

# Logik der Forschung



Klassiker Auslegen

Herausgegeben von  
Otfried Höffe  
Band 12

Otfried Höffe ist Leiter der Forschungsstelle Politische Philosophie  
an der Universität Tübingen.

Karl Popper

# Logik der Forschung

Herausgegeben  
von Herbert Keuth

4., bearbeitete Auflage



Akademie Verlag

Titelbild: Karl Popper, Foto von Lotte Meitner-Graf, 1946

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

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

ISBN 978-3-05-005708-8

E-Book: ISBN 978-3-05-006378-2

© Akademie Verlag GmbH, Berlin 2013

Ein Wissenschaftsverlag der Oldenbourg Gruppe

[www.akademie-verlag.de](http://www.akademie-verlag.de)

Dieses Papier ist alterungsbeständig nach DIN/ISO 9706.

Das Werk einschließlich aller Abbildungen ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Bearbeitung in elektronischen Systemen.

Gesamtgestaltung: K. Groß, J. Metzke, Chamäleon Design Agentur, Berlin

Satz: Hans Herschelmann, Berlin

Druck: Concept Medien und Druck, Berlin

Gesetzt aus Janson Antiqua

Printed in the Federal Republic of Germany

---

## Inhalt

<b>Einführung</b>	
<i>Herbert Keuth</i> .....	1
<b>1.</b>	
<b>Das Problem der Induktion (I. Kap., Abschn. 1)</b>	
<i>Gerhard Schurz</i> .....	25
<b>2.</b>	
<b>Das Abgrenzungsproblem (I. Kap., Abschn. 4)</b>	
<i>Hans Jürgen Wendel</i> .....	41
<b>3.</b>	
<b>On Methodological Proposals (II. Kap.)</b>	
<i>David Miller</i> .....	67
<b>4.</b>	
<b>Explanation, Description and Scientific Realism (III. Kap., Abschn. 12)</b>	
<i>Alan E. Musgrave</i> .....	83
<b>5.</b>	
<b>Falsifiability (IV. Kap.)</b>	
<i>Elie G. Zahar</i> .....	103
<b>6.</b>	
<b>Bewährung (X. Kap.)</b>	
<i>Volker Gadenne</i> .....	125
<b>7.</b>	
<b>Basisprobleme (V. Kap.)</b>	
<i>Gunnar Andersson</i> .....	145
<b>8.</b>	
<b>Universalien, Dispositionen und Naturnotwendigkeit (Anhang *X)</b>	
<i>Axel Bübler</i> .....	167

<b>9.</b>	
<b>Wahrscheinlichkeit (VIII. Kap.)</b>	
<i>Peter Schroeder-Heister</i> .....	187
<b>10.</b>	
<b>Bemerkungen zur Quantenmechanik (IX. Kap.)</b>	
<i>Klaus Jürgen Dütsberg</i> .....	217
<b>11.</b>	
<b>Does Scientific Discovery Have a Logic?</b>	
<i>Herbert A. Simon</i> .....	237
<b>Auswahlbibliographie</b> .....	251
<b>Personenregister</b> .....	258
<b>Sachregister</b> .....	262
<b>Hinweise zu den Autoren</b> .....	271

---

Herbert Keuth

# Einführung

Karl Raimund Popper wurde am 28. Juli 1902 in Wien geboren. Im Jahre 1928 promovierte er bei Karl Bühler mit einer Arbeit *Zur Methodenfrage der Denkpsychologie*. Danach beschäftigte er sich intensiver mit allgemeinen Fragen der Methodologie und der Erkenntnistheorie. Insbesondere setzte er sich mit Thesen auseinander, die seinerzeit im Wiener Kreis diskutiert wurden. Dabei entstanden auch Niederschriften, aber keine Veröffentlichungen.<sup>1</sup>

Doch Herbert Feigl drängte ihn, seine Ideen in Buchform zu veröffentlichen. So entstand ein Manuskript mit dem Titel *Die beiden Grundprobleme der Erkenntnistheorie*. Gemeint sind das Abgrenzungs- und das Induktionsproblem. Anfang 1932 schloß Popper jenen Teil ab, den er als ersten Band zu veröffentlichen gedachte. Verschiedene Mitglieder des Wiener Kreises lasen das Manuskript. Schlick und Frank nahmen es 1933 zur Veröffentlichung in der Reihe *Schriften zur wissenschaftlichen Weltanschauung* an. Doch der Verlag Julius Springer in Wien begrenzte den Umfang auf 240 Seiten. Deshalb legte Popper ein neues Manuskript vor, das Auszüge aus nunmehr beiden Bänden enthielt. Es übertraf immer noch den zugestanden Umfang von fünfzehn Druckbögen. So kürzte sein Onkel Walter Schiff es noch einmal um etwa die Hälfte. Dieser letzte Auszug wurde im November 1934 unter dem Titel *Logik der Forschung. Zur Erkenntnistheorie*

1 Die biographischen Daten entnehme ich Poppers Autobiographie (1984) und Victor Krafts Geschichte des Wiener Kreises (1968).

der modernen Naturwissenschaft veröffentlicht, als Erscheinungsjahr war 1935 angegeben. Der Untertitel fehlt in allen späteren Ausgaben. Das Manuskript des ersten Bandes der *Grundprobleme* existiert noch, das des zweiten Bandes ging größtenteils verloren. Was erhalten blieb, wurde erst 1979 von Troels Eggers Hansen herausgegeben. (Hacohen (2000) bezweifelt die Darstellung in Poppers Autobiographie und hält die *Logik* für ein von den *Grundproblemen* verschiedenes Werk.)

Rudolf Carnap zählte die *Logik der Forschung*<sup>2</sup> schon 1935 „zu den wichtigsten gegenwärtigen Arbeiten auf dem Gebiet der Wissenschaftslogik“, und man darf sie heute zu den wichtigsten wissenschaftstheoretischen Arbeiten des 20. Jahrhunderts zählen. Sie enthält die Grundgedanken des *kritischen Rationalismus* und blieb deshalb Poppers Hauptwerk. Zeit seines Lebens hat er daran weiter gearbeitet, doch die zentralen Thesen konnten unverändert bleiben. Sie erklären, warum all unser „Wissen“ fehlbar ist und warum wir nicht primär aus erfüllten, sondern aus gescheiterten Erwartungen lernen. Der Erkenntnisfortschritt resultiert aus Versuch und Irrtum.

So nannte Popper eine Sammlung weiterführender Aufsätze *Vermutungen und Widerlegungen. Das Wachstum der wissenschaftlichen Erkenntnis* (engl. 1963, dt. 1994/97). In seinen Büchern *Die offene Gesellschaft und ihre Feinde* (engl. 1945, dt. 1957/58) und *Das Elend des Historizismus* (engl. 1957, dt. 1965) übertrug er die Grundgedanken des kritischen Rationalismus auf die politische Philosophie.

Die Autoren dieses Bandes haben sich um eine verständliche Darstellung bemüht. Zum Teil verweisen die Beiträge auch aufeinander. Ihr Ziel ist aber nicht eine didaktisch vereinfachende Erschließung der *Logik*, sondern die ernsthafte Auseinandersetzung mit deren Thesen. Deshalb erscheint eine zusammenfassende Darstellung für all jene sinnvoll, die Poppers *Logik* noch nicht intensiv gelesen haben. Sie soll zugleich in die *Logik* und in die kommentierenden Beiträge einführen. Die Darstellung

2 Der Titel *Logik der Forschung* wird im folgenden wie auch in den anderen Beiträgen dieses Bandes mit „*Logik*“ abgekürzt, bei Quellenangaben mit „LdF“ bzw mit „LSD“, wenn aus der englischen Ausgabe zitiert wird. Zitate entnehme ich stets der 2. und der 11. deutschen Auflage, Tübingen 1966 bzw. 2005; z.B.: (LdF 255/304).

eines Beitrags zu diesem Band beginnt mit dessen Nummer in eckigen Klammern (z. B. [1]), am Ende der Darstellung eines nummerierten Abschnitts steht dessen Nummer (z. B. [1.3]) und Verweise auf andere Beiträge dieses Bandes werden mit einem abgekürzten „siehe“ eingeleitet (z. B. [s. 2.2]). Es war weder möglich noch sinnvoll, den Umfang jeder Darstellung nach dem Umfang des jeweils Dargestellten zu bemessen; nicht möglich, weil man einfache Argumente hier zusammenfassen, komplexere aber nur andeuten kann, nicht sinnvoll, weil manche Argumente für das Verständnis der *Logik* zentral, andere von geringerer Bedeutung sind.

In einem Brief an die Herausgeber der *Erkenntnis* hat Popper seine Grundgedanken skizziert.<sup>3</sup> Hier gewichtet er die beiden Grundprobleme. Das „Humesche ‚*Problem der Induktion*‘“, die Frage nach der Geltung der Naturgesetze, erscheint als *Vorfrage*. Dagegen ist „das ‚*Abgrenzungsproblem*‘ (Kants Frage nach den ‚Grenzen der wissenschaftlichen Erkenntnis‘)“ die *Hauptfrage*. Popper reformuliert sie als „die Frage nach einem Kriterium der Unterscheidung von ‚empirisch-wissenschaftlichen‘ und ‚metaphysischen‘ Behauptungen (Sätzen, Satzsystemen)“.

