

Thomas S. Kuhn

Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen

Zweite revidierte und
um das Postskriptum von 1969
ergänzte Auflage

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

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

Suhrkamp

Titel der Originalausgabe:

The Structure of Scientific Revolutions

© 1962, 1970 by the University of Chicago

Für die zweite Auflage ist die Übersetzung

von Hermann Vetter revidiert worden

Inhalt

Vorwort 7

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

Postskriptum – 1969 186

Anmerkungen 222

Bibliografische Information Der Deutschen Bibliothek
Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation
in der Deutschen Nationalbibliografie
<http://dnb.ddb.de>

suhrkamp taschenbuch wissenschaft 21

Erste Auflage 1973

Zweite revidierte Auflage 1976

© der deutschen Ausgabe Suhrkamp Verlag

Frankfurt am Main 1967

Suhrkamp Taschenbuch Verlag

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

Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form
(durch Fotografie, Mikrofilm oder andere Verfahren)

ohne schriftliche Genehmigung des Verlages
reproduziert oder unter Verwendung

elektronischer Systeme verarbeitet,

vervielfältigt oder verbreitet werden.

Druck: Nomos Verlagsgesellschaft, Baden-Baden

Printed in Germany

Umschlag nach Entwürfen von

Willy Fleckhaus und Rolf Straudt

ISBN 3-518-27625-5

19 20 21 22 23 – 08 07 06

Es ist jetzt beinahe sieben Jahre her, seit die erste Auflage dieses Buches erschien.¹ In der Zwischenzeit hat sowohl die Reaktion der Kritiker als auch meine eigene weitere Arbeit mein Verständnis für eine Anzahl der darin gestellten Probleme erweitert. Im Grundsätzlichen sind meine Ansichten weitgehend unverändert, aber ich erkenne jetzt Aspekte in der ursprünglichen Fassung, die grundlegende Schwierigkeiten und Mißverständnisse schaffen. Da einige dieser Mißverständnisse bei mir selbst lagen, gibt mir ihre Ausschaltung die Möglichkeit, den Boden vorzubereiten, der schließlich die Basis für eine Neufassung bilden soll.² Inzwischen nehme ich gern die Gelegenheit wahr, notwendige Revisionen zu skizzieren, einige Kommentare zu immer wiederkehrender Kritik zu geben und die Richtungen anzudeuten, in die mein eigenes Denken sich gegenwärtig bewegt.³

Mehrere Hauptschwierigkeiten der ursprünglichen Fassung gruppieren sich um den Begriff des Paradigmas, und meine Diskussion beginnt mit ihnen.⁴ In dem Abschnitt, der gleich folgt, schlage ich vor, diesen Begriff von dem der wissenschaftlichen Gemeinschaft zu trennen, deute an, wie das geschehen kann und diskutiere einige bedeutende Konsequenzen der daraus resultierenden analytischen Trennung. Dann untersuche ich, was geschieht, wenn man Paradigmata dadurch sucht, daß man das Verhalten der Mitglieder einer *vorher bestimmten* wissenschaftlichen Gemeinschaft untersucht. Dieses Vorgehen zeigt schnell, daß in einem großen Teil des Buches der Ausdruck »Paradigma« in zwei verschiedenen Bedeutungen gebraucht wird. Einerseits steht er für die ganze Konstellation von Meinungen, Werten, Methoden usw., die von den Mitgliedern einer gegebenen Gemeinschaft geteilt werden. Andererseits bezeichnet er ein Element in dieser Konstellation, die konkreten Problemlösungen, die, als Vorbilder oder Beispiele gebraucht, explizite Regeln als Basis für die Lösung der übrigen Probleme der »normalen Wissenschaft« ersetzen können. Die erste Bedeutung des Ausdrucks – sie sei die soziologische genannt – ist Thema des Abschnitts 2 unten; Abschnitt 3 ist Paradigmata als exemplarischen früheren Leistungen gewidmet.

Philosophisch wenigstens ist die zweite Bedeutung von »Para-

digma« die tiefere, und die Behauptungen, die ich in ihrem Namen aufgestellt habe, sind die Hauptsachen der Kontroversen und Mißverständnisse, die das Buch hervorgerufen hat, besonders auch des Vorwurfs, ich machte aus der Wissenschaft ein subjektives und irrationales Unternehmen. Diese Probleme werden in den Abschnitten 4 und 5 behandelt. Der erstere versucht zu zeigen, daß Begriffe wie »subjektiv« und »intuitiv« nicht angemessen auf die Komponenten des Wissens angewendet werden können, von denen ich behauptet habe, sie seien stillschweigend in allgemein anerkannte Beispiele eingebettet. Obwohl solches Wissen nicht ohne wesentliche Veränderung in Form von Regeln und Kriterien ausgedrückt werden kann, ist es doch systematisch, in langer Zeit geprüft und in gewissem Sinne korrigierbar. Abschnitt 5 wendet dieses Argument auf das Problem der Wahl zwischen zwei unvereinbaren Theorien an und legt in einer kurzen Schlußfolgerung nahe, Menschen, die inkommensurable Standpunkte einnehmen, als Mitglieder verschiedener Sprachgemeinschaften zu sehen und ihre Kommunikationsprobleme als Übersetzungsprobleme zu analysieren. Drei verbleibende Probleme werden in den letzten Abschnitten 6 und 7 behandelt. Der erste erwägt den Vorwurf, in diesem Buch würde eine durch und durch relativistische Auffassung von der Wissenschaft entwickelt. Der zweite beginnt mit der Frage, ob meine Darstellung, wie behauptet wurde, wirklich an einer Verwechslung von deskriptiven und normativen Modi leidet; er schließt mit kurzen Bemerkungen zu einem Thema, das eine eigene Abhandlung verdient: das Ausmaß, in dem die Hauptthesen des Buches legitim auf andere Bereiche als die Wissenschaft angewendet werden können.

1. Paradigmata und Struktur der Gemeinschaft

Der Ausdruck »Paradigma« tritt früh auf den vorangegangenen Seiten auf, und die Art seines Auftretens ist wesentlich zirkulär. Ein Paradigma ist das, was den Mitgliedern einer wissenschaftlichen Gemeinschaft gemeinsam ist, und umgekehrt besteht eine wissenschaftliche Gemeinschaft aus Menschen, die ein Paradigma teilen. Nicht alle Kreise sind Zirkularitäten im schlechten Sinne (ich verteidige weiter unten in diesem Postskript ein Argument mit ähnlicher Struktur), dieser aber bringt wirkliche Schwierigkeiten

hervor. Wissenschaftliche Gemeinschaften können und sollten ohne vorherigen Rückgriff auf Paradigmata isoliert werden. Letztere können dann durch die Untersuchung des Verhaltens der Mitglieder einer gegebenen Gemeinschaft herausgefunden werden. Eine Neufassung dieses Buches würde deshalb mit einer Diskussion der Struktur der Gemeinschaften in der Wissenschaft beginnen, ein Gegenstand, der in jüngster Zeit ein bedeutendes Thema der soziologischen Forschung geworden ist, und den auch Wissenschaftshistoriker jetzt allmählich ernst nehmen. Vorläufige Resultate, von denen viele noch nicht publiziert sind, lassen annehmen, daß die empirischen Methoden zu ihrer Erforschung keineswegs trivial sind, aber manche stehen zur Verfügung und andere werden sicherlich entwickelt.⁵ Die meisten Wissenschaftler reagieren sofort auf Fragen zu ihren Gemeinschaftsbindungen und halten es für selbstverständlich, daß die Verantwortung für die verschiedenen gegenwärtigen Spezialgebiete auf Gruppen mit zumindest grob bestimmter Mitgliederschaft verteilt ist. Ich nehme hier deshalb an, daß systematischere Mittel zu ihrer Identifikation gefunden werden.

Statt vorläufige Forschungsergebnisse darzustellen, möchte ich kurz auf den intuitiven Begriff der Gemeinschaft zu sprechen kommen, der einem großen Teil der ersten Kapitel dieses Buches zugrunde liegt. Es ist ein Begriff, der jetzt von vielen Naturwissenschaftlern, Soziologen und einer Anzahl von Wissenschaftshistorikern angewandt wird.

Eine wissenschaftliche Gemeinschaft besteht so gesehen aus den Fachleuten eines wissenschaftlichen Spezialgebiets. In einem auf den meisten anderen Gebieten nicht vorhandenen Ausmaß sind sie einer gleichartigen Ausbildung und beruflichen Initiation unterworfen gewesen. Dabei haben sie dieselbe Fachliteratur gelesen und vielfach dasselbe daraus gelernt. Im allgemeinen bezeichnen die Grenzen dieser Standardliteratur die Grenzen eines wissenschaftlichen Gegenstandsgebietes, und jede Gemeinschaft hat gewöhnlich ihr eigenes Gegenstandsgebiet.⁶ Es gibt Schulen innerhalb der Wissenschaften, Gemeinschaften, die denselben Gegenstand von miteinander unvereinbaren Standpunkten aus angehen. Doch sie sind dort viel seltener als in anderen Gebieten; sie liegen immer in Konkurrenz miteinander, und ihre Konkurrenz endet gewöhnlich schnell. Folglich stellen die Mitglieder einer wissenschaftlichen Gemeinschaft für sich und andere diejenigen dar, die als ein-

zige für die Verfolgung einer Reihe von gemeinsamen Zielen einschließlich der Ausbildung ihrer Nachfolger verantwortlich sind. Innerhalb solcher Gruppen gibt es eine relativ starke Kommunikation, und die fachlichen Urteile sind relativ einheitlich. Da die Aufmerksamkeit verschiedener wissenschaftlicher Gemeinschaften andererseits auf verschiedene Inhalte konzentriert ist, ist die Kommunikation zwischen den Gruppen manchmal mühsam, führt oft zu Mißverständnissen und kann, wenn sie weitergetrieben wird, bedeutende und vorher unermutete Meinungsverschiedenheiten hervorrufen.

Solche Gemeinschaften bestehen natürlich auf zahlreichen Ebenen. Die umfassendste ist die Gemeinschaft aller Naturwissenschaftler. Auf einer nur wenig tieferen Ebene sind die Gemeinschaften die hauptsächlich wissenschaftlichen Berufsgruppen: Physiker, Chemiker, Astronomen, Zoologen usw. Für diese größeren Gruppierungen ist die Mitgliedschaft, außer an den Rändern, leicht entscheidbar. Die Fachrichtung des höchsten akademischen Grades, die Mitgliedschaft in Fachgesellschaften und die geliesenen Zeitschriften sind gewöhnlich mehr als hinreichend. Ähnliche Methoden gliedern auch größere Untergruppen aus: organische, und vielleicht unter diesen Eiweißchemiker, Festkörper- und Hochenergiephysiker, Radioastronomen usw. Erst auf der nächsttieferen Ebene entstehen empirische Probleme. Wie hätte man, um ein zeitgenössisches Beispiel zu nehmen, die PHAGE-Gruppe vor ihrem Bekanntwerden in der Öffentlichkeit identifiziert? Zu diesem Zweck muß man auf Indikatoren zurückgreifen wie den Besuch von Fachkonferenzen, die Verteilung von Rohmanuskripten oder Fahnenabzügen vor der Publikation und vor allem auf formelle und informelle Kommunikationsnetze einschließlich derjenigen, die sich aus dem Briefwechsel und aus gegenseitigem Zitieren ergeben. Ich nehme an, daß diese Arbeit wenigstens für die Gegenwart und die jüngere Vergangenheit geleistet werden kann und werden wird. Es dürften sich Gemeinschaften von etwa einhundert, manchmal bedeutend weniger Mitgliedern ergeben. Gewöhnlich werden die einzelnen Wissenschaftler, besonders die fähigsten, gleichzeitig oder nacheinander zu mehreren solchen Gruppen gehören.

Gemeinschaften dieser Art sind die Einheiten, die dieses Buch als Erzeuger und Prüfer wissenschaftlicher Erkenntnisse dargestellt hat. Paradigmata sind etwas, das den Mitgliedern solcher Gruppen

gemeinsam ist. Ohne Bezug auf die Art dieser gemeinsamen Elemente können viele Aspekte der Wissenschaft, die auf den vorangegangenen Seiten beschrieben wurden, kaum verstanden werden; wohl aber andere Aspekte, obgleich sie in meinem ursprünglichen Text nicht unabdingig dargestellt sind. Deshalb ist es angebracht, bevor man sich den Paradigmata direkt zuwendet, auf eine Reihe von Problemen hinzuweisen, die nur mit der Struktur der Gemeinschaften zu tun haben.

