faraday, Einstein oder Schrödinger lesen, wenn alles, was er über diese Arbeiten wissen muß, in weit kürzerer, genauerer und systematischerer Form in einer Anzahl moderner Lehrbücher rekapituliert wird?

Ohne das Uebermaß verteidigen zu wollen, zu dem diese Art der Ausbildung gelegentlich ausgeweitet wird, muß man doch feststellen, daß sie im Allgemeinen sehr wirksam ist. Es ist gewiß eine enge und starre Ausbildung; wahrscheinlich mehr als jede andere, ausgenommen vielleicht die in der orthodoxen Theologie. Aber für normalwissenschaftliche Arbeit, also für das Rätsellösen innerhalb der durch die Lehrbücher definierten Tradition, wird der Wissenschaftler durch diese Ausbildung fast perfekt ausgerüstet.

Why should progress also be the apparently universal concomitant of scientific revolutions? Once again, there is much to be learned by asking what else the result of a revolution could be. Revolutions close with a total victory for one of the two opposing camps. Will that group ever say that the result of its victory has been something else than progress? That would be rather like admitting that they had been wrong and their opponents right. To them, at least, the outcome of revolution must be progress, and they are in an excellent position to make certain that future members of their community will see past history in the same way.

Warum sollte Fortschritt auch die anscheinend universelle Begleiterscheinung wissenschaftlicher Revolutionen sein? Wiederum kommt man weiter, wenn man fragt, was das Ergebnis einer Revolution denn sonst sein solle. Wissenschaftliche Revolutionen enden mit einem vollkommenen Sieg eines der beiden gegnerischen Lager. Würde diese Gruppe jemals sagen, daß das Ergebnis ihres Sieges etwa kein Fortschritt sei? Das käme ja fast einem Zugeständnis gleich, daß sie Unrecht und ihre Gegner Recht gehabt hätten! Für sie zumindest muß der Ausgang der Revolution ein Fortschritt sein; und die siegreiche Gruppe befindet sich in einer Position, die es in ausgezeichneter Weise erlaubt, sicherzustellen, daß zukünftige Mitglieder der fachwissenschaftlichen Gemeinschaft die vergangene Geschichte in der gleichen Weise wie sie einschätzen werden. (*Vae victis!*)

Perhaps they indicate that scientific progress is not quite what we had taken it to be. But they simultaneously show that a sort of progress will inevitably characterize the scientific enterprise so long as such an enterprise survives. In the sciences there need not be progress of another sort. We may, to be more precise, have to relinquish the notion, explicit or implicit, that changes of paradigm carry scientists and those who learn from them closer to the truth.

It is now time to notice that until the last very few pages the term "truth" had entered this essay only in a quotation from Francis Bacon. And even in those pages it entered only as a source for the scientist's conviction that incompatible rules for doing science cannot coexist except during revolutions when the profession's main task is to eliminate all sets but one. The developmental process described in this essay has been a process of evolution *from* primitive beginnings—a process whose successive stages are characterized by an increasingly detailed and refined understanding of nature. But nothing that has been or will be said makes it a process of evolution *toward* anything.

Vielleicht entspricht der wissenschaftliche Fortschritt nicht ganz dem, wofür er oft gehalten wird. Eine gewisse Art von Fortschritt wird das wissenschaftliche Unternehmen zwangsläufig charakterisieren, solange ein solches Unternehmen existiert. In den Wissenschaften braucht es gar keine andere Art des Fortschrittes als den innerhalb der fachwissenschaftlichen Gemeinschaft als solchen betrachteten. Um es genauer zu sagen: Wir müssen vielleicht die (explizite oder implizite) Vorstellung aufgeben, daß der Wechsel eines Paradigmas die Wissenschaftler und die von ihnen Lernenden näher und näher an die Wahrheit heranführt.

Es ist jetzt an der Zeit festzustellen, daß bis auf die letzten wenigen Seiten der Ausdruck „Wahrheit" nur in einem Zitat von Francis Bacon in diesen Essay Eingang gefunden hat.[22] Und selbst auf diesen Seiten taucht er nur als Quelle für die Ueberzeugung des Wissenschaftlers auf, daß unvereinbare Regeln für die Ausübung einer Wissenschaft nicht koexistieren können, es sei denn in Zeiten der Revolutionen, wenn es die Hauptaufgabe einer Fachwissenschaft ist, alle Regelsysteme bis auf eines auszuschalten. Der in diesem Essay beschriebene Entwicklungsprozeß geht von primitiven Anfängen a u s — ein Prozeß, dessen aufeinander folgende Stadien durch ein zunehmend detailliertes und verfeinertes Verstehen der Natur charakterisiert ist. Aber nichts von dem, was gesagt worden ist oder noch zu sagen wäre, macht ihn zu einem Prozeß der Entwicklung auf etwas h i n.