Das *Induktionsproblem* resultiert aus dem scheinbaren Widerspruch zwischen der Grundthese des Empirismus, nach der wir Aussagen über die Wirklichkeit nur anhand der Erfahrung beurteilen können, und Humes Einsicht in die Unzulässigkeit induktiver (verallgemeinernder) Beweisführungen. Wieviele Beobachtungen weißer Schwäne wir auch machen, sie (genauer: die Sätze, die sie beschreiben) beweisen nicht die Wahrheit des Satzes „Alle Schwäne sind weiß“. Doch ein Widerspruch ergibt sich erst, wenn man, wie Wittgenstein und Schlick, auch voraussetzt, daß alle „echten Sätze“ verifizierbar sein müssen. Andererseits widerlegt schon die erste Beobachtung eines schwarzen Schwanes die Hypothese „Alle Schwäne sind weiß“. Deshalb schlägt Popper vor, Theorien als zwar nicht verifizierbare, wohl aber falsifizierbare Aussagen über die Wirklichkeit anzusehen. Damit ist der Widerspruch des Induktionsproblems gelöst.

3 Er wurde unter dem Titel „Ein Kriterium des empirischen Charakters theoretischer Systeme“ in der Zeitschrift *Erkenntnis* (3, 1933, S. 426–428) veröffentlicht und ist in den späteren Ausgaben der *Logik* als „vorläufige Mitteilung“ im Anhang \*I wieder abgedruckt.

In seiner Autobiographie (1984) mißt er dieser Antwort auf die „Vorfrage“ eine größere Bedeutung bei. Sie betrifft nun nicht mehr nur die *Beweisbarkeit*, sondern auch die faktische *Gewinnung* genereller Hypothesen. Popper meint, die „psychologische Theorie des Lernens durch Wiederholung“ widerlegt zu haben (1984, S. 68). Erfahrung resultiere nicht aus passiver Aufnahme, sondern aus aktiver Suche nach Regelmäßigkeiten. Der Beobachtung gehe stets eine Hypothese voraus. Deshalb bestehe alles Lernen „in einer Modifizierung (es mag eine Widerlegung sein) von älterem Wissen und daher, in letzter Analyse, von angeborenem Wissen in der Form von Dispositionen“ (1984, 69).

[1] *Gerhard Schurz* skizziert zunächst die Argumente zur Induktion, die sich in der *Logik* finden. Der geschilderten These der logischen Unmöglichkeit jedes *induktiven Beweises* einer Hypothese stimmt er natürlich zu [1.1]. Doch philosophisch interessant erscheinen ihm erst die weitergehenden Überlegungen. Anders als Popper schließt er die *induktive Gewinnung* einer Hypothese nicht völlig aus. Bei einfachen Hypothesen der Form „Alle Schwäne sind weiß“ sei die *empirische Induktion* vielleicht möglich, bei komplexeren Theorien wie der Newtonschen Physik aber ausgeschlossen, weil hier theoretische Begriffe wie „Masse“ vorkommen, die sich in Beobachtungssätzen nicht finden [1.2].

Als *logische Induktionsauffassung* thematisiert Schurz die Feststellung des *Bestätigungsgrades* [s. 6] bzw. der *induktiven Wahrscheinlichkeit* [s. 9] oder der *Wahrheitsnähe* einer Theorie anhand von Beobachtungssätzen. Popper schließt die Möglichkeit quantitativer Angaben aus. Später (1983) erklärt er das damit, daß man nicht alle denkbaren Alternativtheorien eliminieren kann. Aber den paarweisen Vergleich von Theorien hinsichtlich ihrer *Bewährung* hält er für möglich. Darin sieht Schurz eine wesentliche Einsicht in die Grenzen des induktivistischen Programms [1.3].

Laut Popper wählen wir unter den vorhandenen Theorien jene für zukünftige Anwendungen aus, die sich bisher am besten bewährt hat [s. 6]. Schurz argumentiert, hier werde stillschweigend ein *pragmatisches Induktionsprinzip* angenommen, das besagt, die *bisher* erfolgreichere Theorie werde wahrscheinlich auch *zukünftig* erfolgreicher sein, doch Popper weigere sich

hartnäckig, diese Form der Induktion anzuerkennen, obwohl seine Wissenschaftstheorie dadurch kohärenter würde [1.4].

[2] Das *Abgrenzungsproblem* hatte im Wiener Kreis eine radikale Lösung gefunden. Wittgenstein postulierte, jeder sinnvolle Satz müsse auf Beobachtungssätze zurückführbar und damit an der Erfahrung sowohl verifizierbar als auch falsifizierbar sein. Mit diesem *Sinnkriterium* schien die Metaphysik überwunden. Aber auch die Naturgesetze sind, wegen des Induktionsproblems, nicht aus Beobachtungssätzen ableitbar, also nicht (streng) verifizierbar. Demnach wären selbst sie „sinnlose Scheinsätze“. Doch damit verfehlt dieser Abgrenzungsversuch seinen Zweck. Popper schlägt deshalb „als Abgrenzungskriterium das ‚*Kriterium der Falsifizierbarkeit*‘“ vor (LdF, 255/304). Es erlaubt, die Sätze der empirischen Wissenschaften gegen metaphysische wie auch gegen konventionalistisch-tautologische abzugrenzen, ohne die Metaphysik für sinnlos erklären zu müssen (LdF, 255f./304f.).

*Hans Jürgen Wendel* untersucht die Thesen zum Abgrenzungsproblem aus dem Blickwinkel von Poppers Autobiographie. Danach wollte Popper die Wissenschaften zunächst gegen *pseudowissenschaftliche* Theorien wie den Marxismus und die Psychoanalyse abgrenzen. Wegen deren starker Verbindungen zur *Metaphysik* wandte er sein Abgrenzungskriterium *auch* auf die Metaphysik an. Doch seine Auseinandersetzungen mit dem Wiener Kreis führten dazu, daß sein Kriterium *vor allem* die Trennungslinie zur Metaphysik zu ziehen schien [2.1].

Popper faßt im Kriterium der Falsifizierbarkeit zwei Aspekte zusammen, einen logischen und einen, der die Geltungsgrundlage betrifft [2.2]. Allgemeine Sätze („Alle Schwäne sind weiß“) können bestimmten besonderen Sätzen („Dies ist ein schwarzer Schwan“) *logisch* widersprechen. Insofern verbieten sie etwas, und sie scheitern, wenn dies der Fall ist. Das macht ihren *Informationsgehalt* aus. Diese *logische* Eigenschaft grenzt *synthetische von analytischen* Sätzen ab [2.2.1]. Sollen synthetische Sätze wissenschaftlich sein, so genügt es nicht, daß sie an beliebigen Sätzen scheitern können, vielmehr muß es sich dabei um *empirische* Sätze handeln. Das Abgrenzungskriterium verweist also auf die Methode der empirischen Prüfung [s. 3.]. Damit grenzt es *empirische gegen metaphysische* Sätze ab. Da es

Popper primär um die empirischen Wissenschaften geht, unterscheidet er oft nicht zwischen dem logischen und dem methodologischen Gesichtspunkt [2.2.2].

Wendel arbeitet nun Unterscheidungen heraus, die Popper so i. a. nicht formuliert. Die Abgrenzung von Wissenschaft und *Metaphysik* geschieht innerhalb der Klasse der falsifizierbaren Sätze (denen ein anderer, nicht notwendig empirischer, Satz widerspricht). *Pseudowissenschaften* dagegen kombinieren metaphysische Aussagen mit vermeintlich empirischen, tatsächlich jedoch analytischen Aussagen [2.3].

Die Abgrenzung von Wissenschaft und Metaphysik gelingt auch nicht eindeutig [2.4]. So sei es im Rahmen einer realistischen Erkenntnistheorie denkbar, daß falsche metaphysische Urteile bestimmten Erfahrungen widersprechen [2.4.1]. Und ob etwas beobachtbar ist, kann sich mit dem Wissensstand und den technischen Möglichkeiten ändern [2.4.2]. Schließlich können auch erkenntnistheoretische Erwägungen die Grenze des Empirischen verschieben, wie etwa Annahmen über die Wirklichkeit subjektiver Erlebnisse [2.4.3].

[3] Um anwendbar zu sein, bedarf das Falsifizierbarkeitskriterium methodologischer Ergänzungen [s. 5]. Popper geht aber weit darüber hinaus, denn nach seinem Vorschlag „ist die Erkenntnistheorie oder Forschungslogik *Methodenlehre*“ (LdF, 22/26, H. i. O.). *David Miller* schildert zunächst die Rolle methodologischer Überlegungen in der *Logik* [3.1]. Die Beurteilung von Theorien ist kein rein logischer Vorgang, sondern erfordert *Entscheidungen*. Deshalb benötigt man für Urteile über Basissätze (Beobachtungssätze, die Theorien widersprechen) und über Wahrscheinlichkeitshypothesen *methodologische Regeln* [s. 5; 6; 7]. Das gilt auch für die Wahl jener von mehreren Prämissen einer gescheiterten Prognose, die als widerlegt gelten soll (Duhem/Quine-Problem) [s. 5.2]. Doch Anhänger der Bayesschen Wissenschaftstheorie halten Entscheidungen über Theorien für entbehrlich, wenn man angesichts gegebener (subjektiver) Wahrscheinlichkeitsverteilungen und Nutzenfunktionen den erwarteten Nutzen zu maximieren sucht. Miller zeigt, daß dieser Vorschlag methodologisch leer ist [3.2].