Der wohl eindruckvollste Fall ist das, was ich oben (in Abschnitt II) als den Übergang von der vor- zur nachparadigmatischen Periode in der Entwicklung eines wissenschaftlichen Gebietes skizziert habe. Bevor er stattfindet, streiten mehrere Schulen um die Herrschaft über ein bestimmtes Gebiet. Im Gefolge von bemerkenswerten wissenschaftlichen Leistungen reduziert sich die Anzahl der Schulen stark, gewöhnlich bis auf eine, und es beginnt eine wirkungsvollere wissenschaftliche Praxis. Letztere ist gewöhnlich esoterisch und auf Rätsellösen hin orientiert, und das kann die Artlag eines Gebietes als selbstverständlich gegeben annehmen.

Die Art dieses Übergangs zur Reife verdient, genauer als es in diesem Buch geschah, besonders aber von denen erörtert zu werden, die sich mit der Entwicklung der zeitgenössischen Sozialwissenschaften befassen. Dabei kann der Hinweis darauf hilfreich sein, daß der Übergang nicht mit der ersten Übernahme eines Paradigmas gleichgesetzt werden muß (noch sollte, wie ich heute glaube). Die Mitglieder aller wissenschaftlichen Gemeinschaften einschließlich der Schulen der »präparadigmatischen« Periode haben die Elemente gemeinsam, die ich zusammenfassend als ein »Paradigma« bezeichnet habe. Mit dem Übergang zur Reife ändert sich nicht das Vorhandensein eines Paradigmas, sondern vielmehr seine Natur. Erst nach der Veränderung ist normale rätsellösende Forschung möglich. Viele Attribute einer entwickelten Wissenschaft, die ich oben mit dem Erwerb eines Paradigmas in Verbindung gebracht habe, möchte ich jetzt deshalb als Konsequenzen des Erwerbs einer Art von Paradigma erörtern, das schwierige Rätsel identifiziert, Anhaltspunkte zu ihrer Lösung und Garantien liefert, daß ein wirklich tüchtiger Fachmann Erfolg hat. Nur jene, die durch die Beobachtung, daß ihr eigenes Gebiet (oder ihre Schule) Paradigmata besitzt, ermutigt sind, können wohl das Gefühl haben, daß durch den Wandel etwas Wichtiges geopfert wird.

Ein zweites, wenigstens für Historiker wichtigeres Problem betrifft die in diesem Buch stillschweigend vorgenommene Identifikation je einer wissenschaftlichen Gemeinschaft mit je einem wissenschaftlichen Gegenstandsgebiet. Ich bin verschiedentlich so verfahren, als müßten beispielsweise »physikalische Optik«, »Elektrizitätslehre« und »Wärmelehre« wissenschaftliche Gemeinschaften benennen, weil sie Forschungsgebiete benennen. Die einzige Alternative, die mein Text zuzulassen scheint, ist, daß alle diese Gebiete zur Gemeinschaft der Physiker gehören. Solche Identifikationen werden aber gewöhnlich der Prüfung nicht standhalten, wie meine Kollegen aus der Geschichtswissenschaft wiederholt erklärt haben. Es gab beispielsweise vor der Mitte des 19. Jahrhunderts keine Gemeinschaft der Physiker; sie wurde dann durch die Verschmelzung von Teilen zweier vorher getrennter Gemeinschaften, Mathematik und Naturphilosophie (physique expérimentale), gebildet. Was heute der Gegenstandsbereich einer einzigen großen Gemeinschaft ist, war in der Vergangenheit unterschiedlich auf verschiedene Gemeinschaften verteilt. Andere enger gefaßte Bereiche, beispielsweise die Wärmelehre und die Theorie der Materie, haben lange bestanden, ohne der spezielle Bereich einer einzelnen wissenschaftlichen Gemeinschaft zu werden. Sowohl die »normale« Wissenschaft als auch Revolutionen sind aber gemeinschaftsbezogene Tätigkeiten. Um sie aufzuspüren und zu analysieren, muß man zuerst die sich wandelnde Gemeinschaftsstruktur der Wissenschaften entwirren. Ein Paradigma regiert zunächst nicht einen Gegenstandsbereich, sondern eine Gruppe von Fachleuten. Jede Untersuchung paradigmagelenkter oder paradigma-zerstörender Forschung muß mit der Lokalisierung der verantwortlichen Gruppe oder Gruppen beginnen.

Geht man die Analyse der wissenschaftlichen Entwicklung so an, dann werden wohl verschiedene Schwierigkeiten gelöst, die bisher im Mittelpunkt kritischer Aufmerksamkeit standen. Mehrere Kommentatoren haben beispielsweise die Theorie der Materie herangezogen, um darauf hinzuweisen, daß ich die Einnütigkeit der Wissenschaftler in ihrer Bindung an ein Paradigma stark überschätze. Bis vor vergleichsweise kurzer Zeit waren nach ihrer Aussage diese Theorien Gegenstand dauernder Meinungsverschiedenheiten und Auseinandersetzungen. Ich stimme mit der Beschreibung überein, halte sie aber nicht für ein Gegenbeispiel. Materietheorien waren wenigstens bis 1920 nicht das Spezialge-

biet oder der Gegenstandsbereich irgendeiner wissenschaftlichen Gemeinschaft. Sie waren vielmehr die Instrumente vieler Spezialistengruppen. Die Mitglieder verschiedener Gemeinschaften wählten manchmal verschiedene Instrumente und kritisierten die Wahl der anderen. Wichtiger ist noch, daß eine Materietheorie nicht zu den Gegenständen gehört, über die Mitglieder selbst einer Gemeinschaft notwendig einer Meinung sein müssen. Die Notwendigkeit der Übereinstimmung hängt davon ab, was die Gemeinschaft tut. Die Chemie in der ersten Hälfte des neunzehnten Jahrhunderts ist ein passendes Beispiel. Obwohl mehrere der grundlegenden Instrumente der Gemeinschaft – konstante Proportionen, multiple Proportionen und Verbindungsgewichte – im Gefolge von Daltons Atomtheorie Gemeingut geworden waren, konnten Chemiker hinterher ihre Arbeit auf diese Instrumente stützen und doch über die Existenz von Atomen manchmal sehr verschiedener Meinung sein.

Einige andere Schwierigkeiten und Mißverständnisse werden meines Erachtens genauso ausgeräumt werden. Teils aufgrund der von mir gewählten Beispiele und teils aufgrund meiner Unbestimmtheit bezüglich der Art und Größe der betreffenden Gemeinschaften haben einige Leser dieses Buches geschlossen, ich beschäftigte mich vorwiegend oder ausschließlich mit größeren Revolutionen wie denen, die mit Kopernikus, Newton, Darwin oder Einstein verbunden sind. Eine klarere Darstellung der Gemeinschaftsstruktur sollte aber den ganz anderen Eindruck verstärken, den ich zu erwecken versucht habe. Eine Revolution ist für mich eine Veränderung besonderer Art, die eine besondere Umbildung von Gruppenpositionen beinhaltet. Es muß aber keine große Veränderung sein, noch braucht sie denen revolutionär zu erscheinen, die außerhalb einer vielleicht aus weniger als fünfundzwanzig Personen bestehenden einzelnen Gemeinschaft stehen. Und eben weil dieser Veränderungstyp, der in der Wissenschaftstheorie so wenig beachtet und diskutiert wird, in diesem kleineren Maßstab so regelmäßig vorkommt, muß die revolutionäre Veränderung im Gegensatz zur kumulativen so dringend geklärt werden.

Eine letzte Abänderung, die mit der vorigen in engem Zusammenhang steht, kann diese Klärung womöglich erleichtern. Mehrere Kritiker haben bezweifelt, daß die Krise, das allgemeine Bewußtsein, daß etwas nicht in Ordnung sei, den Revolutionen so unabänderlich vorausgeht, wie ich im ursprünglichen Text unter-

stellt habe. Für meine Argumentation ist aber die Frage nicht wichtig, ob Krisen eine unabdingbare Voraussetzung der Revolutionen sind. Sie brauchen nur das gewöhnliche Vorspiel zu sein, das einen Mechanismus der Selbstkorrektur bereitstellt, der die Rigidität der »normalen« Wissenschaft nicht für alle Zukunft unangefochten läßt. Revolutionen können auch auf andere Weise herbeigeführt werden, obwohl das meines Erachtens selten geschieht. Außerdem möchte ich jetzt auf etwas hinweisen, was das Fehlen einer angemessenen Diskussion der Gemeinschaftsstruktur unklar gelassen hat: Krisen müssen nicht durch die Arbeit der Gemeinschaft hergebracht werden, die sie erfährt und daher manchmal revolutioniert wird. Neue Instrumente wie das Elektronenmikroskop oder neue Gesetze wie die Maxwellschen können sich in einem Spezialgebiet entwickeln und in einem anderen durch ihre Verwendung eine Krise hervorrufen.

2. *Paradigmata als Konstellationen von Gruppenpositionen*

Wenden wir uns nun den Paradigmata zu und fragen wir, was sie überhaupt sein können. Dies ist das wichtigste und am wenigsten geklärte Problem der ersten Fassung des Buches. Ein wohlwollender Leser, der meine Überzeugung teilt, daß »Paradigma« die zentralen philosophischen Elemente des Buches bezeichnet, stellte für einige Stichwörter ein analytisches Verzeichnis auf und fand, daß jener Ausdruck auf wenigstens zweitundzwanzig verschiedene Arten gebraucht wird.⁷ Die meisten dieser Unterschiede gehen nach meiner heutigen Überzeugung auf stilistische Unstimmigkeiten zurück (z. B. sind Newtons Gesetze manchmal ein Paradigma, manchmal Teile eines Paradigmas und manchmal paradigmatisch) und können relativ leicht eliminiert werden. Aber auch nach dieser redaktionellen Arbeit würde der Ausdruck auf zweiganz verschiedene Arten gebraucht, die auseinandergehalten werden müssen. Der allgemeinere Gebrauch ist das Thema dieses Abschnitts; der andere wird im nächsten besprochen.

Hat man eine besondere Spezialistengemeinschaft mit Methoden wie den eben diskutierten identifiziert, so kann man nützlicher Weise fragen: auf welche Gemeinsamkeiten gründet sich der verhältnismäßig große Umfang ihrer fachlichen Kommunikation und

die relative Einmütigkeit ihrer Fachurteile? Auf diese Frage erlaubt mein ursprünglicher Text die Antwort: auf ein Paradigma oder eine Reihe von Paradigmata. Aber in diesem Sinne wird, anders als in dem Fall, der weiter unten besprochen wird, der Ausdruck unangemessen gebraucht. Wissenschaftler selbst würden sagen, sie hätten eine Theorie oder eine Reihe von Theorien gemeinsam, die es würde mich freuen, wenn dieser Ausdruck einmal in jenem Sinne gebraucht werden könnte. Doch in der Wissenschaftstheorie bezeichnet der Ausdruck »Theorie« heute eine der Art und dem Umfang nach viel beschränktere Struktur, als hier in Frage kommt. Bis der Ausdruck von seinen geläufigen Implikationen befreit ist, wird durch den Gebrauch eines anderen Verwirrung vermieden. Für die jetzigen Zwecke schlage ich »disziplinäres System« vor: »disziplinär«, weil auf den gemeinsamen Besitz der Fachleute einer bestimmten Disziplin hingewiesen wird; »System«, weil es aus verschiedenartigen geordneten Elementen zusammengesetzt ist, die alle genauer angegeben werden müssen. Alle oder die meisten der Gruppenpositionen, die mein ursprünglicher Text als Teile von Paradigmata oder als paradigmatisch bezeichnet, sind Bestandteile des disziplinären Systems und bilden als solche ein Ganzes mit gemeinsamer Funktion. Sie können aber nicht mehr als einheitlich dargestellt werden. Ich versuche hier keine erschöpfende Liste zu geben, aber die Aufzählung der Hauptbestandteile eines disziplinären Systems soll mein augenblickliches Vorgehen erklären und gleichzeitig meinen nächsten Hauptpunkt vorbereiten.