Does it really help to imagine that there is some one full, objective, true account of nature and that the proper measure of scientific achievement is the extent to which it brings us closer to the ultimate goal?

Ist es wirklich eine Hilfe, sich vorzustellen, daß es eine vollständige objektive richtige Erklärung der Natur gebe und daß das richtige Maß einer wissenschaftlichen Leistung der Grad sei, in dem sie uns diesem endgültigen Ziel näherbringe?

Postscript — 1969

Postskriptum – 1969

In diesem Postskriptum versucht Kuhn Schwächen der Methodik und Darstellung zu entschuldigen, Verbesserungsansätze aufzuzeigen sowie Missverständnisse auszuräumen.

Schlussbemerkungen

Mit Ausnahme der in Note 3 erwähnten Kommentare mit sehr kurzen, ausschließlich Englischen Zitaten dürfte unser Text die einzige Zitatensammlung zu Kuhns Essay enthalten.

Wir hoffen, hiermit erstmals die unverfälschte und im Wesentlichen vollständige Essenz von Kuhns Essay in leicht verständlicher und effizient zugänglicher Form vorzulegen.

In jedem Falle ist unser Text für die Heranführung von Ingenieuren, Naturwissenschaftlern oder interessierten Laien an das Thema besonders geeignet. Eine vorige Version dieses Textes hat sich beim Studium der Deutschen Ausgabe von Kuhns Essay im Rahmen eines philosophischen Diskussionskreises, welcher zum Teil aus wissenschaftlichen Laien bestanden hat, als sehr hilfreich erwiesen, vgl. Note 2.

Wir hoffen, mit unserem Text einen Beitrag zur Verbreitung von Kuhns Thesen und vielleicht auch dem Original von Kuhns Essay bei der methodologischen Erziehung von Wissenschaftlern leisten zu können.

Danksagung

Ich bedanke mich bei Paolo Bussotti und Marvin Schiller für ihre sehr nützlichen Korrektur- und Verbesserungsvorschläge zu einer früheren Version dieses Textes.

Noten

Note 1 Ein Beispiel für einen hervorragenden Anleitungstext für das wissenschaftliche Arbeiten von Studenten der Informatik, welcher aber noch ganz dem Kritischen Rationalismus verbunden bleibt, ist [Bundy, 2006].

Note 2 Reihe von fünf öffentlichen Diskussionen, Gesprächskreis Philosophie, Kulturhaus Kreml, Zollhaus (Nassau, Germany), Herbst 2006.

Note 3 Nach Einreichung dieses Textes haben sich dann in Englischer Sprache zu Kuhns Essay doch noch eine Sammlung von Kurzkurzzitaten mit sehr kritischer Kommentierung [Forster, 1998] und eine umfangreiche stichpunktartige Themensammlung mit Kurzzitaten und weiterführenden Anregungen [Pajares, 2007] gefunden. Beide Texte sind aber für die Heranführung von Ingenieuren, Naturwissenschaftlern oder besonders interessierten Laien an das Thema weniger geeignet.

Note 4 [Barber, 1961].

Note 5 *Das Englische Original hat hier in der Tat den Singular "fact" anstatt des zu erwartenden "facts".*

Note 6 The frustrations induced by the conflict between the individual's rôle and the over-all pattern of scientific development can, however, occasionally be quite serious. On this subject, see [Kubie, 1953; 1954].

Note 7 Michael Polanyi has brilliantly developed a very similar theme, arguing that much of the scientist's success depends upon "tacit knowledge", i.e., upon knowledge that is acquired through practice and that cannot be articulated explicitly. See his [Polanyi, 1958], particularly Chapters V and VI.

Note 8 [Conant, 1950], and [Partington, 1951, pp. 85–88]. The fullest and most sympathetic account of the phlogiston theory's achievements is [Metzger, 1930, Part II].

Note 9 [Thompson, 1910, II, 1125].

Note 10

> "The task of the scientist, however, is no longer 'to search for the truth', or 'to praise god', or 'to systematize observations', or 'to improve predictions'. These are but side effects of an activity to which his attention is now mainly directed and which is '*to make the weaker case the stronger*' as the sophists said, *and therby to sustain the motion of the whole*." [Feyerabend, 1975, p. 30]

Note 11 [Dreyer, 1953, §§ XI–XII].

Note 12 For the philosophical counterpoint that accompanied 17th century mechanics, see [Dugas, 1954], particularly Chapter XI. For the similar 19th century episode, see the same author's earlier book, [Dugas, 1950, pp. 419–443].