Methodologische Regeln mögen bestimmte Entscheidungen (die z. B. die Falsifizierbarkeit beeinträchtigen) *ausschlie-*

ßen, aber sie können keine Entscheidungen *vorschreiben*. Ebenso wenig können sie Entscheidungen *erübrigen*, obwohl die Entscheidung, eine Regel anzuwenden, oft eine Vielzahl anderer Entscheidungen ersetzt [3.3]. Deshalb kann man die Praxis der Wissenschaft nicht auf die Anwendung methodologischer Regeln reduzieren. Vielmehr ist jeder neue Schritt erfinderisch. Die Methode von Versuch und Widerlegung mag nicht sehr gehaltvoll, die *Methodologie* der *Logik* vielmehr in einem bestimmten Sinne *minimal* sein, aber das begrenzt auch das Eindringen metaphysischer Elemente in der Gestalt methodologischer Regeln. Die *Regeln* selbst sind *Konventionen* oder *Vorschläge*. Man kann sie mit anderen Vorschlägen vergleichen und nach ihrer relativen Fruchtbarkeit beurteilen. So ist auch der *Falsifikationismus* *kritisierbar* [3.4].

[4] *Theorien* dienen der Erklärung vorliegender und der Prognose zukünftiger Sachverhalte. Mittelbar lassen sie sich auch technologisch anwenden. Erklärung und Prognose haben die gleiche logische Struktur: Aus einer oder mehreren Theorien sowie Sätzen, die das Vorliegen bestimmter Anfangs- oder Randbedingungen besagen, werden weitere Sätze abgeleitet, die das Vorliegen des zu erklärenden bzw. das zukünftige Eintreten des zu prognostizierenden Sachverhalts ausdrücken. Popper stellt dieses Erklärungsmodell in Abschnitt 12 der *Logik* dar [s. 7.5]. Nach seiner umfassenden Ausarbeitung durch Carl Gustav Hempel (seit 1948, s. Hempel 1977) wurde es als das hypothetisch-deduktive (*HD-*) oder deduktiv-nomologische (*DN-*) *Modell der Erklärung* bekannt.

Wie *Alan Musgrave* berichtet, blieb es nicht unangefochten. So wurde eingewandt, Theorien *beschrieben* zwar, wie Dinge geschehen, könnten aber *nicht erklären*, warum sie geschehen. Instrumentalisten bestreiten sogar, daß Theorien etwas beschreiben, und halten sie für *Konstrukte* zur Systematisierung und Prognose beschreibender singulärer Sätze. Musgrave setzt sich mit diesen Einwänden auseinander und verteidigt den *Realismus* gegen instrumentalistische Kritik. Anhand historischer Beispiele untersucht er die Unterscheidung zwischen „erklärenden Theorien“ und „beschreibenden Theorien“. Dabei zeigt sich, daß Galileis Fallgesetz den Fall von Körpern *beschreibt* und so *erklärt*, warum ein Geschöß beim Abgangswinkel von 45° die größte

Reichweite hat, während erst Newtons Gravitationsgesetz den Fall von Körpern *erklärt*, indem es die Wirkung der Gravitation *beschreibt*, ohne sie seinerseits *erklären* zu können [4.1].

Liegt aber wirklich eine Erklärung vor, wenn jede Lösung eines Rätsels ihrerseits ein neues produziert? Musgrave hält diesem Einwand entgegen, daß jeweils eine erste Frage beantwortet wird, gleich ob es gelingt, die neue, die sich damit stellt, ebenfalls zu beantworten [4.2]. Der Regreß des Fragens könnte nur mit letzten Erklärungen abgebrochen werden, doch weder die Theologie noch der aristotelische Essentialismus bieten haltbare Erklärungsmodelle. Andererseits trifft Poppers Kritik des Essentialismus zwar die Idee einer letzten Erklärung, aber nicht die einer letzten Realität [4.3]. Abschließend unterscheidet Musgrave verschiedene Formen des *wissenschaftlichen Realismus* danach, welchen von vier Thesen sie zustimmen [4.4].

[5] Generelle Hypothesen sind nicht verifizierbar [s. 1], wären aber endgültig falsifizierbar, wenn jene Beobachtungssätze, die ihnen widersprechen, verifizierbar wären. Doch keine Beobachtung beweist deren Wahrheit [s. 7]. Folglich ist keine empirische Widerlegung zwingend. Deshalb ergänzt Popper sein Abgrenzungskriterium durch methodologische Regeln, die „Immunsierungsstrategien“ ausschließen sollen [s. 3]. *Elie Zahars* Beitrag will zeigen, daß dies nicht hilft [5.1].

Doch zunächst räumt er den Einwand aus, jeder Versuch einer Widerlegung scheitere an der Duhem/Quine-Frage, ob eine falsche Prognose die benutzte Theorie, eine Randbedingung oder einen Bestandteil des Hintergrundwissens widerlegt [5.2]. Oft dient die Ableitung empirischer Prognosen dazu, *Parameter* der benutzten Theorie zu bestimmen. Laut Popper kann eine solche Prognose die nun mit dem Parameter versehene Theorie nicht bewähren, weil die Prognose vor dessen Festlegung bekannt war. Zahar nennt Beispiele, in denen es dennoch intuitiv plausibel wäre, die Theorie als bewährt zu betrachten [5.3].

Sinneserfahrung kann uns zwar *motivieren*, Beobachtungssätze als wahr zu akzeptieren, *rechtfertigt* aber deren Annahme nicht. Die faktische Übereinstimmung mehrerer Beobachter läßt einen Beobachtungssatz annehmbar erscheinen, doch seine Annahme hat den Charakter einer Entscheidung [s. 7.8]. Zahar nennt das Poppers *konventionalistische These* und stellt ihr seine

*phänomenologische These* zur Beobachtung entgegen. Damit nimmt er das Thema der *Protokollsatzdebatte* im Wiener Kreis wieder auf [s. 7.3].

Nach der phänomenologischen These können alle Basissätze letztlich auf Sätze zurückgeführt werden, die in der ersten Person Singular den unmittelbaren Bewußtseinsinhalt des Sprechers beschreiben. Eine solche *phänomenologische Reduktion* eliminiert jeden Bezug auf eine bewußtseinsunabhängige Realität (z. B. einen realen Fleck). Sie setzt aber die Existenz *psychophysischer Gesetze* voraus, die jedem Basissatz (z. B. „Hier ist ein roter Fleck“) einen ihm material äquivalenten autopsychologischen Satz (z. B. „Ich schein einen roten Fleck wahrzunehmen“) zuordnet. Die phänomenologische These impliziert, daß auf der autopsychologischen Ebene *praktisch kein Irrtum möglich* ist [5.4].

Wahrheit und Sicherheit autopsychologischer Sätze beruhen laut Zahar nicht auf *Gefühlen der Überzeugung*, sondern auf einer *rein phänomenologischen Analyse*. Um über den Wahrheitswert einer Aussage urteilen zu können, müssen wir sowohl die Aussage selbst als auch den Sachverhalt erfassen, den sie ausdrückt. Unvermittelten Zugang haben wir zwar nur zur Sprache und nicht auch zu Sachverhalten einer geistunabhängigen Realität, aber intern kann ein Erkenntnissubjekt zugleich seine Sprache und seine *inneren Zustände* auffassen. Dazu gehört auch die semantische Beziehung zwischen Sätzen und jenen Sachverhalten, die den inneren Zustand betreffen. Deshalb kann es die Wahrheit von Sätzen über diese Beziehung zuverlässig beurteilen.

Wenn nun ein Beobachter die Prognose eines Phänomens betrachtet, die er mit Hilfe der zu prüfenden Theorie abgeleitet hat, so reflektiert er auf das, was er betrachtet, und führt eine phänomenologische Reduktion durch, die von allen Annahmen über eine transzendente Realität absieht. Diese Reduktion sichert auch die Objektivität und Neutralität seines Urteils. Deshalb verlangen wissenschaftlicher *Realismus* und *Korrespondenztheorie* ein Minimum an *Phänomenologie* [5.5]. Doch die vorausgesetzten psychophysischen Gesetze lassen sich nicht auf die gleiche Weise prüfen.

[6] Scheitert eine Hypothese an einer kritischen Prüfung, so ist sie falsifiziert, hält sie dagegen stand, so hat sie sich bewährt. *Völker Gadenme* untersucht zunächst die Voraussetzungen einer *Bewährung*.

Die bestandene Prüfung muß „streng“ sein. Mit dem *empirischen Gehalt* einer Hypothese wächst ihr Risiko zu scheitern. Es wächst auch mit der *Zahl der Tests*, wobei die früheren ein größeres Gewicht haben als die späteren, und es wächst mit der Auswahl solcher *Folgerungen*, die eine zu prüfende Hypothese mit anderen, akzeptierten Hypothesen *nicht teilt*. Poppers Versuche, die Begriffe „*Strenge* einer Prüfung“ und „*Bewährungsgrad*“ quantitativ zu fassen, schlugen fehl. Deshalb analysiert Gadenne einen *qualitativen* Begriff der Strenge einer Prüfung [6.1].

Laut Popper kann der Bewährungsgrad einer Hypothese keine Wahrscheinlichkeit sein, weil ihre a priori-Wahrscheinlichkeit um so geringer sein muß, je gehaltvoller sie ist und je größer deshalb ihr Bewährungsgrad sein kann. Als er die *Logik* schrieb, hielt er den Gebrauch des Wortes „*wahr*“ für problematisch und vermeidbar. Doch seit er Tarskis Wahrheitsdefinition kennen lernte, hält er die *Korrespondenztheorie* der Wahrheit (zu Unrecht, s. Keuth 2000, Kap. 6.3) für rehabilitiert und die regulative Idee der Wahrheit (zu Recht) für unverzichtbar [6.2].