Einen wichtigen Bestandteil nenne ich »symbolische Verallgemeinerungen« und meine damit die Formeln, die problemlos von allen Gruppenmitgliedern gebraucht werden und ohne weiteres z. B. auf die logische Form $(x)(y)(z)\phi(x, y, z)$ gebracht werden können. Sie sind die formalen oder leicht formalisierbaren Bestandteile des disziplinären Systems. Manchmal finden sie sich schon in symbolischer Form: $k = mb$ oder $I = U/R$. Andere werden normalerweise in Worten ausgedrückt: »Elemente verbinden sich in konstanter Gewichtsverhältnissen« oder »actio gleich reactio«. Würden nicht solche Formeln allgemein akzeptiert, dann könnten die Gruppenmitglieder bei ihrem Rätsellosen nirgendwo mit den leistungsfähigen Methoden der Logik und Mathematik ansetzen. Obwohl das Beispiel der Taxonomie zu zeigen scheint, daß die »normale« Wissenschaft mit wenigen derartigen Formeln arbeiten kann, scheint die Leistungsfähigkeit einer Wissenschaft ganz all-

gemein mit der Anzahl symbolischer Verallgemeinerungen zu wachsen, die den Fachleuten zur Verfügung stehen.

Diese Verallgemeinerungen ähneln Naturgesetzen, doch für Gruppenmitglieder haben sie selten nur diese eine Funktion allein. Manchmal ist es der Fall: beispielsweise beim Joule-Lenzschen Gesetz $H = RI^2$. Als dieses Gesetz entdeckt wurde, wußten die Gemeinschaftsmitglieder schon, was H , R und I bezeichneten, und diese Verallgemeinerung sagte ihnen nur etwas über das Verhalten von Wärme, Strom und Widerstand, das sie bisher nicht gewußt hatten. Öfter aber, wie die Diskussion weiter oben gezeigt hat, haben symbolische Verallgemeinerungen gleichzeitig eine zweite Funktion, die von den Wissenschaftstheoretikern analytisch gewöhnlich scharf getrennt behandelt wird. Wie $k = mb$ oder $I = U/R$ fungieren sie teilweise als Gesetze, teils aber auch als Definitionen einiger Symbole, die sie gebrauchen. Darüber hinaus ändert sich die Balance zwischen ihrer untrennbaren Gesetzes- und Definitionsfunktion mit der Zeit. In anderem Zusammenhang würde dies eine genaue Analyse lohnen, denn die Art der Bindung an ein Gesetz unterscheidet sich erheblich von der Bindung an eine Definition. Gesetze sind oft Stück um Stück korrigierbar, was für Definitionen, da sie Tautologien sind, nicht gilt. So mußten beispielsweise, ehe das Ohmsche Gesetz angenommen werden konnte, »Strom« und »Widerstand« neu definiert werden; hätten diese Begriffe ihre frühere Bedeutung behalten, so hätte das Ohmsche Gesetz nicht stimmen können. Deshalb war es im Gegensatz z. B. zum Joule-Lenzschen Gesetz so heftig umstritten. Wahrscheinlich ist diese Situation typisch.⁸ Ich vermute gegenwärtig, daß alle Revolutionen u. a. mit der Aufgabe von Verallgemeinerungen verbunden sind, die vorher in gewisser Hinsicht die Rolle von Tautologien gespielt hatten. Zeigte Einstein, daß Gleichzeitigkeit relativ war, oder änderte er den Begriff der Gleichzeitigkeit selbst? Hätten die einfach unrecht, die in dem Ausdruck »Relativität der Gleichzeitigkeit« eine Paradoxie sahen?

Betrachten wir weiter einen zweiten Bestandteil des disziplinären Systems, über den im ursprünglichen Text unter Rubriken wie »metaphysische Paradigmata« oder »die metaphysischen Teile von Paradigmata« viel gesagt worden ist. Ich denke an die gemeinsame Bindung an Auffassungen wie: Wärme ist die kinetische Energie der Grundbestandteile von Körpern; alle wahrnehmbaren Phänomene gehen auf die Interaktion qualitativ neutraler Atome im lee-

ren Raum zurück, oder: auf Materie und Kraft, oder auf Felder. In einer Neufassung des Buches würde ich solche Bindungen als Vertrauen auf bestimmte Modelle bezeichnen und die Kategorie der Modelle so weit ausdehnen, daß sie auch die relativ heuristische Spielart umfaßt: der Stromkreis kann als ein stationäres hydrodynamisches System angesehen werden; die Moleküle eines Gases verhalten sich wie winzige elastische Billardbälle in zufälliger Bewegung. Obwohl die Stärke der Gruppenpositionen mit nicht unerheblichen Folgen auf dem Spektrum von heuristischen bis zu ontologischen Modellen variiert, haben alle Modelle ähnliche Funktionen. Unter anderem liefern sie der Gruppe bevorzugte oder zulässige Analogien und Metaphern. Dadurch erleichtern sie die Entscheidung, was als eine Erklärung und als eine Rätsellösung anerkannt werden kann; umgekehrt erleichtern sie die Aufstellung der Liste ungelöster Probleme und die Bewertung der Wichtigkeit eines jeden einzelnen von ihnen. Es sei aber darauf hingewiesen, daß den Mitgliedern wissenschaftlicher Gemeinschaften nicht einmal heuristische Modelle gemeinsam sein müssen, obgleich sie es gewöhnlich sind. Ich habe schon erwähnt, daß die Mitgliedschaft in der Gemeinschaft der Chemiker während der ersten Hälfte des neunzehnten Jahrhunderts den Glauben an Atome nicht erforderte.

Ein drittes Element des disziplinären Systems beschreibe ich hier als Werte. Gewöhnlich werden sie in verschiedenen Gemeinschaften allgemeiner akzeptiert als symbolische Verallgemeinerungen oder Modelle; und sie tragen viel zur Bildung eines Gemeinschaftsgefühls bei den Naturwissenschaftlern insgesamt bei. Obgleich sie immer wirksam sind, werden sie besonders wichtig, wenn die Mitglieder einer bestimmten Gemeinschaft eine Krise erkennen oder sich später zwischen unvereinbaren Möglichkeiten des Betriebens ihres Faches entscheiden müssen. Die Werte, an denen wohl am stärksten festgehalten wird, betreffen Voraussagen: sie sollten genau sein; quantitative Voraussagen sind qualitativen vorzuziehen; wie groß auch die zulässige Fehlerbreite sei, sie sollte innerhalb eines gegebenen Bereichs gleichbleibend eingehalten werden; usw. Es gibt aber auch Werte, die bei der Beurteilung ganzer Theorien gebraucht werden: diese müssen zuerst und vor allem die Formulierung und Lösung von Rätselaufgaben erlauben; wenn möglich, sollten sie einfach, folgerichtig, plausibel und mit anderen gegenwärtig angewandten Theorien vereinbar sein. (Ich halte

es heute für eine Schwäche der ersten Fassung, daß Werte wie innere und äußere Widerspruchsfreiheit bei der Betrachtung von Krisenquellen und Faktoren bei der Theoriewahl so wenig Beachtung gefunden haben.) Es existieren auch andere Werte – z. B.: Wissenschaft sollte (oder muß nicht) gesellschaftlich nützlich sein – aber die oben genannten sollten deutlich machen, was ich meine. Ein Aspekt gemeinsamer Werte sollte aber besonders erwähnt werden. Werte können in einem größeren Ausmaß als andere Bestandteile des disziplinären Systems von Wissenschaftlern geteilt werden, die sich jedoch in deren Anwendung unterscheiden. Urteile über Genauigkeit sind von einem Zeitpunkt zum anderen und von einem Gruppenmitglied zum anderen einigermassen, wenn gleich nicht völlig unveränderlich. Aber Urteile über Einfachheit, Verträglichkeit, Plausibilität usw. variieren oft stark zwischen den einzelnen Gruppenmitgliedern. Was für Einstein ein unerträglicher Widerspruch in der alten Quantentheorie war, der die normale Wissenschaft unmöglich machte, war für Bohr und andere eine Schwierigkeit, von der man erwarten konnte, daß sie sich selbst mit normalen Mitteln lösen würde. Wichtiger ist noch, daß in Situationen, wo Werte angewendet werden müssen, verschiedene Werte allein genommen oft zu verschiedenen Entscheidungen führen würden. Die eine Theorie kann genauer, aber weniger widerspruchsfrei oder plausibel als eine andere sein; wieder liefert die alte Quantentheorie ein Beispiel. Kurz, obgleich gemeinsame Werte von Wissenschaftlern weithin akzeptiert werden und die Bindung an sie tief und ein wesentlicher Bestandteil der Wissenschaft ist, wird die Anwendung von Werten manchmal beträchtlich durch die unterschiedlichen persönlichen und biographischen Züge der Gruppenmitglieder beeinflusst.

Vielen Lesern der vorangegangenen Kapitel scheint diese Eigenschaft der Wirkung gemeinsamer Werte eine Hauptschwäche meiner Position zu sein. Da ich bei meiner Meinung bleibe, daß die Gemeinsamkeiten der Wissenschaftler nicht ausreichen, um in Fragen wie der Wahl zwischen konkurrierenden Theorien oder der Unterscheidung zwischen einer normalen Anomalie und einer solchen, die eine Krise hervorbringt, Einstimmigkeit unter ihnen herzustellen, wirft man mir gelegentlich vor, ich glorifizierte die Subjektivität oder gar die Irrationalität.⁹ Diese Reaktion übersteht aber zwei Charakteristika der Werturteile innerhalb eines jeden Gebietes. Erstens können gemeinsame Werte wichtige Determi-

nanten des Gruppenverhaltens sein, selbst wenn die Gruppenmitglieder sie nicht auf dieselbe Weise anwenden. (Wäre das anders, so gäbe es keine *speziellen* philosophischen Probleme der Werttheorie oder der Ästhetik.) Nicht alle Maler haben in der Periode, als Darstellung der primäre Wert war, gleich gemalt, aber in der Entwicklung dieser bildenden Künste trat eine starke Veränderung ein, als dieser Wert aufgegeben wurde.¹⁰ Man stelle sich vor, was in den Wissenschaften geschähe, wenn Widerspruchsfreiheit kein hervorragende Wert mehr wäre. Zweitens kann die individuelle Verschiedenheit in der Anwendung gemeinsamer Werte wichtige wissenschaftliche Funktionen haben. Werte müssen an Punkten angewendet werden, wo man immer auch ein Risiko eingehen muß. Den meisten Anomalien kommt man mit den üblichen Mitteln bei; die meisten Vorschläge neuer Theorien erweisen sich als falsch. Würden die Mitglieder einer Gemeinschaft jede Anomalie für die Ursache einer Krise halten oder jede neue Theorie eines Kollegen annehmen, so käme die Wissenschaft zum Erliegen. Wenn aber andererseits niemand das große Risiko einginge, auf Anomalien oder neue Theorien einzugehen, so gäbe es nur wenige oder gar keine Revolutionen. In solchen Dingen kann die Berufung auf gemeinsame Werte statt auf gemeinsame Regeln, die die individuelle Wahl bestimmen, der Gemeinschaft die Möglichkeit bieten, das Risiko zu verteilen und den langfristigen Erfolg zu sichern.

Wir wenden uns einem vierten Element des disziplinären Systems zu; es ist nicht das einzige weitere, aber das letzte, das hier besprochen werden soll. Die völlig angemessene Bezeichnung dafür wäre sowohl philologisch als auch autobiographisch der Ausdruck »Paradigma«; das ist die Komponente der gemeinsamen Positionen einer Gruppe, die mich zuerst zur Wahl dieses Wortes führte. Da das Wort aber ein Eigenleben angenommen hat, werde ich hier »Musterbeispiele« (*»exemplars«*) sagen. Ich meine damit ursprünglich die konkreten Problemlösungen, denen die Studenten von Anfang ihrer wissenschaftlichen Ausbildung an begegnen, ob in Laboratorien, in Prüfungen oder am Ende von Kapiteln wissenschaftlicher Lehrbücher. Diesen gemeinsamen Beispielen sollte man aber wenigstens einige technische Problemlösungen anfügen, wie sie Wissenschaftlern nach ihrer Ausbildung während ihrer Forschungsaufbahn in den Zeitschriften begegnen und ebenfalls beispieldhafte Arbeitsanleitungen geben. Mehr als andere Bestandteile des disziplinären Systems stellen die Unterschiede zwischen Men-

gen von Musterbeispielen die Feinstruktur der wissenschaftlichen Gemeinschaft dar. Alle Physiker fangen beispielsweise mit dem Studium derselben Beispiele an: Probleme wie die schiefe Ebene, das konische Pendel, die Keplerschen Planetenbahnen; Instrumente wie der Nonius, das Kalorimeter und die Wheatstonesche Brücke. Mit dem Fortgang ihrer Ausbildung werden die symbolischen Verallgemeinerungen, die sie gemeinsam haben, jedoch zunehmend durch verschiedene Musterbeispiele veranschaulicht. Obwohl sowohl Festkörper- wie Feldphysiker die Schrödingergleichung akzeptieren, sind nur die elementarerer Anwendungen beiden Gruppen gemeinsam.