Note 13 [Kuhn, 1963].

Note 14 See, for example, the remarks in [Wiener, 1958, p. 298].

Note 15 For a brilliant and entirely up-to-date attempt to fit scientific development into this Procrustean bed, see [Gillispie, 1960].

Note 16 [Meyerson, 1930, § X].

Note 17 Vgl. [Grimm and Grimm, 1854ff.]: Erst unter (3d) findet sich etwas dem Englischen Gestaltbegriff annähernd entsprechendes:

(3) die art, wie sich etwas in festen umrissen, mit unterscheidenden merkmalen darstellt

  (d) abstract, form: ... „... dasz aller lebendigen und wachsenden dinge erste materie und gestalt (*anlage*) in ihrem samen würklich vorhanden und darinnen verborgen sei.“ ...

Note 18 Das linke Bild stammt aus [Hill, 1915]. Es geht wohl auf ein internationales Postkartenmotiv zurück: `http://www.psychologie.tu-dresden.de/i1/kaw/diverses%20Material/www.illusionworks.com/html/perceptual_ambiguity.html (2006, Dec. 22)`. Das rechte Bild ist aus einer mir leider nicht mehr rekonstruierbaren WWW-Quelle, aber von der Idee her analog zu einem Bild aus [Rubin, 1915].

Note 19 Michaël Gielen hat die Vermittelung dieser Gestalt höherer Art in einer Fernsehsendung des Hessischen Rundfunks mit dem Titel „Beethoven und das Metronom“ (?) sehr effektiv gestaltet; wenn auch seine abschließende Interpretation der Eroica weit hinter der berühmten Londoner Einspielung von René Leibowitz zurückbleibt. Für weiterführende Hinweise vgl. `http://www.beckmesser.de/interpreten/gielen.html (2006, Nov. 27)`.

Note 20 Cooking stellt die leichteste und häufigstige der drei Hauptbetrugsformen der Naturwissenschaften dar:

Cooking (Fake, Schummeln):
: Verborgene Auswahl ohne eigenständige Begründung (wie z. B. verbesserter Versuchsaufbau).

Trimming (Fudge, Datenmassage):
: Manipulation von Daten durch ungerechtfertigte Korrekturfaktoren (wie z. B. Newtons *fudge factor*).

Forgery (Fraud, Betrug):
: Erfindung von Daten und Ergebnissen.

Ein Standardwerk zum Betrug in der Wissenschaft ist [Kohn, 1986]. Während [DiTrochio, 1995] und [Zankl, 2003] weitere interessante Informationen zum Thema bieten, fehlt es [DiTrochio, 1995] etwas am wissenschaftlichen Verständnis und [Zankl, 2003] am historischen und kritischen Denken.

Note 21 [Planck, 1949, pp. 33–34].

Note 22 *Diese Behauptung Kuhns ist leider falsch. Auch im Zitat Plancks in § XII kommt das Wort „Wahrheit“ vor.*

Literatur

[Babbage, 1830] Charles Babbage. *Reflections on the Decline of Science in England and on some of its Causes.* B. Fellowes, London, 1830. Reprinted by Irish University Press, 1972, and Kessinger Publishing, 2004.

[Barber, 1961] Bernard Barber. Resistance by scientists to scientific discovery. *Science*, CXXXIV:596–602, 1961.

[Brockhaus, 1996ff.] F. A. Brockhaus. *Brockhaus – Die Enzyklopädie: in 24 Bänden.* Leipzig, Mannheim, 1996ff.. 20. rev. Auflage.

[Bundy, 2006] Alan Bundy. How to write an informatics paper. `http://homepages.inf.ed.ac.uk/bundy/how-tos/writingGuide.html (2006, Nov. 24)`, 2006.

[Conant, 1950] James B. Conant. *Overthrow of the Phlogiston Theory.* Cambridge, 1950.

[DiTrochio, 1995] Frederico DiTrochio. *Der große Schwindel: Betrug und Fälschung in der Wissenschaft.* Campus Verlag, Frankfurt am Main, 1995.

[Dreyer, 1953] J. L. E. Dreyer. *A History of Astronomy from Thales to Kepler.* New York, 1953. 2nd ed..

[Dugas, 1950] René Dugas. *Histoire de la mécanique.* Neuchatel, 1950.

[Dugas, 1954] René Dugas. *La mécanique au XVII^{e} siècle.* Neuchatel, 1954.

[Ehrenfels, 1890] Christian von Ehrenfels. Über Gestaltqualitäten. *Vierteljahrsschrift für wissenschaftliche Philosophie*, 14:249–292, 1890. `http://scriptorium.hfg-karlsruhe.de/ehrenfels.html (2006, Nov. 21)`.