Weder Bewährungen noch Widerlegungen sind *endgültig*, obwohl Popper letzteres gelegentlich behauptete [6.3]. Zwar betont er, die Bewährung einer Theorie sage nur etwas über ihre *vergangenen*, nichts dagegen über ihre *zukünftigen* Leistungen, aber er zieht aus ihrer Bewährung Konsequenzen für unser Handeln [s. 1.4]. Gadenne resümiert sie wie folgt: von zwei Theorien kommt die *besser bewährte* auch *der Wahrheit näher* und ist deshalb *praktisch vorzugswürdig*. Doch Poppers Präzisierungen der Idee der Wahrheitsnähe sind nicht haltbar (s. Keuth 2000, Kap. 7.2). Dürfen wir aber die am besten bewährte Theorie für wahr halten? Seine Äußerungen dazu sind zwiespältig [6.4].

[7] Popper nennt die Sätze, an denen Theorien geprüft werden, *Basissätze* und die Fragen nach ihrer Form und ihrer Prüfung *Basisprobleme* [7.1]. Kein Erlebnis kann die Wahrheit eines Basissatzes sichern, denn jeder Aussagesatz enthält Allgemeinbegriffe. Deshalb geht das, was er besagt, über jede Erfahrung hinaus. Popper nennt das die *Transzendenz der Darstellung* [7.2]. Er verwirft die Thesen Carnaps und Neuraths über *Protokollsätze* (Wahrnehmungsprotokolle) [7.3]. Basissätze dürfen keine subjektiven Wahrnehmungen beschreiben, denn sie sollen *objektiv* im Sinne *intersubjektiver Prüfbarkeit* sein [7.4].

*Gunnar Andersson* beschreibt nun Poppers Überlegungen zur *logischen Form* der Basissätze. Popper favorisiert *singuläre Es-gibt-Sätze* wie „Zu dieser Zeit gibt es an jenem Ort einen Schwan, der nicht weiß ist“. Andersson wendet ein, diese Anforderung sei weder hinreichend – weil zwei derartige Sätze einander nicht widersprechen können, also keiner falsifizierbar und damit wissenschaftlich sei – noch sei sie notwendig – weil auch (raum-zeitlich singuläre) *besondere Sätze* wie „Der Schwan *a* (der sich zu dieser Zeit an jenem Ort befindet) ist nicht weiß“ generellen Hypothesen wie „Alle Schwäne sind weiß“ widersprechen. Besondere Sätze treten auch in *Erklärungen* und *Prognosen* auf. Deshalb kann ein solches (erklärendes oder prognostizierendes) Argument, das Andersson hier ausführlich darstellt, auch zur Prüfung und ggf. zur Falsifikation einer Hypothese verwandt werden [7.5]. Neben diesen formalen stellt Popper auch *materiale* Forderungen an Basissätze. Sie müssen beobachtbare Vorgänge beschreiben, damit sie an Beobachtungen geprüft werden können. Den Begriff „*beobachtbar*“ führt er als undefinierten Grundbegriff ein [7.6].

Da keine Beobachtung einen Basissatz beweist, muß dessen Prüfung wiederholbar sein [7.7]. Dazu können aus ihm mit Hilfe genereller Hypothesen weitere Basissätze abgeleitet und diese ihrerseits anhand von Beobachtungen geprüft werden (s. Keuth 2000, Kap. 4.7) [7.7.1]. Die Kette solcher Deduktionen und Prüfungen hat grundsätzlich kein Ende. Daraus resultiert aber kein Begründungstrilemma, weil keine *abschließende* Begründung versucht wird, sondern eine – wegen ihrer Fehlbarkeit – *vorläufige* Beurteilung genügt [7.7.2]. Die Beobachtung *motiviert* zwar ggf. dazu, einen Basissatz anzuerkennen, beweist ihn aber nicht [7.8]. Deshalb erklärt Popper die Anerkennung zu einer *Festsetzung* [s. 5.4]. Er verfährt also mit Basissätzen wie Konventionalisten mit Theorien verfahren. Andersson wendet ein, man könne einen Basissatz *mit der Erfahrung vergleichen* und dabei zu der Vermutung gelangen, er sei *wahr* [7.8.1]. Popper vergleicht das Urteil der Wissenschaftler über einen Basissatz mit dem Verdikt der Geschworenen (in einem Strafverfahren nach angelsächsischem Recht) über eine Tatsachenfrage. In beiden Fällen komme nach bestimmten Regeln der *Beschluß* zustande, eine Tatsachenbehauptung anzunehmen, ohne daß deren Wahrheit begründet würde [7.8.2; 7.8.3]. Abschließend weist Andersson Kuhns und Feyerabends Einwand zurück, kon-

kurrierende Theorien seien inkommensurabel, weil die Erfahrung theorieabhängig sei (s. Keuth 1989, S. 122–124) [7.9].

[8] Popper fügte der ersten englischen Ausgabe der *Logik* (1959) zahlreiche neue Anhänge hinzu, die sich auch in den späteren deutschen Auflagen finden, darunter den Anhang \*X „Universalien, Dispositionen und Naturnotwendigkeit“. Axel Bühler schildert die beiden Gedanken, um die es hier im wesentlichen geht.

Zum einen kritisiert Popper die Idee der *Induktion durch Wiederholung*. Denn *Ähnlichkeit* und somit *Wiederholung* setzen einen *Standpunkt* voraus. Der *Wiederholung* muß also eine *Erwartung*, eine Hypothese, vorausgehen, nicht umgekehrt. Ja, es fragt sich schon, ob eine Gesetzhypothese – noch vor jeder *Wiederholung* – auf einen einzigen Fall zutrifft. Um das zu zeigen, arbeitet er die im Kapitel „Basisprobleme“ der *Logik* [s. 7] formulierte These aus, daß schon *der einfachste Aussagesatz die Erfahrung transzendiert* und wir deshalb seiner Wahrheit nicht sicher sein können, denn auch jeder singuläre Satz enthält *Universalien* (z. B. das Prädikat „... ist rot“) und die drücken ein gesetzmäßiges Verhalten, eine *Disposition* aus [8.1].

Zum anderen fügt Popper seiner Darstellung im Kapitel „Theorien“ etwas Neues hinzu: Er will zeigen, daß *Naturgesetze* logisch stärker sind als streng allgemeine Sätze, weil sie *strukturelle Eigenschaften unserer Welt aussagen*. Bühler kontrastiert Poppers Darstellung im Anhang \*X mit dessen Argumenten in einem früheren Aufsatz, in dem er die gegenteilige Meinung vertreten hatte [8.2].

„*Naturnotwendig*“ nennt Popper einen Satz, der in allen Welten gilt, die sich von unserer Welt, wenn überhaupt, nur durch die Randbedingungen unterscheiden. Bühler untersucht die Beziehungen zwischen solchen *Naturgesetzen* und *subjunktiven Konditionalsätzen*. In einem Anhang skizziert er, wie Poppers Definition der *Naturnotwendigkeit* für eine modallogische Sprache präzisiert werden könnte.

[9] Das Kapitel der *Logik* über Wahrscheinlichkeit ist das bei weitem längste. Dementsprechend schrieb auch *Peter Schroeder-Heister* den umfangreichsten Beitrag. Zur Erfassung der Prüfbarkeit von Hypothesen [s. 6] führt Popper den Begriff der logischen Wahrscheinlichkeit ein. Je größer die *logische Wahr-*

*scheinlichkeit* einer Hypothese, desto geringer ihr *Falsifizierbarkeitsgrad*. Popper macht aber keine Angaben zu deren numerischer Bestimmung [9.1]. Naturgesetzen schreibt er die absolute logische Wahrscheinlichkeit 0 zu, weil keine endliche Konjunktion von Beobachtungssätzen sie verifiziert. Deshalb benötigt er eine *Axiomatik* der bedingten Wahrscheinlichkeit, die sich von der Carnaps unterscheidet [9.2].

Doch in der *Logik* geht es vor allem um die *statistische Wahrscheinlichkeit*. Er wählt hier die *Häufigkeitstheorie*, schlägt aber später (1983) eine *Propensitätstheorie* vor [9.3]. Richard von Mises verstand die Wahrscheinlichkeit als Grenzwert relativer Häufigkeiten von Merkmalen in unendlichen Zufallsfolgen. Eine zufällige Folge von Nullen und Einsen, ein Alternativ, muß zwei Bedingungen genügen. Es muß einen Grenzwert der relativen Häufigkeit der Eins besitzen und dieser Grenzwert muß gegenüber Auswahlen von Teilfolgen invariant sein. Popper spricht vom *Grenzwertsaxiom* und vom *Regellosigkeitsaxiom*. Letzteres wurde kritisiert, weil es unpräzise ist [9.3.1]. Er kritisiert auch ersteres, weil die Annahme der Existenz eines Grenzwerts für empirische Folgen metaphysisch ist, Folgen, die aufgrund ihres Bildungsgesetzes einen Grenzwert haben, aber nicht regellos sind [9.3.2]. Um die Annahme der Regellosigkeit einer Folge empirisch prüfbar zu machen, schränkt er den Begriff der Regellosigkeit stark ein [9.3.3].