3. *Paradigmata als gemeinsame Beispiele*

Das Paradigma als gemeinsames Beispiel ist das zentrale Element des, wie ich jetzt sehe, neuartigsten und am wenigsten verstandenen Aspekts dieses Buches. Musterbeispiele werden daher mehr Aufmerksamkeit erfordern als die anderen Bestandteile des disziplinären Systems. Gewöhnlich haben die Wissenschaftstheoretiker die Probleme, denen ein Student in Laboratorien oder in wissenschaftlichen Lehrbüchern begegnet, nicht diskutiert, denn man glaubt, sie dienen nur zur Übung in der Anwendung dessen, was der Student schon weiß. Man sagt, er könne überhaupt keine Probleme lösen, wenn er nicht vorher die Theorie und einige Regeln zu ihrer Anwendung gelernt habe. Wissenschaftliche Erkenntnisse seien in Theorien und Regeln eingebettet; Aufgaben dienen der Einübung ihrer Anwendung. Ich habe aber zu zeigen versucht, daß diese Lokalisierung des Erkenntnisgehalts der Wissenschaft falsch ist. Nachdem der Student viele Aufgaben gelöst hat, kann er durch weitere Lösungen nur größere Gewandtheit erwerben. Zu Anfang aber und einige Zeit später noch eignet er sich durch Aufgabenlösungen belagvolle Kenntnisse über die Natur an. Fehlten solche Musterbeispiele, dann hätten die früher gelernten Gesetze und Theorien wenig empirischen Gehalt.

Um zu zeigen, was ich meine, kehre ich kurz zu den symbolischen Verallgemeinerungen zurück. Ein weithin akzeptiertes Beispiel ist Newtons zweites Bewegungsgesetz, das im allgemeinen $k = mb$ geschrieben wird. Der Soziologe oder der Linguist, der feststellt, daß der entsprechende Ausdruck von den Mitgliedern einer gegebenen

Gemeinschaft unproblematisch geäußert und aufgenommen wird, hat ohne umfangreiche weitere Nachforschungen nicht viel darüber erfahren, was die Formel oder die Begriffe darin bedeuten und wie die Wissenschaftler der Gemeinschaft die Formel auf die Natur anwenden. Die Tatsache, daß sie sie fraglos akzeptieren und als Ausgangspunkt logischer und mathematischer Operationen betrachten, impliziert noch nicht, daß sie sich z. B. über Bedeutung oder Anwendung im geringsten einig sein müßten. Natürlich sind sie sich weitgehend einig, sonst würde das Gegenteil sehr schnell aus ihrer folgenden Unterhaltung hervorgehen. Die Frage bleibt aber, wo und wodurch sie dazu gekommen sind. Wie haben sie angesichts einer gegebenen experimentellen Situation gelernt, die relevanten Kräfte, Massen und Beschleunigungen herauszufinden? In der Praxis – und dieser Aspekt der Situation wird selten oder nie beachtet – ist das, was der Student lernen muß, noch komplexer. Die logischen und mathematischen Operationen werden nämlich nicht unbedingt direkt auf die Formel $k = mb$ angewendet. Dieser Ausdruck erweist sich bei näherer Prüfung als Skizze oder Schema eines Gesetzes. Geht der Student oder der Wissenschaftler von einer Problemsituation zu einer anderen über, so ändert sich die symbolische Verallgemeinerung, auf die diese Operationen anzuwenden sind. Für den freien Fall wird $k = mb$ zu

$$mg = m \frac{d^2s}{dt^2} \quad ; \quad \text{für das einfache Pendel wird es umgeformt zu} \\ mg \sin \vartheta = -m l \frac{d^2\vartheta}{dt^2} \quad ; \quad \text{für ein Paar gekoppelter harmonischer Oszillatoren werden daraus zwei Gleichungen, von denen}$$

sich die erste als $m_1 \frac{d^2s_1}{dt^2} + k_1 s_1 = k_2 (s_2 - s_1 + d)$ schreiben läßt, und für noch kompliziertere Fälle wie den Kreisel nimmt es noch andere Formen an, deren Familienähnlichkeit mit $k = mb$ noch schwerer zu entdecken ist. Doch während der Student die Identifikation von Kräften, Massen und Beschleunigungen in einer Vielfalt von physikalischen Situationen erlernt, die ihm vorher nicht begegnet sind, hat er auch gelernt, die richtige Version von $k = mb$ zu konstruieren, durch die er sie zueinander in Beziehung setzen kann; es ist oft eine Version, zu der ihm vorher noch kein genaues Äquivalent begegnet ist. Wie hat er das gelernt?

Ein Phänomen, das Studenten der Naturwissenschaft und Wissenschaftshistorikern vertraut ist, gibt einen Anhaltspunkt. Er-

stere berichten regelmäßig, daß sie ein Kapitel eines Buches durchgearbeitet und völlig verstanden haben, dennoch aber Schwierigkeiten bei der Lösung einer Reihe von Aufgaben am Ende des Kapitels hatten. Gewöhnlich lösen sich solche Schwierigkeiten auf die gleiche Weise auf. Der Student entdeckt mit oder ohne die Hilfe eines Lehrers eine Möglichkeit, die Aufgabe so zu sehen wie eine Aufgabe, vor die er schon gestellt war. Nachdem er die Ähnlichkeit gesehen und die Analogie zwischen zwei oder mehr Aufgaben erfaßt hat, kann er Symbole zueinander in Beziehung setzen und sie so auf die Natur anwenden, wie es sich schon früher als effektiv erwiesen hat. Die Gesetzeskizze, beispielsweise $k = mb$, hat als ein Instrument funktioniert, das den Studenten über die zu suchenden Ähnlichkeiten informiert und die Gestalt anzeigt, unter der er die Situation sehen muß. Die resultierende Fähigkeit, eine Vielfalt von Situationen als einander ähnlich zu sehen, als Anwendungsfall von $k = mb$ oder einer anderen symbolischen Verallgemeinerung, ist meines Erachtens der größte Gewinn des Studenten bei der Lösung exemplarischer Aufgaben, ob er mit Bleistift und Papier oder in einem gut angelegten Laboratorium arbeitet. Nachdem er eine bestimmte Anzahl erledigt hat, die sich bei den einzelnen Personen sehr unterscheiden kann, sieht er die Situationen, denen er gegenübersteht, unter derselben Gestalt wie die anderen Mitglieder seiner Spezialistengruppe. Sie sind für ihn nicht mehr dieselben Situationen, die er zu Anfang seiner Ausbildung antraf. Er hat inzwischen eine langbewährte und von der Gruppe anerkannte Sichtweise angenommen.

Die Rolle von erlernten Ähnlichkeitsbeziehungen zeigt sich auch klar in der Geschichte der Wissenschaft. Wissenschaftler lösen Probleme dadurch, daß sie sie auf die Form früherer Problemlösungen bringen und dabei oft nur in ganz geringem Maße auf symbolische Verallgemeinerungen zurückgehen. Galilei fand, daß eine Kugel, die eine schiefe Ebene herunterrollt, gerade schnell genug wird, um dieselbe Höhe auf einer zweiten schiefen Ebene beliebiger Neigung zu erreichen, und er lernte, diese experimentelle Situation zu sehen wie das Pendel mit einer Punktmasse als Gewicht. Huygens löste dann das Problem des Schwingungszentrums eines physikalischen Pendels durch die Vorstellung, daß der ausgedehnte Körper des letzteren sich aus Galileischen Punktpendeln zusammensetze, deren Verbindungen an jedem Punkt der Schwingung gelöst werden können. Nach Auflösung der Verbindungen

würde das einzelne Punktpendel frei schwingen, aber ihr gemeinsamer Schwerpunkt würde, wenn jedes seinen höchsten Punkt erreicht, wie Galileis Pendel nur die Höhe erreichen, von der aus der Schwerpunkt des ausgedehnten Pendels zu fallen anfangen hatte. Schließlich entdeckte Daniel Bernoulli, wie man den Wasserstrom aus einer Öffnung dem Huygenschen Pendel ähnlich machen konnte. Man bestimmt die Senkung des Schwerpunkts des Wassers in Behälter und Strahl während einer sehr kurzen Zeitspanne. Dann stellt man sich vor, daß sich jedes Wasserteilchen anschließend für sich zur maximalen Höhe aufwärts bewegt, die mit der in dieser Zeitspanne erlangten Geschwindigkeit erreichbar ist. Der Anstieg des Schwerpunkts der einzelnen Teilchen muß dann der Senkung des Schwerpunkts des Wassers in Behälter und Strahl gleich sein. Aus dieser Sicht des Problems ergab sich sofort die lange gesuchte Ausströmgeschwindigkeit.¹¹

Dieses Beispiel sollte die Klärung dessen einleiten, was ich damit meine, daß man aus Aufgaben lernt, Situationen als einander ähnlich und als Gegenstand für die Anwendung desselben Gesetzes oder derselben Gesetzeskizze zu sehen. Gleichzeitig sollte es zeigen, warum ich von der inhaltsreichen Naturerkenntnis spreche, die erworben wird, während man die Ähnlichkeitsbeziehung erlernt, und die später in einer Betrachtungsweise physikalischer Situationen statt in Regeln und Gesetzen verkörpert ist. Die drei Probleme des Beispiels sind alle Musterbeispiele im Rahmen der Mechanik des achtzehnten Jahrhunderts und wenden nur ein einziges Naturgesetz an. Bekannt als das Prinzip der *vis viva* wurde es gewöhnlich so formuliert: »Der tatsächliche Abstieg ist gleich dem möglichen Aufstieg.« Bernoullis Anwendung des Gesetzes dürfte zeigen, wie folgenreich es war. Doch die verbale Formulierung des Gesetzes ist für sich genommen eigentlich wirkungslos. Man gebe sie einem heutigen Physikstudenten, der die Worte kennt und all diese Probleme lösen kann, jetzt aber andere Hilfsmittel verwendet. Dann stelle man sich vor, was die Worte, obwohl sie alle bekannt sind, jemandem sagen könnten, der nicht einmal die Probleme kannte. Für ihn könnte die Verallgemeinerung erst eine Funktion haben, wenn er gelernt hätte, »tatsächliche Abstiege« und »mögliche Aufstiege« als Bestandteile der Natur zu erkennen; und das bedeutet, noch vor dem Gesetz etwas über mögliche und nicht mögliche Naturzustände zu lernen. Dieses Lernen geht nicht mit ausschließlich verbalen Mitteln vor sich, sondern im Zusam-

menspiel von gegebenen Formulierungen und konkreten Beispielen für ihren Gebrauch; Natur und Worte werden gemeinsam gelernt. Um es mit Michael Polanyis hilfreicher Formulierung zu sagen: das Ergebnis dieses Prozesses ist »stillschweigendes Wissen«, das durch die wissenschaftliche Betätigung und nicht durch Aneignung von Regeln dafür erworben wird.

4. Stillschweigendes Wissen und Intuition

Dieser Hinweis auf stillschweigendes Wissen und die damit einhergehende Zurückweisung von Regeln verweist auf ein weiteres Problem, das viele meiner Kritiker gestört hat und eine Grundlage für den Vorwurf der Subjektivität und Irrationalität zu liefern schien. Einige Leser hatten den Eindruck, ich versuchte die Wissenschaft auf nicht analysierbare individuelle Intuitionen statt auf Logik und Gesetz zu gründen. Aber diese Interpretation geht in zwei wesentlichen Punkten fehl. Erstens sind, wenn ich überhaupt von Intuitionen spreche, diese nicht individuell. Sie sind vielmehr geprüfter und gemeinsamer Besitz der Mitglieder einer erfolgreichen Gruppe, und der Anfänger erwirbt sie durch Ausbildung, die einen Teil seiner Vorbereitung auf die Gruppenmitgliedschaft darstellt. Zweitens sind sie nicht prinzipiell unanalysierbar. Im Gegenteil, ich experimentiere gegenwärtig mit einem Datenverarbeitungsprogramm, das darauf angelegt ist, ihre Eigenschaften auf einer elementaren Ebene zu erforschen.