[Feyerabend, 1975] Paul Feyerabend. *Against Method.* New Left Books, London, 1975.

[Forster, 1998] Malcom R. Forster. Guide to Thomas Kuhn's "The Structure of Scientific Revolutions". `http://philosophy.wisc.edu/forster/220/kuhn.htm (2007, Jan. 4)`, 1998.

[Friedman, 2003] Michael Friedman. Kuhn and logical empirism. 2003. In [Nickles, 2003, pp. 19–44].

[Gillispie, 1960] C. C. Gillispie. *The Edge of Objectivity: An Essay in the History of Scientific Ideas.* Princeton (NJ), 1960.

[Gove, 1993] Philipp Babcock Gove, editor. *Webster's Third New International Dictionary.* Merriam-Webster, Springfield (MA), 1993. Principal copyright 1961.

[Grimm and Grimm, 1854ff.] Jacob Grimm and Wilhelm Grimm. *Deutsches Wörterbuch.* Verlag von S. Hirzel, Leipzig, 1854ff..

[Hill, 1915] W. E. Hill. My wife and my mother-in-law. *Puck*, 11 (Nov. 16), 1915.

[Kant, 1781] Immanuël Kant. *Critik der reinen Vernunft.* Johann Friedrich Hartknoch, Riga, 1781. 1st ed..

[Kant, 1787] Immanuël Kant. *Critik der reinen Vernunft.* Johann Friedrich Hartknoch, Riga, 1787. 2nd rev. ed. of [Kant, 1781].

[Kohn, 1986] Alexander Kohn. *False Prophets: Fraud and Error in Science and Medicine.* Basil Blackwell, Oxford, New York, 1986.

[Kubie, 1953] Lawrences S. Kubie. Some unsolved problems of the scientific career, part i. *American Scientist*, XLI:596–613, 1953.

[Kubie, 1954] Lawrences S. Kubie. Some unsolved problems of the scientific career, part ii. *American Scientist*, XLII:104–112, 1954.

[Kuhn, 1962] Thomas S. Kuhn. *The Structure of Scientific Revolutions.* Univ. Chicago Press, 1962. 1st ed..

[Kuhn, 1963] Thomas S. Kuhn. A function for thought experiments. 1963. In [Taton and Cohen, 1963].

[Kuhn, 1976] Thomas S. Kuhn. *Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen.* Suhrkamp Taschenbuch Verlag, stW 25, Frankfurt am Main, 1976. 2. rev. Auflage (1. Auflage 1973).

[Kuhn, 1996] Thomas S. Kuhn. *The Structure of Scientific Revolutions.* Univ. Chicago Press, 1996. 3rd ed. (1996) (1st ed. 1962, 2nd rev. ed. 1970).

[Metzger, 1930] H. Metzger. *Newton, Stahl, Boerhaave et la doctrine chimique.* Paris, 1930.

[Meyerson, 1930] E. Meyerson. *Identity and Reality.* New York, 1930.

[Nickles, 2003] Thomas Nickles, editor. *Thomas Kuhn.* Cambridge Univ. Press, 2003.

[Pajares, 2007] Frank Pajares. "The Structure of Scientific Revolutions" by Thomas S. Kuhn — outline and study guide. `http://www.des.emory.edu/mfp/Kuhn.html (2007, Dec. 13)`, 2007.

[Partington, 1951] J. R. Partington. *A Short History of Chemistry.* London, 1951. 2nd ed..

[Planck, 1948] Max Planck. *Wissenschaftliche Selbstbiographie.* Johann Ambrosius Barth, Leipzig, 1948.

[Planck, 1949] Max Planck. *Scientific Autobiography and Other Papers.* New York, 1949. Translated by F. Gaynor.

[Polanyi, 1958] Michael Polanyi. *Personal Knowledge.* Chicago, 1958.

[Rubin, 1915] Edgar Rubin. *Synsoplevede Figurer: Studien i psykologisk analyse.* Gyldendalske Boghandel, København, 1915.

[Taton and Cohen, 1963] R. Taton and I. B. Cohen, editors. *Mélanges Alexandre Koyré.* Hermann, Paris, 1963.

[Thompson, 1910] Silvanus P. Thompson. *The Life of Sir William Thomson Baron Kelvin of Largs.* London, 1910.

[Wiener, 1958] Philip P. Wiener. The Copernican revolution: Planetary astronomy in the development of western thought by Thomas S. Kuhn. *Philosophy of Science*, XXV:297–299, 1958.

[Zankl, 2003] Heinrich Zankl. *Fälscher, Schwindler, Scharlatane — Betrug in Forschung und Wissensschaft*. Wiley-VCH, Weinheim, 2003.