Eine Wahrscheinlichkeitshypothese kann keiner endlichen Konjunktion von Basissätzen (keiner endlichen Folge von Beobachtungen) logisch widersprechen. Demnach wäre sie nicht widerlegbar, also nach dem Abgrenzungskriterium nicht wissenschaftlich. Um diese Konsequenz zu vermeiden, schließt Popper sich der Praxis der empirischen Wissenschaften an, das Eintreten sehr unwahrscheinlicher Ereignisse als *praktische Falsifikation* zu werten. Ein methodologischer *Beschluß* legt fest, was als *sehr unwahrscheinlich* gilt. Schroeder-Heister untersucht Poppers Überlegungen zur Rechtfertigung solcher Beschlüsse und findet sie nicht ergiebig. Auch zur Prüfung der *Zufälligkeit* einer empirischen Folge, die bei der Wahrscheinlichkeitsbetrachtung vorausgesetzt wird, eignet sich Poppers Begriff der *Nachwirkungsfreiheit* wenig [9.3.4].

In der *Logik* betrachtet Popper die Grenzwerte relativer Häufigkeiten als *objektive* Eigenschaften von Kollektiven. Nach seiner späteren *Propensitätstheorie* sind Wahrscheinlichkeiten *objektive*

*Tendenzen* von Versuchsanordnungen, bestimmte Ergebnisse hervorzubringen [9.4]. Seine Überlegungen zur Häufigkeitstheorie der Wahrscheinlichkeit sind wohl nur noch von historischem Interesse, weil die mengentheoretische Axiomatisierung der Wahrscheinlichkeit, die Kolmogorow (1933) vorschlug, leistungsfähiger ist und die Häufigkeitsinterpretationen längst verdrängt hat.

[10] *Klaus Jürgen Düsberg* setzt sich mit Poppers Thesen zur Quantenmechanik auseinander. Die Interpretation dieser empirisch erfolgreichen Theorie ist noch immer kontrovers. Popper schließt sich zwar Borns statistischer Deutung der quantenmechanischen Wellenfunktionen an. Er verwirft aber die Erklärung (Kopenhagener Deutung) ihres statistischen Charakters mit der prinzipiellen Ungenauigkeit der Messung komplementärer Größen (Heisenbergsche Unbestimmtheitsrelationen). Vielmehr seien die *Unbestimmtheitsrelationen* als *statistische Streuungsrelationen* umzuinterpretieren, weil schon die Grundgleichungen der Theorie, etwa Schrödingers Wellengleichung, statistisch gedeutet würden. Daß sie die Genauigkeit von Messungen beschränken, sei deshalb eine zusätzliche Annahme, die sich mit einem Gedankenexperiment widerlegen lasse. Als sein Gedankenexperiment der Kritik Einsteins nicht standhält, stützt Popper seine These, ein Teilchen „habe“ sowohl einen scharfen Ort als auch einen scharfen Impuls, statt dessen auf das Argument von Einstein, Podolsky und Rosen.

Der Erfolg der Quantenmechanik führte zur Verbreitung der Annahme, die Welt sei nicht von strengen Gesetzen beherrscht. Popper qualifiziert diese Annahme ebenso wie die gegenteilige als metaphysisch, hält aber die Kausalmetaphysik für viel fruchtbarer als die indeterministische Metaphysik. Später (1982a) wird er zum vehementen Indeterministen, um die Ideen der Freiheit, Verantwortlichkeit und Kreativität zu retten [10.1]. Später (1983) ersetzt Popper auch die *Häufigkeits-* durch die *Propensitätstheorie* der Wahrscheinlichkeit [s. 9.4] und insistiert noch nachdrücklicher darauf, daß die Kopenhagener Deutung ein großes *Quanten-Durcheinander* anrichte, indem sie Aussagen über statistische Gesamtheiten (von Teilchen) als Aussagen über einzelne Elemente mißdeute [10.2].

Düsberg schließt nun eine eingehende Kritik an Poppers Annahme, die Probleme bei der Interpretation der Quantenme-

chanik seien mit einem adäquaten Verständnis der Wahrscheinlichkeit weitgehend zu lösen, erscheint ihm fragwürdig. Er begründet das anhand des bekannten Doppelspalt-Experiments. Eine *Quantenmechanik ohne Beobachter* (ohne die Annahme der Einwirkung des Meßinstruments auf das beobachtete Quantenobjekt) sei jedenfalls nicht so einfach zu erreichen, wie Popper meine [10.3].

[11] Der englischen Ausgabe (1959) seiner *Logik der Forschung* gab Popper nicht den wörtlich übersetzten Titel „Logic of Research“ oder „Logic of Scientific Inquiry“, sondern er nannte sie *The Logic of Scientific Discovery*. Damit widerspricht er offenbar seiner These „das Aufstellen der Theorien scheint uns einer logischen Analyse weder fähig noch bedürftig zu sein“ (LdF, 6/7, m. H.) und seinem Vorschlag „daß wir die Aufgaben der Erkenntnistheorie oder Erkenntnislogik (im Gegensatz zur Erkenntnispsychologie) derart bestimmen, daß sie lediglich die Methoden der systematischen *Überprüfung* zu untersuchen hat“ (LdF, 6/7, m. H.). *Herbert Simon* rügt in seinem Aufsatz *Does Scientific Discovery Have a Logic?* (1973) den Widerspruch und erklärt dann, in welchem Sinne man durchaus von einer „Logik der Entdeckung“ sprechen kann [11.1].

Mit einer *Logik wissenschaftlicher Methode* meint Simon eine Menge normativer Standards, nach denen die Prozesse der Entdeckung oder Prüfung wissenschaftlicher Theorien oder aber die Struktur der Theorien selbst beurteilt werden [11.2]. Gesetze entdecken heißt Muster in Daten finden. Zur Illustration untersucht er eine Buchstabenfolge und formuliert dafür ein Bildungsgesetz. Um das Induktionsproblem zu vermeiden, definiert er, der *Prozeß der Entdeckung eines Gesetzes* bestehe in der *ökonomischen Rekodierung empirischer Daten* und eine *normative Theorie der wissenschaftlichen Entdeckung* sei eine Menge von *Kriterien* zur Beurteilung solcher Prozesse [11.3].

Entdeckungsprozesse können mehr oder weniger effizient sein. Ein „Britisches Museum-Algorithmus“, der systematisch Formeln generiert und dann prüft, ob sie ein Muster in den Daten erfassen, ist ineffizient. Damit kritisiert Simon implizit Popper, der ein gezieltes Vorgehen bei der *Hypothesenbildung* ausschließt. Effizienter ist ein „Heuristischer Such-Algorithmus“, der aus den Daten Informationen extrahiert, um gezielt

Formeln zu entwickeln, die ein Muster erfassen. Simon weist auf die Komplexitätstheorie in der Informatik und auf Mendeleevs Entwicklung des Periodensystems der Elemente hin [11.4].

Ähnlich verhält es sich mit der *Begriffsbildung* anhand positiver und negativer Instanzen [11.5]. Simon räumt ein, daß in seinen Beispielen der Bereich der Alternativen (z. B. der denkbaren Muster) begrenzt ist, doch Popper schließt ja nicht nur die gezielte Bildung revolutionär neuer Theorien aus [11.6]. Das Problem der Induktion werde vermieden, solange eine *Theorie der Entdeckungsprozesse* nicht behauptete, daß die Daten ein Muster enthalten, sondern zeige, wie man ein Muster findet, wenn sie eines enthalten [11.7]. Später schlossen sich andere Autoren Simons Kritik an. Dies ist nur ein Beispiel für die intensive Auseinandersetzung mit Poppers *Logik*.

Zunächst waren die Bedingungen für eine breite Wirkung der *Logik der Forschung* ungünstig. Zwar spricht Popper in seiner Autobiographie von ihrem überraschenden Erfolg: „Sie wurde häufiger und in mehr Sprachen und selbst im englischen Sprachraum ausführlicher besprochen als fünfundzwanzig Jahre später *The Logic of Scientific Discovery*“ (1984, S. 151). Und Warnock begrüßt die Übersetzung, „denn dieses einflußreiche Buch wurde, in den fünfundzwanzig Jahren seit seiner Veröffentlichung in Wien, oft falsch dargestellt und zu selten gelesen“ (1960, S. 99). Aber wie einflußreich ist ein Buch, dem das geschieht? Auch Popper räumt ein, daß er bis zur Veröffentlichung der englischen Übersetzung im Jahre 1959 „von Philosophen in England und Amerika [...] für einen logischen Positivisten gehalten wurde“ (1984, S. 120), obwohl er sich doch am Tode des logischen Positivismus zumindest mitschuldig fühlt (1984, S. 121).

Als die *Logik* 1934 erschien, war der (zweite) *Wiener Kreis*, mit dessen Philosophie sie sich auseinandersetzt, schon in politische Bedrängnis geraten.<sup>4</sup> Dementsprechend gering war im deutschen Sprachraum das Interesse an der Kritik seiner Positionen. Hier waren sie ohnehin die Meinung einer kleinen Minderheit, denn die meisten Philosophen standen irgendeiner Variante des Deutschen Idealismus nahe, und daran hat sich bis heute wenig geändert.

4 Die Angaben zum Wiener Kreis stützen sich auf Kraft 1968 und Haller 1993.

Der (zweite) Wiener Kreis hatte sich – nach der Berufung Moritz Schlicks auf Ernst Machs Lehrstuhl im Jahre 1922 – um Schlicks Donnerstagsseminar gebildet. Ihm gehörten der Mathematiker Hans Hahn, der Physiker Philipp Frank und der Nationalökonom Otto Neurath an, die mit dem Mathematiker Richard von Mises schon von 1907 bis 1912 den Kern eines (ersten) Wiener Diskussionskreises gebildet hatten. Hinzu kamen nun Kurt Reidemeister, Friedrich Waismann, Herbert Feigl, Felix Kaufmann, Viktor Kraft, später (1926) Rudolf Carnap und schließlich die Mathematiker Karl Menger und Kurt Gödel, um nur die wichtigsten zu nennen.