Über dieses Programm soll hier nichts gesagt werden¹², doch seine bloße Erwähnung weist auf meinen Hauptpunkt hin. Wenn ich von Wissen spreche, das in gemeinsame Musterbeispiele eingebettet ist, dann spreche ich nicht von einer Art des Wissens, die weniger systematisch oder weniger analysierbar wäre als dasjenige, das in Regeln, Gesetze oder Identifikationskriterien eingebettet ist. Statt dessen denke ich an eine Wissensweise, die man mißversteht, wenn man sie in Form von Regeln rekonstruiert, die zunächst aus Musterbeispielen abstrahiert werden und dann deren Funktion übernehmen. Um es anders zu formulieren: wenn ich davon spreche, daß durch Musterbeispiele die Fähigkeit erworben wird, eine vorliegende Situation als manchen bekannten Situationen ähnliche und anderen unähnliche zu erkennen, dann ist damit nicht ein Prozeß gemeint, der in Form von Mechanismen des Zen-

tralnervensystems nicht völlig erklärbar wäre. Ich behauptete vielmehr, daß die Erklärung ihrer Natur nach nicht auf die Frage antwortet: »Ähnlich im Hinblick auf was?« Dies ist die Frage nach einer Regel, indiesem Fall nach den Kriterien, durch die bestimmte Situationen nach Ähnlichkeiten gruppiert werden; ich meine, daß man in diesem Fall der Versuchung widerstehen sollte, nach Kriterien zu suchen, jedenfalls nach vollständigen. Es ist nicht das System überhaupt, sondern ein bestimmtes System, das ich ablehne.

Um diesen Punkt näher zu erläutern, muß ich kurz abschweifen. Das Folgende scheint mir jetzt klar zu sein, aber die ständige Verwendung von Formulierungen wie »die Welt verändert sich« in meinem ursprünglichen Text deutet an, daß es nicht immer so war. Wenn zwei Menschen an derselben Stelle stehen und in dieselbe Richtung schauen, muß man, will man nicht des Solipsismus geziehen werden, annehmen, daß sie annähernd dieselben Reize aufnehmen. (Wenn beide ihre Augen an dieselbe Stelle versetzen könnten wären die Reize identisch.) Aber Menschen sehen nicht Reize; unser Wissen über diese ist sehr theoretisch und abstrakt. Vielmehr haben sie Empfindungen, und wir sind nicht gezwungen, anzunehmen, die Empfindungen unserer zwei Menschen seien dieselben. (Skeptiker mögen sich daran erinnern, daß Farbenblindheit erst mit ihrer Beschreibung durch John Dalton im Jahre 1794 bemerkt wurde.) Im Gegenteil, zwischen dem Empfang eines Reizes und dem Gewahrwerden dieser Empfindung finden viele Prozesse im Nervensystem statt. Zu den wenigen Dingen, die wir mit Sicherheit darüber wissen, gehört: sehr verschiedene Reize können dieselben Empfindungen hervorrufen; derselbe Reiz kann sehr verschiedene Empfindungen hervorrufen; und der Übergang von Reiz zu Empfindungen ist teilweise durch die Erziehung bestimmt. Individuen, die in verschiedenen Gesellschaften aufgewachsen sind, verhalten sich in manchen Fällen, als sähen sie verschiedene Dinge. Wären wir nicht versucht, Reize eindeutig mit Empfindungen zu identifizieren, so könnten wir erkennen, daß sie tatsächlich Verschiedenes sehen.

Halten wir nun fest, daß zwei Gruppen, deren Mitglieder systematisch verschiedene Empfindungen beim Empfang derselben Reize haben, in gewissem Sinne tatsächlich in verschiedenen Welten leben. Wir setzen die Existenz von Reizen voraus, um unsere Wahrnehmungen von der Welt zu erklären, und wir setzen ihre Unveränderlichkeit voraus, um individuellem und sozialem Solip-

sismus zu entgehen. Ich habe gegen keine der beiden Voraussetzungen auch nur den geringsten Vorbehalt. Aber die Welt ist zunächst einmal nicht mit Reizen, sondern mit den Objekten unserer Empfindungen angefüllt, und sie brauchen von Individuum zu Individuum oder von Gruppe zu Gruppe nicht dieselben zu sein. In dem Ausmaß allerdings, in dem Individuen zur selben Gruppe gehören und deshalb gemeinsame Erziehung, Sprache, Erfahrung und Kultur haben, können wir sehr wohl annehmen, daß ihre Empfindungen dieselben sind. Wie sonst könnte man den Reichtum ihrer Kommunikation und die Gemeinsamkeit ihrer Reaktionen auf die Umwelt verstehen? Sie müssen Dinge auf ganz ähnliche Weise sehen und Reize auf ganz ähnliche Weise verarbeiten. Wo aber die Differenzierung und Spezialisierung von Gruppen anfängt, gibt es keinen ähnlichen Beweis für die Unveränderlichkeit von Empfindungen. Ich vermute, daß bloße Engstirnigkeit uns annehmen läßt, der Übergang vom Reiz zur Empfindung sei für alle Mitglieder aller Gruppen derselbe.

Ich komme zurück auf Musterbeispiele und Regeln. Worauf ich in wie vorläufiger Form auch immer hinweisen wollte, ist dies. Eine der grundlegenden Methoden, durch die die Gruppenmitglieder – eine ganze Kultur oder eine kleinere Gemeinschaft von Spezialisten innerhalb dieser – lernen, dieselben Dinge zu sehen, wenn sie auf dieselben Reize stoßen, ist das Zeigen von Situationsbeispielen, die die älteren Gruppenmitglieder schon als einander ähnlich und als von anderen Situationen verschieden zu sehen gelehrt haben. Diese ähnlichen Situationen können aufeinander folgende sinnliche Wahrnehmungen derselben Person sein, beispielsweise der Mutter, die schließlich mit einem Blick identifiziert und als von Vater oder Schwester unterschieden gesehen wird. Es können Wahrnehmungen von Gattungsgliedern sein, beispielsweise einerseits Schwäne und andererseits Gänse. Oder es können für die Mitglieder stärker spezialisierter Gruppen Beispiele der Newtonschen Situation sein, Situationen also, deren Ähnlichkeit darin besteht, Gegenstand für eine Version der Formel $k = mb$ zu sein, und die sich von den Situationen unterscheiden, für die etwa die Gesetzeskurven der Optik zutreffen.

Nehmen wir einmal an, daß so etwas tatsächlich vorkommt. Mühsen wir sagen, man lerne durch Musterbeispiele Regeln und die Fähigkeit, sie anzuwenden? Diese Beschreibung ist verlockend, denn wenn wir in einer Situation eine Ähnlichkeit mit anderen se-

hen, denen wir früher begegnet sind, so muß das ja das Ergebnis von Nervenvorgängen sein, die völlig von physikalischen und chemischen Gesetzen gesteuert sind. In diesem Sinne muß das Erkennen von Ähnlichkeiten, wenn wir diese Tätigkeit erst einmal erlernt haben, ebenso systematisch sein wie unser Herzschlag. Aber gerade diese Parallele deutet an, daß Erkennen auch unwillkürlich vor sich gehen kann, ein Prozeß, über den wir keine Kontrolle haben. Wenn das der Fall ist, dürfen wir ihn nicht als etwas auffassen, das wir durch Anwendung von Regeln und Kriterien zustande bringen. Spricht man so davon, dann heißt das, es müsse auch andere Möglichkeiten geben, etwa daß wir eine Regel müßachtet, ein Kriterium falsch angewendet oder mit einer anderen Schwäche experimentiert haben könnten.¹³ Gerade das, glaube ich, kann man nicht.

Genauer, das kann man nicht, ehe man eine Empfindung gehabt, etwas wahrgenommen hat. Danach suchen wir oft nach Kriterien und wenden sie an. Wir können dann eine Interpretation unternehmen: ein willentlicher Vorgang, in dem wir zwischen Alternativen wählen, wie wir es bei der Wahrnehmung selbst nicht tun. Vielleicht ist zum Beispiel etwas ungewöhnlich an dem, was wir gesehen haben (man erinnere sich an die ungewöhnlichen Spielkarten). Wir kommen um eine Ecke und sehen Mutter in der Stadt zu einer Zeit einen Laden betreten, zu der wir dachten, sie sei zu Hause. Wir bedenken, was wir gesehen haben, und rufen plötzlich aus: »Das war nicht Mutter, denn sie hat rotes Haar!« Wir betreten den Laden, sehen die Frau wieder und können nicht verstehen, wie wir sie für Mutter hatten halten können. Oder wir sehen die Schwanzfedern eines Wasservogels, der auf dem Grund eines flachen Teiches Nahrung sucht. Ist es ein Schwan oder eine Gans? Wir bedenken, was wir gesehen haben, und vergleichen im Geiste die Schwanzfedern mit denen von Schwänen und Gänsen, die wir früher gesehen haben. Oder wir sind kleine Wissenschaftler und wollen einfach ein allgemeines Charakteristikum (die weiße Farbe der Schwäne beispielsweise) der Mitglieder einer natürlichen Gattung kennen, die wir schon leicht erkennen können. Wieder denken wir an das, was wir schon früher wahrgenommen haben, und suchen nach den Gemeinsamkeiten der Mitglieder einer gegebenen Gattung.

Dies sind alles bewußte Vorgänge, und in ihnen suchen und entwickeln wir Kriterien und Regeln. Wir versuchen, schon vorhandene

dene Empfindungen zu interpretieren, zu analysieren, was für uns das Gegebene ist. Wie wir es aber auch tun, die beteiligten Prozesse müssen letztlich Nervenprozesse sein und sind deshalb von denselben physikalisch-chemischen Gesetzen gesteuert, die die Wahrnehmung einsetzt und unseren Herzschlag andererseits steuern. Aber die Tatsache, daß das System in allen drei Fällen denselben Gesetzen gehorcht, ist kein Grund zu der Annahme, daß unser Nervensystem so programmiert ist, daß es auf dieselbe Weise bei der Interpretation wie bei der Wahrnehmung oder bei beiden wie bei unserem Herzschlag arbeitet. Wogegen ich mich in diesem Buch wende, ist der erst seit Descartes traditionelle Versuch, die Wahrnehmung als einen Interpretationsvorgang zu analysieren, als eine unbewußte Version dessen, was wir nach der Wahrnehmung tun.

Der Grund, warum die Integrität der Wahrnehmung hervorgehoben werden soll, ist natürlich, daß so viel vergangene Erfahrung im Nervensystem gespeichert ist, das Reize in Empfindungen transformiert. Ein zweckmäßig programmierter Wahrnehmungsmechanismus hat arterhaltenden Wert. Die Behauptung, die Mitglieder verschiedener Gruppen könnten verschiedene Wahrnehmungen haben, wenn sie mit denselben Reizen konfrontiert werden, bedeutet nicht, daß sie überhaupt irgendwelche Wahrnehmungen haben. In vielen Umwelten könnte eine Gruppe, die Wölfe nicht von Hunden unterscheiden kann, nicht existieren. Auch eine Gruppe von Kernphysikern könnte heute als Wissenschaftler nicht überleben, wenn sie unfähig wäre, die Bahnen von Alphateilchen und Elektronen zu erkennen. Und weil so wenige Schweisen genügen, sind diejenigen, die die Prüfung durch den Gruppeneinsatz bestanden haben, es wert, von Generation zu Generation weitergegeben zu werden. Ebenso müssen wir, da sie aufgrund ihres Erfolges über einen geschichtlichen Zeitraum hinweg ausgewählt wurden, davon sprechen, daß Erfahrung und Wissen über die Natur in den Übergang von Reiz zur Empfindung eingebaut sind.

Vielleicht ist »Wissen« das falsche Wort, aber es gibt Gründe für seinen Gebrauch. Was der Nervenprozeß, der Reize zu Empfindungen umformt, mit enthält, hat folgende Merkmale: es ist durch Erziehung vermittelt worden; es hat sich durch Versuch in der gegenwärtigen Umwelt einer Gruppe als effektiver herausgestellt als seine historischen Konkurrenten; drittens ist es der Ver-

änderung durch weitere Erziehung und durch die Entdeckung von Unangepasstheit an die Umwelt unterworfen. Dies sind die Merkmale von Wissen, und sie erklären, warum ich den Begriff verwende. Dennoch ist der Sprachgebrauch merkwürdig, denn ein weiteres Merkmal fehlt. Wir haben keinen direkten Zugang zum Inhalt unseres Wissens, keine Regeln oder Verallgemeinerungen, mit denen sich dieses Wissen ausdrücken ließe. Regeln, die diesen Zugang ermöglichen könnten, würden sich auf Reize, nicht auf Empfindungen beziehen, und Reize werden uns nur durch eine komplizierte Theorie bekannt. Fehlt sie, dann bleibt das in den Übergang von Reiz zu Empfindung eingebettete Wissen ein stillschweigendes.

Ogleich die obigen Ausführungen zu den Empfindungen offensichtlich vorläufig sind und nicht in allen Einzelheiten richtig sein müssen, sind sie doch wörtlich gemeint. Zumindest sind sie eine Hypothese über das Sehen, die experimentell untersucht (wenn auch wohl nicht direkt geprüft) werden sollte. Aber solche Rede von Sehen und Empfinden hat hier wie im Hauptteil des Buches auch metaphorische Funktionen. Tatsächlich *sehen* wir nicht Elektronen, sondern ihre Bahnen oder Dampfblasen in einer Blaskammer. Wir *sehen* nicht elektrische Ströme, sondern die Nadeln von Amperemeter und Galvanometer. Dennoch bin ich im Buch, besonders in Abschnitt X, wiederholt so verfahren, als nähmen wir theoretische Gegenstände wie Ströme, Elektronen und Felder wahr, als lernten wir dies durch die Untersuchung von Musterbeispielen, und als wäre es auch in diesen Fällen falsch, von Kriterien und Interpretation statt von Sehen zu sprechen. Die Metapher, die »Sehen« in solche Kontexte überträgt, ist kaum eine ausreichende Basis für solche Behauptungen. Auf lange Sicht wird man sie wohl zugunsten einer weniger metaphorischen Ausdrucksweise ausscheiden müssen.

Das Datenverarbeitungsprogramm, von dem ich oben sprach, deutet Möglichkeiten an, wie das geschehen könnte, aber weder der verfügbare Raum noch mein gegenwärtiges Wissen erlauben mir, hier auf die Metapher zu verzichten.¹⁴ Statt dessen will ich versuchen, sie kurz zu untermauern. Sieht man Wassertröpfchen oder eine Nadel vor einer Zahlenskala, so ist das eine elementare Wahrnehmung für jemanden, der mit Blaskammern und Ampereometern nicht vertraut ist. Es erfordert also Nachdenken, Analyse und Interpretation (oder die Intervention einer äußeren Autori-

tät), bevor man zu Schlüssen über Elektronen oder Ströme gelangt. Der Standpunkt desjenigen aber, der den Umgang mit diesen Instrumenten gelernt und exemplarische Erfahrungen mit ihnen hat, ist ein ganz anderer; entsprechend unterschiedlich verarbeitet er die Reize, die ihn von ihnen erreichen. Wenn er an einem kalten Winternachmittag seinen Atem betrachtet, mag er dieselbe Empfindung haben wie ein Laie, wenn er aber eine Blaskammer betrachtet, sieht er (hier buchstäblich) nicht Tropfen, sondern die Spuren von Elektronen, Alphateilchen usw. Diese Spuren sind, wenn man will, Kriterien, die er als Anzeichen der Anwesenheit der entsprechenden Teilchen interpretiert, aber dieser Weg ist kürzer und auch verschieden von dem, den derjenige einschlägt, der Tröpfchen interpretiert.

Oder nehmen wir den Wissenschaftler, der auf ein Amperemeter schaut, um festzustellen, bei welcher Zahl die Nadel stehengeblieben ist. Seine Empfindung ist wahrscheinlich dieselbe wie die des Laien, besonders, wenn dieser schon früher andere Meßgeräte abgelesen hat. Er hat aber das Meßgerät (wieder oft buchstäblich) im Zusammenhang mit einem ganzen Stromkreis gesehen und weiß etwas über seinen inneren Aufbau. Für ihn ist die Stellung der Nadel ein Kriterium nur für den Wert des Stroms. Um sie zu interpretieren, braucht er nur zu unterscheiden, auf welcher Skala das Meßgerät abgelesen werden soll. Für den Laien andererseits ist die Stellung der Nadel kein Kriterium für irgend etwas anderes. Um sie zu interpretieren, muß er die ganze innere und äußere Verdrahtung untersuchen, mit Batterien und Magneten experimentieren u. a. m. Im metaphorischen wie im buchstäblichen Sinne von »Sehen« fängt die Interpretation dort an, wo die Wahrnehmung endet. Die zwei Vorgänge sind nicht identisch; und was die Wahrnehmung der Interpretation zur Vervollständigung überläßt, hängt sehr von Art und Ausmaß früherer Erfahrung und Ausbildung ab.

5. *Musterbeispiele, Inkommensurabilität und Revolutionen*

Das eben Gesagte bildet eine Grundlage für die Klärung eines weiteren Aspekts des Buches: meine Bemerkungen über die Inkommensurabilität und ihre Konsequenzen für Wissenschaftler, die die Wahl zwischen aufeinander folgenden Theorien diskutieren.¹⁵ In den Abschnitten X und XII habe ich behauptet, daß die Parteien in

solchen Diskussionen bestimmte experimentelle oder Beobachtungssituationen, auf die sich beide berufen, notwendig verschieden sehen. Da die Vokabulare, in denen sie solche Diskussionen führen, vorwiegend aber aus denselben Ausdrücken bestehen, müssen sie einige dieser Ausdrücke verschieden auf die Natur anwenden, so daß sie notwendigerweise keine vollständige Verständigung erzielen. Folglich ist die Überlegenheit einer Theorie über eine andere in der Diskussion nicht nachzuweisen. Statt dessen, so habe ich betont, muß jede Partei die andere zu überreden versuchen. Nur Philosophen haben die Absicht dieser Teile meiner Argumentation ernstlich mißverstanden. Einige von ihnen haben folgendes als meine Meinung dargestellt:¹⁶ Die Verfechter inkommesurabler Theorien sind überhaupt nicht in der Lage, sich zu verständigen; folglich kann es in einer Diskussion über die Wahl von Theorien keine Berufung auf *gute* Gründe geben; Theorien müssen vielmehr aus letztlich persönlichen und subjektiven Gründen gewählt werden; eine Art mystische Wahrnehmung ist für die tatsächlich getroffene Entscheidung verantwortlich. Die Passagen, auf denen diese Mißdeutungen beruhen, sind mehr als irgendein anderer Teil des Buches Ursache für die Vorwürfe des Irrationalismus gewesen.

Zunächst zu meinen Bemerkungen über den Beweis. Was ich habe klarmachen wollen, ist einfach und der Wissenschaftstheorie längst vertraut. Diskussionen über Theoriewahl können nicht genau in der Form logischer oder mathematischer Beweise stattfinden. In letzteren sind Prämissen und Schlußregeln von vornherein festgelegt. Gibt es über Ergebnisse Unstimmigkeiten, dann können die Parteien in der diesbezüglichen Diskussion ihre Denkschritte nachvollziehen und jeden anhand früherer Voraussetzungen kontrollieren. Schließlich muß einer zugeben, daß er einen Fehler gemacht, gegen eine anerkannte Regel verstoßen hat. Hat er das zugegeben, dann hat er keinen Ausweg mehr, und der Beweis seines Gegners ist schlüssig. Wenn aber beide statt dessen entdecken, daß sie über die Bedeutung oder Anwendung vereinbarter Regeln verschiedener Meinung sind, daß ihre frühere Übereinstimmung keine ausreichende Basis für einen Beweis ist, dann nimmt die Diskussion einen Fortgang, wie er während wissenschaftlicher Revolutionen unvermeidlich ist. Diese Diskussion geht um Prämissen; in ihr bedient man sich der Überredung als Vorspiel zur Möglichkeit des Beweises.

Nichts an dieser relativ bekannten These impliziert, daß es entweder keine guten Gründe geben könnte, sich überzeugen zu lassen, oder daß diese Gründe für die Gruppe nicht letztlich entscheidend seien. Noch impliziert sie, daß die Gründe der Wahl sich von denen unterscheiden, die die Wissenschaftstheoretiker gewöhnlich anführen: Genauigkeit, Einfachheit, Fruchtbarkeit und ähnliches. Sie sollte aber besagen, daß solche Gründe als Werte fungieren und daher von Leuten, die sie gleichermaßen achten, individuell oder kollektiv verschieden angewendet werden können. Wenn zwei Personen beispielsweise über die relative Fruchtbarkeit ihrer Theorien verschiedener Meinung sind, oder wenn sie in diesem Punkt übereinstimmen, nicht aber über die relative Bedeutung der Fruchtbarkeit und z. B. der Anwendungsbreite für die Entscheidung zwischen Theorien, dann kann keinem ein Fehler nachgewiesen werden, noch verhält sich einer der beiden unwissenschaftlich. Es gibt keinen neutralen Algorithmus für die Theoriewahl, kein systematisches Entscheidungsverfahren, das bei richtiger Anwendung jeden einzelnen in der Gruppe zu derselben Entscheidung führen müßte. In diesem Sinne trifft die Gemeinschaft der Fachleute und nicht ihre einzelnen Mitglieder die eigentliche Entscheidung. Um die Entwicklung der Wissenschaft zu verstehen, braucht man nicht die Details der Biographie und Persönlichkeit zu entwirren, die jedes Individuum zu einer besonderen Wahl führen, obgleich das sehr faszinierend sein kann. Man muß vielmehr verstehen, wie ein bestimmtes System gemeinsamer Werte mit den bestimmten gemeinsamen Erfahrungen einer Fachgemeinschaft in Wechselwirkung steht und dazu führt, daß die meisten Gruppenmitglieder letztlich eine Reihe von Argumenten eher für entscheidend halten als eine andere.

Das ist Überredung, die aber ein tieferes Problem stellt. Zwei Personen, die dieselbe Situation verschieden sehen, aber dennoch das selbe Vokabular bei ihrer Diskussion gebrauchen, müssen ihre Wörter unterschiedlich verwenden. Sie sprechen von, wie ich es genannt habe, inkommensurablen Standpunkten aus. Wie können sie überhaupt miteinander sprechen oder gar überzeugen? Selbst eine vorläufige Antwort auf diese Frage erfordert eine genauere Beschreibung der Schwierigkeit.

Ich nehme an, daß sie wenigstens teilweise wie folgt aussieht. Die Praxis der ›normalen‹ Wissenschaft hängt von der durch Musterbeispiele erworbenen Fähigkeit ab, Gegenstände und Situationen

in »Ähnlichkeitsgruppen« zusammenzufassen, die unanalysierbar in dem Sinne sind, daß die Gruppierung ohne die Antwort auf die Frage »Ähnlich im Hinblick auf was?« geschieht. Ein zentraler Aspekt jeder Revolution ist also die Veränderung eines Teils der Ähnlichkeitsbeziehungen. Gegenstände, die vorher in derselben Gruppe zusammengefaßt waren, sind nachher in verschiedenen enthalten und umgekehrt. Man denke an Sonne, Mond, Mars und Erde vor und nach Kopernikus; an den freien Fall, die Pendel- und die Planetenbewegung vor und nach Galilei; an Salze, Legierungen und ein Gemisch aus Schwefel und Eisenfeilspänen vor und nach Dalton. Da die meisten Gegenstände auch in den veränderten Gruppen weiterhin gemeinsam gruppiert werden, werden die Namen der Gruppen gewöhnlich beibehalten. Trotzdem ist die Neuordnung einer Untergruppe gewöhnlich Teil einer entscheidenden Veränderung im Geflecht der Beziehungen zwischen ihnen. Die Übertragung der Metalle aus der Gruppe der Verbindungen in die Gruppe der Elemente spielte eine wesentliche Rolle bei der Herausbildung einer neuen Theorie der Verbrennung, der Säuren und der physikalischen Mischung und chemischen Verbindung. In kurzer Zeit hatten sich diese Veränderungen über die gesamte Chemie ausgebreitet. Es ist daher nicht überraschend, daß nach solchen Neuaufteilungen zwei Personen, die sich früher anscheinend völlig verstanden, plötzlich auf denselben Reiz mit unvereinbaren Beschreibungen und Verallgemeinerungen reagieren. Diese Schwierigkeiten werden nicht einmal in allen Bereichen ihrer wissenschaftlichen Äußerungen spürbar, aber sie entstehen und häufen sich am stärksten bei den Phänomenen, von denen die Theoriewahl am entscheidendsten abhängt.