Im Jahre 1928 wurde der *Verein Ernst Mach* gegründet. Er verstand sich als „Verein zur Verbreitung von Erkenntnissen der exakten Wissenschaften“ und wollte so der Volksaufklärung dienen. Im Jahr darauf erschien eine kleine programmatische Schrift *Wissenschaftliche Weltauffassung. Der Wiener Kreis*. Sie war von Hahn, Neurath und Carnap verfaßt und Schlick gewidmet. Damit trat der Wiener Kreis an die Öffentlichkeit. Seit 1929 gaben Frank und Schlick auch die *Schriften zur wissenschaftlichen Weltauffassung* heraus, und im Auftrag des *Vereins Ernst Mach* sowie der Berliner *Gesellschaft für empirische Philosophie* gaben Carnap und Reichenbach seit 1930 die Zeitschrift *Erkenntnis* heraus. Dort wurde auch die *Logik* besprochen, von Carnap (1935) wohlwollend, von Reichenbach (1935) und Neurath (1935) ablehnend. Später publizierte Hempel (1937) noch eine zustimmende Rezension in der *Deutschen Literaturzeitung*. Wie Ludwig Wittgenstein so gehörte auch Popper nicht dem Wiener Kreis an. Neurath erklärte ihn vielmehr zu dessen „offizieller Opposition“.

Im Februar 1934 verfügte die Regierung Dollfuß die Auflösung des Vereins Ernst Mach. Damit endete bereits die politisch-aufklärerische Tätigkeit des Wiener Kreises. Dagegen begann erst seine Wirkung auf ein internationales philosophisch interessiertes Publikum. Noch im gleichen Jahr veranstaltete man in Prag eine Vorkonferenz „Einheit der Wissenschaft“ zum ersten Kongreß „Philosophie scientifique“ in Paris (1935). Jährlich folgten dann Kongresse zur Einheit der Wissenschaft, so 1936 in Kopenhagen, 1937 in Paris, 1938 in Cambridge, U.K., 1939 in Cambridge, Mass., und zuletzt 1941 in Chicago.

Andererseits begann schon 1931 mit der Berufung von Feigl an die Universität Iowa der Exodus. 1934 starb Hahn und

Neurath floh nach Den Haag, 1935 emigrierte Carnap in die USA, 1936 wurde Schlick von einem Studenten erschossen, 1937 emigrierten Menger und Popper. Nach dem „Anschluß“ Österreichs im Jahre 1938 löste sich der Kreis völlig auf. Nun emigrierte auch Waismann. Kraft erhielt Lehrverbot und wurde bald zwangspensioniert. Als letztem gelang Gödel 1940 die Flucht. Bis zum Ende des Zweiten Weltkrieges fand die Philosophie des Wiener Kreises im deutschen Sprachraum praktisch keine Beachtung mehr. Das galt entsprechend für die *Logik*.

Auch im Ausland fand erst die erweiterte englische Übersetzung der *Logik* einen größeren Leserkreis. Obwohl Poppers Hauptwerk, wurde sie doch in den angelsächsischen Ländern nie sein bekanntestes Werk. In *The Times Literary Supplement* nennt ein anonymes Rezensent die *Logik* „ein bemerkenswertes Buch“ und erklärt: „Man kann sich des Eindrucks nicht erwehren, daß der Philosophie in diesem Lande einige Umwege erspart geblieben wären, wenn es gleich nach der Veröffentlichung übersetzt worden wäre“ (s. Miller 1995, S. 121). Der kritische Agassi (1993, S. 166) und der wohlwollende Magee (1986, S. 6) erklären gar, die *Logik* sei vor dem Erscheinen der englischen Übersetzung praktisch unbekannt gewesen. Inzwischen ist sie möglicherweise das bekannteste Werk zur Wissenschaftstheorie. Doch Poppers bekanntestes Werk ist *The Open Society and its Enemies* (1945), sein erklärter Beitrag zu den Kriegsanstrengungen, in dem er sich mit den beiden modernen Formen des Totalitarismus, dem Faschismus und dem Kommunismus auseinandersetzte.

Die Wissenschaftstheorie der *Logik* war Gegenstand zahlreicher Stellungnahmen. Die bekannteste Kritik findet sich in Thomas Samuel Kuhns *The Structure of Scientific Revolutions* (1962). Neurath nahm sie in seiner Rezension (1935) teilweise vorweg. Um sie zu berücksichtigen und ihr, wo nötig, zu begegnen, entwickelte Lakatos seine *Methodologie wissenschaftlicher Forschungsprogramme* (s. Lakatos/Musgrave, eds. 1970). Ein breiteres Spektrum der Kritik findet sich in *The Critical Approach to Science and Philosophy* (Bunge, ed. 1964) und in *The Philosophy of Karl Popper* (Schilpp, ed. 1974). Im wesentlichen fand die Auseinandersetzung mit der *Logik* aber in Zeitschriftenbeiträgen statt. Auf manche davon gehen die Autoren dieses Bandes ein. Die jüngste Sammlung von Stellungnahmen zu Poppers Philosophie findet sich in *Karl Popper. A Centenary Assessment* (Vol. I–III, 2006).

Schon in der ersten englischen Ausgabe der *Logik* (1959) weist Popper auf einen Folgeband mit dem Titel *Postscript: After Twenty Years* hin, doch erst 1982/83 konnte William Warren Bartley III das *Postscript* in drei Bänden herausgeben. Dessen zentraler Band *Realism and the Aim of Science* (Popper 1983) nimmt in seinem ersten Teil die Themen „Induktion“, „Abgrenzung“, „Metaphysik“ und „Bewährung“ der *Logik* wieder auf. Im zweiten Teil ersetzt Popper die Häufigkeitsinterpretation der Wahrscheinlichkeit, die sich in der *Logik* findet, durch die Propensity-Interpretation. Im Band *The Open Universe. An Argument for Indeterminism* (1982a) tritt der metaphysische Indeterminismus an die Stelle des methodologischen Determinismus der *Logik*. Im Band *Quantum Theory and the Schism in Physics* (1982b) entwickelt Popper die „Bemerkungen zur Quantenmechanik“ der *Logik* weiter. Seit 2001 bzw. 2002 liegen die Bände in deutscher Übersetzung vor.

Zwar ist das Fehlen völliger Determination notwendige Bedingung freien Handelns, aber Zufälligkeit schließt verantwortliches Handeln aus. Deshalb postuliert Popper eine „plastische Kontrolle“, die von außerhalb der ersten, physikalischen Welt kommt. Neben einer zweiten Welt geistig-seelischer Zustände kennt er auch eine dritte Welt objektiver Gedankeninhalte. Um die Entstehung solcher Welten zu erklären, entwickelt er eine Evolutionstheorie. Seine Publikationen zu diesen Themen beginnen 1953 (s. 1963, Kap. 12, 13; 1972, Kap. 3, 4, 6, 7) und finden 1994 ihren Abschluß in *Knowledge and the Body-Mind Problem*. Nach dem Abgrenzungskriterium der *Logik* ist all dies Metaphysik.

Anders als im englischen fand die *Logik* im deutschen Sprachraum mehr Beachtung als *Die offene Gesellschaft und ihre Feinde*. Nicht daß die Wissenschaftstheorie des kritischen Rationalismus hier mehr Anhänger hätte. Vielmehr gibt es mehr Kritiker der Urteile, die Popper über Platon und Hegel fällte, und zumindest gab es auch mehr Anhänger von Marx.

Nach dem Zweiten Weltkrieg mußte die analytische Wissenschaftstheorie aus dem Exil reimportiert werden. Das geschah in den späten fünfziger und in den sechziger Jahren. Der kritische Rationalismus wurde vor allem durch zahlreiche Arbeiten von Hans Albert und Ernst Topitsch bekannt. Dabei wählte Albert in erster Linie den „theoretischen“, Topitsch den „praktischen“ Aspekt. Wolfgang Stegmüller knüpfte an die

Philosophie Rudolf Carnaps an und begann 1969 mit einer monumentalen Gesamtdarstellung der Wissenschaftstheorie und Analytischen Philosophie.

In *Österreich* ist Karl Popper neben Ludwig Wittgenstein die bekannteste Gestalt im Umfeld des Wiener Kreises, der bedeutendsten Gruppierung der modernen österreichischen Philosophie. Dementsprechend würdigt oder kritisiert man dort die *Logik*. Anders als im katholischen Österreich trifft die Wissenschaftstheorie in *Deutschland* auf die beherrschende Tradition des protestantischen Deutschen Idealismus in seinen verschiedenen Formen.

In der *DDR* erhob die marxistische Variante des Hegelianismus den Anspruch ausschließlicher Geltung. Hier galt Popper vor allem als philosophischer Helfer des Klassenfeindes. Zum einen subsumierte man jede moderne Wissenschaftstheorie unter den Begriff „Positivismus“. Schon deshalb wurde auch die *Logik*, soweit man sie überhaupt zur Kenntnis nahm (nehmen konnte), scharf kritisiert. Zum anderen hatte Popper in *Die Offene Gesellschaft und ihre Feinde* das Sakrileg begangen, den Kommunismus mit dem Faschismus auf eine Stufe zu stellen.