Solche Probleme sind, obgleich sie zuerst in der Kommunikation deutlich werden, nicht bloß sprachlicher Natur und können nicht einfach dadurch gelöst werden, daß man für problematische Ausdrücke Definitionen angibt. Da die Wörter, bei denen sich die Schwierigkeiten häufen, teilweise in der direkten Anwendung auf Musterbeispiele gelernt wurden, können die an der Kommunikationstörung Beteiligten nicht sagen: »Ich gebrauche das Wort »Element« (oder »Mischung« oder »Planet« oder »freie Bewegung«) so, wie die folgenden Kriterien angeben.« Sie können nicht bei einer neutralen Sprache Zuflucht nehmen, die beide in gleicher Weise verwenden und die für die Formulierung beider Theorien oder auch nur ihrer empirischen Folgerungen brauchbar wäre. Ein Teil

des Unterschiedes geht der Anwendung der Sprachen voraus, in denen er sich dennoch zeigt.

Die von solchen Kommunikationsstörungen betroffenen Personen müssen aber eine Zuflucht haben. Die Reize, die auf sie einwirken, sind dieselben. Ebenso die allgemeinen Züge ihres Nervensystems, so verschieden es auch programmiert sein mag. Weiter muß außer in einem kleinen, wenn auch entscheidenden Erfahrungsbereich selbst die Programmierung ihrer Nerven beinahe identisch sein, weil sie außer der jüngsten Vergangenheit eine gemeinsame Geschichte haben. Folglich sind ihre Alltags- und der größte Teil ihrer Wissenschaftswelt und -sprache gemeinsam. Bei soviel Gemeinsamkeiten sollten sie in der Lage sein, einen großen Teil der Differenzen zu klären. Die erforderlichen Methoden sind jedoch weder einfach noch bequem noch in der gewöhnlichen Ausrüstung eines Wissenschaftlers enthalten. Die Wissenschaftler erkennen sie selten ganz als das, was sie sind, und gebrauchen sie selten länger, als nötig ist, um festzustellen, ob sie sich einer neuen Theorie anschließen oder nicht.

Was die von einer Kommunikationsstörung Betroffenen tun können, ist, kurz gesagt, einander als Mitglieder verschiedener Sprachgemeinschaften erkennen und Übersetzer werden.¹⁷ Wenn sie die Unterschiede ihrer eigenen Intra- und Intergruppengespräche zum Forschungsgegenstand machen, können sie zunächst versuchen, die Ausdrücke und Redeweisen zu finden, die innerhalb jeder Gemeinschaft problemlos gebraucht werden und dennoch Mittelpunkte der Schwierigkeit bei Diskussionen zwischen verschiedenen Gruppen sind. (Ausdrücke, die keine derartigen Schwierigkeiten bieten, können bei der Übersetzung unverändert bleiben.) Haben sie solche Schwierigkeitsbereiche wissenschaftlicher Kommunikation isoliert, so können sie auf ihren gemeinsamen Alltagswortschatz zurückgehen und damit versuchen, ihre Schwierigkeiten weiter zu klären. Das heißt, jeder kann versuchen herauszufinden, was der andere sehen und sagen würde angesichts eines Reizes, auf den man selber sprachlich anders reagieren würde. Wenn sie darauf verzichten, abnormes Verhalten zu rasch als Folge von Irrtum oder Verrücktheit zu erklären, so werden sie vielleicht mit der Zeit das gegenseitige Verhalten sehr gut voraussagen können. Jeder wird gelernt haben, die Theorie des anderen und ihre Konsequenzen in seine eigene Sprache zu übersetzen und gleichzeitig in seiner Sprache die Welt zu beschreiben, auf die sich

diese Theorie bezieht. Das ist das, was der Wissenschaftshistoriker regelmäßig tut (oder tun sollte), wenn er veraltete wissenschaftliche Theorien behandelt.

Da eine fortgesetzte Übersetzung den von einer Kommunikationsstörung Betroffenen die Möglichkeit gibt, auch etwas über die Stärken und Schwächen des anderen Standpunkts zu erfahren, ist sie ein starkes Mittel der Überzeugung und Bekehrung. Aber selbst die Überzeugung braucht nicht zu gelingen, und wenn sie dennoch gelingt, braucht ihr die Bekehrung nicht zu folgen. Die zwei Erfahrungen sind nicht identisch; dies ist ein wichtiger Unterschied, den ich erst kürzlich ganz erkannt habe.

Jemanden überzeugen heißt wohl, ihm klarzumachen, daß die eigene Ansicht richtiger ist und deshalb die andere ersetzen sollte. Das wird gelegentlich schon ohne den Rückgriff auf eine Übersetzung erreicht. Gelingt nicht einmal diese, so werden viele der von den Mitgliedern einer wissenschaftlichen Gruppe vertretenen Erklärungen und Problemstellungen für die andere Gruppe unverständlich bleiben. Aber jede Sprachgemeinschaft kann gewöhnlich von Anbeginn einige konkrete Forschungsergebnisse vorlegen, die zwar in Sätzen beschreibbar sind, die von beiden Gruppen gleich verstanden werden, die aber von der anderen Gemeinschaft mit ihren eigenen Begriffen nicht erklärt werden können. Wenn der neue Gesichtspunkt eine Zeitlang beibehalten wird und weiterhin fruchtbar ist, dann gewinnt man wahrscheinlich immer mehr Forschungsergebnisse, die sich so ausdrücken lassen. Für einige Personen werden nur solche Ergebnisse maßgebend sein. Sie können sagen: ich weiß nicht, wie die Verfechter des neuen Standpunktes zu ihrem Erfolg kommen, aber ich muß lernen; was sie tun, ist offenbar richtig. So reagieren besonders leicht Personen, die gerade einen Beruf anfangen, denn sie haben das besondere Vokabular und die Bindungen jeder der beiden Gruppen noch nicht erworben.

Argumente, die sich in dem von beiden Gruppen gleich gebrauchten Vokabular ausdrücken lassen, sind aber gewöhnlich nicht entscheidend, wenigstens nicht, bevor ein sehr spätes Stadium in der Entwicklung der entgegengesetzten Standpunkte erreicht ist. Von denen, die der Berufsgruppe schon angehören, werden wohl nur wenige ohne den Rückgriff auf ausgedehntere Vergleiche überzeugt, die die Übersetzung ermöglicht. Obwohl dafür oft mit sehr langen und komplizierten Sätzen bezahlt wird (man denke an die

Proust-Berthollet-Kontroverse, die ohne Benutzung des Ausdrucks »Element« geführt wurde), können viele zusätzliche Forschungsergebnisse aus einer Gruppensprache in die andere *übersetzt* werden. Mit fortschreitender Übersetzung können auch einige Mitglieder jeder Gemeinschaft beginnen, einfühlend zu verstehen, wie eine früher schwer verständliche Aussage für die Mitglieder der anderen Gruppe eine Erklärung sein konnte. Das Vorhandensein solcher Methoden garantiert natürlich nicht die Überzeugung. Für die meisten Menschen ist das Übersetzen etwas Bedrohliches, und es ist der »normalen« Wissenschaft völlig fremd. Es gibt immer Gegenargumente und keine Regeln, die sagen, wie man entscheiden soll. Wenn aber ein Argument zum anderen kommt und ein Angriff nach dem anderen erfolgreich abgewehrt wird, dann ist fortgesetzter Widerstand nur mit blinder Hartnäckigkeit zu erklären.

Damit gewinnt ein zweiter Aspekt der Übersetzung, der Historikern und Linguisten längst bekannt ist, entscheidende Bedeutung. Übersetzt man eine Theorie oder eine Weltanschauung in die eigene Sprache, dann macht man sie sich noch nicht zu eigen. Dazu muß man einheimisch werden, entdecken, daß man in einer Sprache, die früher fremd war, denkt und arbeitet und nicht nur aus ihr übersetzt. Diesen Übergang kann der einzelne aber nicht willentlich vollziehen oder unterlassen, aus wie guten Gründen er es auch wünschen mag. Statt dessen stellt er irgendwann einmal, während er übersetzen lernt, fest, daß der Übergang statgefunden hat, daß er ohne vorherigen Entschluß in die neue Sprache übergegangen ist. Oder er sieht sich wie viele, die in mittleren Jahren zum erstenmal der Relativitäts- oder Quantentheorie gegenüberstanden, von dem neuen Standpunkt völlig überzeugt und ist dennoch unfähig, ihn zu internalisieren und in der entsprechenden Welt sich heimisch zu fühlen. Intellektuell hat diese Person ihre Wahl getroffen, aber die Konversion, die notwendig wäre, um die Wahl wirksam zu machen, gelingt ihr nicht. Trotzdem kann sie die neue Theorie verwenden; sie tut das aber als Fremder in einer fremden Umgebung, und diese Möglichkeit hat sie nur deshalb, weil es dort schon Einheimische gibt. Ihre Arbeit ist dort parasitär, denn ihr fehlt die Konstellation geistiger Strukturen (mental sets), die zukünftige Gemeinschaftsmitglieder durch Ausbildung erwerben.

Die Konversionserfahrung, die ich mit einem Gestaltwandel ver-

glichen habe, bleibt daher im Zentrum des revolutionären Prozesses. Gute Gründe für die Wahl liefern Motive für die Konversion und ein Klima, in dem sie leichter vonstatten geht. Übersetzung kann zusätzlich Ansatzpunkte für eine Nervenreprogrammierung schaffen, die, so unergründlich sie heute noch ist, der Veränderung zugrunde liegen muß. Aber weder gute Gründe noch Übersetzung machen die Konversion aus; doch diese müssen wir klären, um eine wesentliche Art wissenschaftlicher Veränderung zu verstehen.

6. *Revolutionen und Relativismus*

Eine Konsequenz der gerade dargestellten Position hat mehrere meiner Kritiker besonders gestört.¹⁸ Sie halten meinen Standpunkt besonders in der Entwicklung im letzten Abschnitt dieses Buches für relativistisch. Meine Bemerkungen zur Übersetzung erhellen die Gründe des Vorwurfs. Die Verfechter unterschiedlicher Theorien ähneln den Mitgliedern verschiedener Sprach- und Kulturgemeinschaften. Die Anerkennung dieser Parallelität läßt vermuten, daß in gewissem Sinne beide Gruppen recht haben können. Auf die Kultur und ihre Entwicklung angewendet ist diese Position relativistisch.

Aber auf die Wissenschaft angewendet braucht sie es nicht zu sein, und sie ist jedenfalls weit von *bloßem* Relativismus entfernt in einer Hinsicht, die ihre Kritiker übersehen haben. Als Gruppe oder in Gruppen sind die Vertreter der entwickelten Wissenschaften, wie ich behauptet habe, im Grunde Rätsellöser. Obgleich die Werte, die sie bei der Theoriewahl anwenden, sich auch aus anderen Aspekten ihrer Arbeit herleiten, ist die nachgewiesene Fähigkeit, auf die Natur bezügliche Rätselaufgaben zu stellen und zu lösen, im Falle des Wertkonflikts das beherrschende Kriterium für die meisten Mitglieder einer wissenschaftlichen Gruppe. Wie jeder andere Wert erweist sich die Fähigkeit, Probleme zu lösen, in der Anwendung als zweideutig. Zwei Personen, die sie gleichermaßen besitzen, können sich trotzdem in den Urteilen voneinander unterscheiden, zu denen sie durch ihre Anwendung gelangen. Aber das Verhalten einer Gruppe, die sie zur hervorragenden Eigenschaft macht, wird sich sehr vom Verhalten einer Gruppe unterscheiden, die das nicht tut. In den Naturwissenschaften, glaube ich, hat der

hohe Wert, den man der Fähigkeit, Probleme zu lösen, zumißt, folgende Konsequenzen.

Man stelle sich einen Stammbaum vor, der die Entwicklung der modernen wissenschaftlichen Spezialgebiete aus ihren gemeinsamen Ursprüngen etwa in der primitiven Naturphilosophie und dem Handwerk darstellt. Eine Aufwärtslinie an diesem Baum, die nirgends wieder zurückläuft und vom Stamm bis zum Ende eines Astes reicht, würde eine Folge von Theorien darstellen, die durch Abstammung miteinander verwandt sind. Betrachtet man zwei solche Theorien an Punkten, die ihrem Ursprung nicht zu nahe sind, dann müßte es einfach sein, eine Liste von Kriterien zu erstellen, die es einem unvoreingenommenen Beobachter ermöglichen, die frühere von der späteren Theorie zuverlässig zu unterscheiden. Zu den nützlichsten Kriterien würden gehören: Genauigkeit der Voraussage, besonders der quantitativen Voraussage, das Verhältnis zwischen esoterischen und alltäglichen Gegenstandsbereichen und die Anzahl der verschiedenen gelösten Probleme. Zu diesem Zweck weniger nützliche, aber auch wichtige Determinanten wissenschaftlichen Lebens wären Werte wie Einfachheit, Anwendungsbreite und Verträglichkeit mit anderen Spezialgebieten. Diese Listen sind noch nicht die richtigen, sie können aber zweifellos vervollständigt werden. Wenn dem so ist, dann ist die wissenschaftliche Entwicklung wie die biologische ein eindeutig gerichteter und nicht umkehrbarer Vorgang. Spätere wissenschaftliche Theorien sind besser als frühere geeignet, Probleme in den oft ganz unterschiedlichen Umwelten, auf die sie angewendet werden, zu lösen. Dies ist keine relativistische Position, und in diesem Sinne bin ich fest überzeugt vom wissenschaftlichen Fortschritt.

Verglichen mit dem Begriff des Fortschritts, wie er bei Wissenschaftstheoretikern und Laien vorherrscht, fehlt dieser Position ein wesentliches Element. Eine wissenschaftliche Theorie wird gewöhnlich für besser als ihre Vorläufer gehalten, und zwar nicht nur im Sinne eines besseren Instruments für die Entdeckung und Lösung von Problemen, sondern auch, weil sie in gewisser Weise eine bessere Darstellung dessen sei, was die Natur wirklich ist. Man hört oft, daß aufeinander folgende Theorien sich der Wahrheit immer mehr annäherten. Anscheinend beziehen sich solche Verallgemeinerungen nicht auf die Problemlösungen und die konkreten Voraussagen, die aus einer Theorie abgeleitet werden, sondern auf ihre Ontologie, d. h. auf die Übereinstimmung zwischen

den Entitäten, mit denen die Theorie die Natur besiedelt, und dem, was »wirklich vorhanden« ist.

Vielleicht gibt es eine andere Möglichkeit, den Begriff der »Wahrheit« für die Anwendung auf ganze Theorien zu retten, die aber dürfte kaum ausreichen. Meines Erachtens gibt es keine von Theorien unabhängige Möglichkeit, Ausdrücke wie »wirklich vorhanden« zu rekonstruieren; die Vorstellung von einer Übereinstimmung zwischen der Ontologie einer Theorie und ihrem »realen« Gegenstück in der Natur scheint mir jetzt prinzipiell trügerisch zu sein. Als Historiker finde ich außerdem diese Ansicht sehr wenig einleuchtend. Ich bezweifle beispielsweise nicht, daß die Newtonsche Mechanik die Aristotelische und die Einsteinsche Mechanik die Newtonsche als ein Instrument der Problemlösung verbessert. Ich kann aber in ihrer Abfolge keine einheitliche Richtung einer ontologischen Entwicklung sehen. Im Gegenteil, in manchem wichtigen Punkt, wenn auch keineswegs in jedem, ist Einsteins allgemeine Relativitätstheorie Aristoteles näher; Newton scheint da beiden ferner zu sein. Obgleich die Versuchung verständiglich ist, diesen Standpunkt als relativistisch zu beschreiben, scheint mir die Beschreibung falsch zu sein. Wenn dagegen dieser Standpunkt relativistisch sein soll, dann kann ich nicht erkennen, daß der Relativist etwas verlöre, das zur Erklärung der Eigenart und der Entwicklung der Wissenschaften erforderlich ist.

7. Die Natur der Wissenschaft

Ich schliesse mit einer kurzen Behandlung zweier häufiger Reaktionen auf die ursprüngliche Fassung meines Buches. Die erste ist kritisch, die zweite zustimmend; keine von beiden scheint mir ganz richtig zu sein. Obwohl beide sich weder auf das bisher Gesagte noch aufeinander beziehen, sind sie doch so häufig, daß sie eine Antwort erfordern.

Einige Leser haben festgestellt, daß ich wiederholt zwischen deskriptiver und normativer Darstellung wechsele, ein Übergang, der in gelegentlichen Passagen, die mit »Aber das tun die Wissenschaftler nicht« beginnen und mit der Forderung schließen, daß die Wissenschaftler das nicht tun sollten, besonders deutlich wird. Einige Kritiker behaupten, ich bringe Deskription und Präskrip-

tion durcheinander und verletze damit den altherwürdigen philosophischen Satz: Aus dem Sein kann kein Sollen folgen.¹⁹

Dieser Satz ist in der Praxis zur Phrase geworden und wird durchaus nicht mehr überall hochgehalten. Eine Reihe zeitgenössischer Philosophen haben bedeutende Zusammenhänge entdeckt, in denen Normatives und Deskriptives untrennbar miteinander verbunden sind.²⁰ Ist und sollte sein sind keineswegs immer so sauber getrennt, wie es schien. Es bedarf aber nicht der Feinheiten der zeitgenössischen linguistischen Philosophie, um die scheinbare Verwirrung dieses Aspekts meines Standpunkts zu klären. Die obigen Darlegungen stellen einen Standpunkt oder eine Theorie über die Natur der Wissenschaft dar, und wie andere Wissenschaftstheorien enthält sie Konsequenzen für die Verhaltensweisen von Wissenschaftlern, wenn sie erfolgreich sein wollen. Obgleich sie nicht richtiger zu sein braucht als andere Theorien, liefert sie doch die legitime Basis für die wiederholte Verwendung von Ausdrücken wie »sollte sein«. Umgekehrt ist ein Bündel von Gründen dafür, die Theorie ernst zu nehmen, die Tatsache, daß die Wissenschaftler, deren Methoden aufgrund ihres Erfolges entwickelt und ausgewählt sind, sich tatsächlich so verhalten, wie die Theorie es vorschreibt. Meine deskriptiven Verallgemeinerungen sprechen gerade deshalb für die Theorie, weil sie auch aus ihr abgeleitet werden können, während sie bei anderen Anschauungen über die Natur der Wissenschaft anomales Verhalten bilden.

Dieses Argument ist zirkulär, aber meiner Ansicht nach kein schlechter Zirkel. Die Konsequenzen der besprochenen Anschauung sind mit den Beobachtungen, auf denen sie zu Anfang aufgebaut war, nicht erschöpft. Schon vor der Publikation des Buches hatte ich gefunden, daß Teile der darin dargestellten Theorie ein nützliches Werkzeug für die Erforschung wissenschaftlichen Verhaltens und wissenschaftlicher Entwicklung sind.

Der Vergleich dieses Postkripts mit den Darlegungen des Haupttextes dürfte zeigen, daß sie weiterhin diese Rolle spielt. Ein bloß zirkulärer Standpunkt kann eine solche Orientierung nicht leisten.

Auf eine letzte Reaktion auf dieses Buch muß ich anders antworten. Manche freuten sich weniger deshalb an ihm, weil es die Wissenschaft beleuchtet, sondern weil sie seine Hauptthesen auch auf vielen anderen Gebieten für anwendbar halten. Ich verstehe sie und möchte sie in ihren Versuchen, den Standpunkt auszuweiten, nicht entmutigen; dennoch hat mich ihre Reaktion verwirrt. In dem

Maße, wie das Buch die wissenschaftliche Entwicklung als eine Folge traditionsgebundener Perioden darstellt, zwischen denen nicht-kumulative Umbrüche liegen, sind seine Thesen zweifellos weithin anwendbar. Kein Wunder, denn sie sind aus anderen Bereichen zusammengetragen. Die Geschichtsschreibung der Literatur, Musik, bildenden Kunst, Politik und vieler anderer menschlicher Tätigkeiten beschreibt ihren Gegenstand seit langem auf diese Weise. Periodisierung durch revolutionäre Umbrüche von Stil, Geschmack und institutioneller Struktur gehören zu ihren Standardwerkzeugen. Wenn ich hinsichtlich solcher Vorstellungen originell war, dann hauptsächlich durch ihre Anwendung auf die Naturwissenschaften, auf Gebiete also, von denen man allgemein dachte, sie entwickelten sich anders. Es ist denkbar, daß der Begriff des Paradigmas als eines konkreten Ergebnisses, eines Musterbeispiels, ein zweiter Beitrag ist. Ich vermute beispielsweise, daß einige der bekanntesten Schwierigkeiten des Stilbegriffs in der Kunst sich lösen, wenn man erkennt, daß Bilder mit anderen Bildern als Vorbild und nicht gemäß davon abstrahierten Stilprinzipien gemalt werden.²¹

Die Absicht des Buches war es auch, auf einen anderen Punkt hinzuweisen, der vielen Lesern weniger klar geworden ist. Obgleich die wissenschaftliche Entwicklung derjenigen anderer Gebiete vielleicht ähnlicher ist, als oft angenommen wird, unterscheidet sie sich doch auch auffallend von ihr. Die Behauptung, der Fortschritt der Wissenschaften sei wenigstens von einem bestimmten Punkt ihrer Entwicklung an anders als der anderer Gebiete, kann nicht ganz falsch gewesen sein, was immer Fortschritt auch sei. Ein Gegenstand des Buches waren die Untersuchung solcher Unterschiede und Ansätze zu ihrer Erklärung.

Man denke beispielsweise an die obige wiederholte Betonung des Fehlens oder besser der relativen Seltenheit konkurrierender Schulen in den entwickelten Wissenschaften oder an meine Bemerkungen über das Ausmaß, in dem die Mitglieder einer gegebenen wissenschaftlichen Gemeinschaft das alleinige Publikum und die alleinigen Richter der Arbeit der Gemeinschaft sind. Oder man denke weiter an die besondere Eigenart der wissenschaftlichen Ausbildung, an Problemlösung als ein Ziel und an das Wertesystem, das die wissenschaftliche Gruppe in Krisen- und Entscheidungsphasen verwendet. Das Buch stellt weitere ähnliche Merkmale heraus, keins ist notwendig spezifisch für die Wissenschaft, aber miteinander

der verbunden zeichnen sie die wissenschaftliche Tätigkeit als eine besondere aus.

Über all diese Merkmale der Wissenschaft muß noch viel mehr in Erfahrung gebracht werden. Ich habe dieses Postskript mit der Betonung der Notwendigkeit begonnen, die Gemeinschaftsstruktur der Wissenschaft zu studieren. Ich schließe es mit der Unterstreichung der Notwendigkeit ähnlicher, vor allem vergleichender Studien der entsprechenden Gemeinschaften auf anderen Gebieten. Wie wählt man, und wie wird man zum Mitglied einer bestimmten wissenschaftlichen oder nichtwissenschaftlichen Gemeinschaft gewählt? Worin bestehen der Prozeß und die Stadien der Sozialisation in der Gruppe? Was sieht die Gruppe kollektiv als ihre Ziele an? Welche individuellen oder kollektiven Abweichungen wird sie tolerieren? Und wie wird sie mit unzulässigen Abweichungen fertig? Ein besseres Verständnis der Wissenschaft wird auch von Antworten auf andere Fragen abhängen, aber es gibt kein anderes Gebiet, auf dem weitere Arbeit so dringend nötig wäre. Wissenschaftliche Kenntnisse sind wie die Sprache wesentlich das Gemeingut einer Gruppe, oder es gibt sie nicht. Um sie zu verstehen, werden wir die besonderen Charakteristika der Gruppen kennen müssen, die sie hervorbringen und gebrauchen.