In der *Bundesrepublik* war die idealistische Tradition vielfältiger, in den philosophischen Fakultäten herrscht sie bis heute vor. Auch deshalb hat die Wissenschaftstheorie hier einen schweren Stand als in den angelsächsischen Ländern, wo der Empirismus und mit ihm meist der Realismus, allenfalls aber ein subjektiver Idealismus, beheimatet ist.

So wurde die *Logik* unterschiedlich aufgenommen. Einerseits fand sie wohl mehr Beachtung als jede andere Darstellung einer wissenschaftstheoretischen Position. Andererseits attackierten auch Vertreter der Frankfurter Schule Poppers Wissenschaftslehre als „positivistisch“. Die Auseinandersetzung darüber wurde als *Der Positivismusstreit in der deutschen Soziologie* (s. Adorno et al. 1969; Keuth 1989) bekannt. Eigentlicher Grund der Kontroverse war aber nicht die unterschiedliche Einschätzung der empirischen Wissenschaften und ihrer Methoden, sondern der Anspruch der Kritischen Theorie der Gesellschaft, moralische Entscheidungen durch praktisches, ethisches Wissen zu ersetzen (s. Keuth 1993).

In den Aufbaujahren der Bonner Republik war Poppers vehemente Verteidigung der liberalen Demokratie willkommen

und seine Kritik an beiden Formen des Totalitarismus erschien zumindest akzeptabel. Das änderte sich Mitte der sechziger Jahre, als die Kinder der Kriegsgeneration die Universitäten bevölkerten und die „fortschrittlichen“ unter ihnen die Gesellschaft radikal verändern wollten. Dazu bot die Kritische Theorie den Anschein einer philosophischen Legitimation, während der Kritische Rationalismus politische Fragen der „bloßen“ Entscheidung anheimstellt und deshalb auf dem Campus quasi einen Platzverweis erhielt. So blieb sein Einfluß im deutschen akademischen Milieu relativ gering. Auch Poppers Kritik an dem, was man später den „real existierenden Sozialismus“ nannte, widersprach nun dem Zeitgeist. Das änderte sich erst nach 1989. Seither verlor auch die Frankfurter Schule, der einflußreichste Gegner des kritischen Rationalismus, an Bedeutung. Karl Raimund Popper starb am 17. September 1994 in Kenley bei London.

## Literatur

- Adorno/Albert/Dahrendorf/Habermas/Pilot/Popper (1969): *Der Positivismusstreit in der deutschen Soziologie*, Neuwied – Berlin.
- Agassi, Joseph (1993): *A Philosopher's Apprentice: In Karl Popper's Workshop*, Amsterdam – Atlanta, GA.
- Albert, Hans (1968): *Traktat über kritische Vernunft*, Tübingen.
- Albert, Hans (1982): *Die Wissenschaft und die Fehlbarkeit der Vernunft*, Tübingen.
- Bunge, Mario, ed. (1964): *The Critical Approach to Science and Philosophy. Essays in Honor of Karl Popper*, Glencoe.
- Carnap, Rudolf (1935): „Popper, Karl: Logik der Forschung. Zur Erkenntnistheorie der modernen Naturwissenschaft“ (Besprechung), in: *Erkenntnis* 5, S. 290–294.
- Hacohen, Malachi Haim (2000), *Karl Popper — The Formative Years, 1902–1945*, Cambridge U.K.
- Haller, Rudolf (1993): *Neopositivismus. Eine historische Einführung in die Philosophie des Wiener Kreises*, Darmstadt.
- Hempel, Carl Gustav (1937): „Karl Popper, Logik der Forschung. Zur Erkenntnistheorie der modernen Naturwissenschaft“, (Besprechung) in: *Deutsche Literaturzeitung* 58, H. 8, Sp. 309–314.
- Hempel, Carl Gustav (1977): *Aspekte wissenschaftlicher Erklärung*, Berlin. (Die hier entwickelten Thesen gehen bis auf Hempels Aufsatz „Studies in the Logic of Explanation“, in: *Philosophy of Science*, 15 (1948), S. 135–175, zurück.)
- Jarvie, Ian/Milford, Karl/Miller, David, Hrsg. (2006): *Karl Popper: A Centenary Assessment*, Vol. I–III, Aldershot.

- Keuth, Herbert (1978): *Realität und Wahrheit. Zur Kritik des kritischen Rationalismus*, Tübingen.
- Keuth, Herbert (1989): *Wissenschaft und Werturteil. Zu Werturteilsdiskussion und Positivismusstreit*, Tübingen.
- Keuth, Herbert (1993): *Erkenntnis oder Entscheidung. Zur Kritik der kritischen Theorie*, Tübingen.
- Keuth, Herbert (2000): *Die Philosophie Karl Poppers*, Tübingen; 2. Aufl. 2011; engl.: *The Philosophy of Karl Popper*, 2005, Cambridge U.K.
- Kolmogorow, Andrej N. (1933): *Grundbegriffe der Wahrscheinlichkeitsrechnung*, Berlin.
- Kraft, Victor (1968): *Der Wiener Kreis. Der Ursprung des Neopositivismus*, Wien – New York, 3. Aufl. 1997.
- Kuhn, Thomas S. (1962): *The Structure of Scientific Revolutions*, Chicago; dt.: *Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen*, Frankfurt/M. 1967.
- Lakatos, Imre/Musgrave, Alan, Hrsg. (1970): *Criticism and the Growth of Knowledge. Proceedings of the International Colloquium in the Philosophy of Science, London 1965, vol. 4, Amsterdam*; dt.: *Kritik und Erkenntnisfortschritt*, Braunschweig 1974.
- Magee, Bryan (1973): *Karl Popper*, Fontana Paperback; übers. von Arnulf Kraus: Tübingen 1986.
- Miller, David (1995): „Propensities and Indeterminism“, in: O’Hear, Anthony, ed. (1995), *Karl Popper: Philosophy and Problems*, Cambridge U.K., p. 121–147.
- Neurath, Otto (1935): „Pseudorationalismus der Falsifikation“, in: *Erkenntnis* 5, S. 353–365 (Besprechung von Popper, *Logik der Forschung*).
- Popper, Karl R. (1935): *Logik der Forschung*, Wien, 2. dt. Aufl., Tübingen 1966; engl.: *The Logic of Scientific Discovery*, 1959, London – New York; 11. dt. Aufl. hrsg. von Herbert Keuth mit editorischen Bemerkungen u. e. Nachwort d. Hrsg., Tübingen 2005 (Gesammelte Werke in deutscher Sprache Bd. 3).
- Popper, Karl R. (1945): *The Open Society and Its Enemies*, vol. I: *The Spell of Plato*, vol. II: *The High Tide of Prophecy: Hegel, Marx, and the Aftermath*, London; dt.: *Die offene Gesellschaft und ihre Feinde*, Bd. I: *Der Zauber Platons*, Bd. II: *Falsche Propheten. Hegel, Marx und die Folgen*, Bern 1957/58, 8. Aufl., Tübingen 2003.
- Popper, Karl R. (1957): *The Poverty of Historicism*, London; dt.: *Das Elend des Historizismus*, Tübingen 1965, 7. Aufl. 2003.
- Popper, Karl R. (1963): *Conjectures and Refutations. The Growth of Scientific Knowledge*, London; dt.: *Vermutungen und Widerlegungen. Das Wachstum der wissenschaftlichen Erkenntnis*, Tübingen, Teilband I 1994, Teilband II 1997, 2. Aufl. 2009.
- Popper Karl R. (1972): *Objective Knowledge. An Evolutionary Approach*, Oxford; dt.: *Objektive Erkenntnis. Ein evolutionärer Entwurf*, Hamburg 1973, Paperbackausg. 1993.
- Popper, Karl R. (1979): *Die beiden Grundprobleme der Erkenntnistheorie. Aufgrund von Manuskripten aus den Jahren 1930–1933* hrsg. von Troels Eggers Hansen, Tübingen.
- Popper, Karl R. (1982a): *The Open Universe. An Argument for Indeterminism. From the Postscript to the Logic of Scientific Discovery*, ed. by W. W.

- Bartley III, Totowa, NJ.; dt.: Das offene Universum. Ein Argument für den Indeterminismus, Tübingen 2001.
- Popper, Karl R. (1982b): Quantum Theory and the Schism in Physics. From the Postscript to the Logic of Scientific Discovery, ed. by W. W. Bartley III, Totowa, NJ.; dt.: Die Quantentheorie und das Schisma der Physik, Tübingen 2001.
- Popper, Karl R. (1983): Realism and the Aim of Science. From the Postscript to the Logic of Scientific Discovery, ed. by W. W. Bartley III, Totowa, NJ; reprinted: London – New York 1994; dt.: Realismus und das Ziel der Wissenschaft, Tübingen 2002.
- Popper, Karl R. (1984): Ausgangspunkte. Meine intellektuelle Entwicklung, Hamburg; engl. Original: „Intellectual Autobiography“, in: Schilpp 1974, S. 3–181; wieder veröffentlicht als: Unended Quest. An Intellectual Autobiography, London – Glasgow 1976.
- Popper, Karl R. (1994): Knowledge and the Body-Mind Problem. In Defence of Interaction, ed. by M. A. Notturmo, London – New York.
- Reichenbach, Hans (1935): „Über Induktion und Wahrscheinlichkeit. Bemerkungen zu Karl Poppers ‚Logik der Forschung‘“, in: Erkenntnis 5, S. 267–284.
- Schilpp, Paul A. ed. (1974 I, II): The Philosophy of Karl Popper. The Library of Living Philosophers, vol. XIV, Book I, II, La Salle, Ill.
- Stegmüller, Wolfgang (1969): Probleme und Resultate der Wissenschaftstheorie und Analytischen Philosophie, Bd. I, 1969, Bd. IV, 2. Halbbd. 1973, Berlin – Heidelberg – New York.
- Topitsch, Ernst (1958): Vom Ursprung und Ende der Metaphysik, Wien.
- Warnock, G. J. (1960): „The Logic of Scientific Discovery. By Karl R. Popper“, in: Mind 69, p. 99–101.



---

Gerhard Schurz

# Das Problem der Induktion\*

## 1.1 Einleitung

Eine der schillerndsten Seiten der Popperschen Wissenschaftstheorie ist die Ablehnung jeglicher Art von Induktion. Gleich einem persönlichem Steckenpferd hat Popper im Laufe seines wissenschaftlichen Schaffens die unterschiedlichsten Argumente gegen die Induktion angehäuft. Dabei läßt sich zwischen *logisch-formalen* und *philosophisch-grundsätzlichen* Argumenten unterscheiden. Bezüglich der ersteren wurden Popper seitens der Induktivisten mehrere und m. E. zu Recht bestehende Inkorrektheiten nachgewiesen (s. Carnap 1963). Auch lassen sich Poppers logisch-formale Argumente keiner einheitlichen Linie unterordnen: Meinem Eindruck nach hat Popper diverse – schwierige, aber lösbare – formale Probleme der induktiven Wahrscheinlichkeitstheorie aufgegriffen und darauf jedesmal die Hoffnung gebaut, endlich eine „endgültige“

\* Ich habe den Beitrag in seiner Version von 1998 belassen und trage aktualisierende Hinweise in dieser Fußnote nach. Eine erweiterte Version dieses Beitrags erschien als Schurz (2002) und wurde im gleichen Sammelband von Hook, Holweg, Miller, Musgrave und Gadenne kommentiert. Dort spricht sich auch der kritische Rationalist Musgrave (S. 37) für das Prinzip der pragmatischen Induktion aus — nur spricht er stattdessen von „epistemischer Induktion“. Der terminologischen Vereinheitlichung halber spreche ich in (Schurz 2006, 52) ebenfalls von „epistemischer Induktion“. Das im vorliegenden Beitrag „empirische Induktion“ genannte Verfahren nenne ich in (2006, 50) die „methodische Induktion“.

Widerlegung der Induktion gefunden zu haben.<sup>1</sup> Viel ergiebiger dagegen sind die philosophisch-grundsätzlichen Argumente Poppers gegen die Induktion, und ihnen möchte ich mich im folgenden widmen. Zunächst werde ich das Kapitel 1.1 „Das Problem der Induktion“ besprechen, welches Poppers *Logik der Forschung* einleitet. Daraufhin werde ich mich den späteren Schriften Poppers widmen, speziell *Realism and the Aim of Science* (1983), worin die wichtigsten Argumente Poppers zusammengetragen und gebündelt werden. Dabei werde ich Poppers vielschichtige Argumente in drei Thesen ausdifferenzieren, um sie so einer sachgerechten Analyse zugänglich zu machen.

Gemäß einer weitverbreiteten Auffassung, so hebt Poppers Kapitel 1.1 der *Logik* an, werden empirische Wissenschaften durch die induktive Methode charakterisiert. Forschungslogik müßte demnach mit Induktionslogik zusammenfallen. Dabei charakterisiert Popper den *Induktionsschluß* als den Schluß von *besonderen* Sätzen (Beobachtungs- bzw. Basissätzen) auf *allgemeine* Sätze (Gesetzeshypothesen oder Theorien). Das *Induktionsproblem* ist die Frage, ob und wie sich induktive Schlüsse rational begründen bzw. rechtfertigen lassen. Deren Rechtfertigung ist offenbar nur möglich auf der Grundlage eines *Induktionsprinzips*. Ein solches Induktionsprinzip, so Popper weiter, muß offenbar selber ein *synthetischer* und *allgemeiner* Satz sein. Synthetisch, weil induktive Schlüsse *gehaltserweiternd* sind, und allgemein, weil die induktive Methode allgemein anwendbar sein soll. Jeder Versuch einer Rechtfertigung dieses Induktionsprinzips führt nun aber, so Popper, in ein unweigerliches *Dilemma*. Zum einen ist das Induktionsprinzip nicht empirisch begründbar, denn hierzu müßte man von einem Induktionsprinzip höherer Ordnung Gebrauch machen (demzufolge induktive Schlüsse, weil sie sich bisher bewährt haben, sich auch in Zukunft bewähren werden),

<sup>1</sup> Man vergleiche z. B. die „zweite“ und „dritte“ logisch-formale „Herausforderung“ an die induktive Wahrscheinlichkeitstheorie (IW) in (1983, S. 256): die zweite besagt, daß gemäß IW die Wahrscheinlichkeit eines universellen deterministischen Gesetzes fast eins sein müßte, während gemäß der dritten die IW impliziere, daß jedes solche Gesetz die Wahrscheinlichkeit null haben müßte. Beides widerspricht sich offenbar; d. h., hätte Popper recht, so müßte die IW inkonsistent sein, was sie nachweislich nicht ist. In der Tat folgt weder die Behauptung der zweiten noch die der dritten Herausforderung zwingend aus der IW. – Auch das jüngste Argument gegen induktive Stützung in (Popper/Miller 1983) scheint mir „an den Haaren herbeigezogen“ zu sein.

und dies führt uns in einen unendlichen Regreß. Zum anderen ist auch der andere, von Kant unternommene Versuch, das Induktionsprinzip als a priori gültig zu erweisen, zum Scheitern verurteilt (denn es ist *denkmöglich*, daß sich die Welt schon morgen ganz anders verhält als bisher).

Popper führt weiter aus, daß man in das Dilemma zwischen *unendlichem Regreß* und *Apriorismus* auch dann hineingerät, wenn man – so wie die meisten Induktionslogiker, etwa Hans Reichenbach oder Rudolf Carnap – zugesteht, daß induktive Schlüsse der Konklusion nicht *Sicherheit* verleihen, so wie bei deduktiven Schlüssen, sondern lediglich *Wahrscheinlichkeit*. Denn auch das probabilistisch formulierte Induktionsprinzip setzt zu seiner empirischen Begründung ein Induktionsprinzip höherer Ordnung voraus (demzufolge sich bisher beobachtete Erfolgshäufigkeiten in die Zukunft extrapolieren lassen).

Zusammengefaßt ist für Popper das Induktionsproblem *unlösbar*. Darin folgt er David Hume, dem Denkvater aller philosophischen Induktionskritik. Die eingangs erwähnte Auffassung, empirische Wissenschaft sei durch die induktive Methode charakterisiert, bezeichnet Popper als das „induktionslogische Vorurteil“. Dieses, so führt er im Schlußteil von Kapitel 1.1 und im anschließenden Kapitel 1.2 („Ausschaltung des Psychologismus“) aus, hängt mit der Vermengung von *psychologischen* und *erkenntnislogischen* Fragen zusammen. Wissenschaftliche Tätigkeit besteht nämlich aus zwei Teilen, zum einen aus der *Findung* bzw. Erfindung von wissenschaftlichen Hypothesen, und zum anderen aus ihrer *Überprüfung*. Der erste Teil sei lediglich für die Psychologie interessant; Erkenntnislogik interessiere sich dagegen ausschließlich für den zweiten Teil, die Überprüfung, denn nur sie ist für die Feststellung der Geltung einer Hypothese relevant. Die induktive Methode, so geht hervor, könnte also auf den fälschlichen Versuch zurückzuführen sein, eine „Logik der Hypothesenfindung“ zu entwickeln.

Wie ein Wissenschaftler auf eine Hypothese kommt, ist, so Popper, einer logischen Rekonstruktion weder *fähig* noch *bedürftig*. Nicht fähig, weil Hypothesen oft durch reine Intuition gewonnen werden, ohne daß hierbei nach irgendwelchen (ersichtlichen) Regeln vorgegangen wurde. Nicht bedürftig, weil es erkenntnislogisch belanglos ist, wie ein Forscher auf seine Hypothese kommt, erkenntnislogisch wichtig ist allein deren

Überprüfung. Diese aber, so führt Popper im folgenden Kapitel 1.3 („Die deduktive Überprüfung der Theorien“) aus, sei rein *deduktiv*. Grob gesprochen werden dabei aus der Theorie empirische Folgerungen bzw. „Prognosen“ deduktiv abgeleitet und mit den Beobachtungssätzen, welche die tatsächlichen Beobachtungsdaten wiedergeben, verglichen. Widersprechen die Beobachtungssätze den deduzierten Folgerungen, so ist die Theorie (per Anwendung des „Modus Tollens“) *falsifiziert*. Stimmen sie dagegen überein, und hat die Theorie eine Reihe solcher Überprüfungsversuche positiv bestanden, so ist die Theorie *bewährt*. Aufgrund der bekannten Asymmetrie von Verifikation und Falsifikation (s. Kap. 1.6 der *Logik*) ist nur die Falsifikation einer Theorie logisch zwingend bzw. *endgültig*, ihre Bewährung dagegen immer nur *vorläufig* – eine bisher gut bewährte Theorie kann schon morgen falsifiziert sein (s. auch den Beitrag von Gadner in diesem Band). Induktionslogische Komponenten, so betont Popper am Ende von Kapitel 1.3, treten in dem so skizzierten Überprüfungsverfahren *an keiner Stelle* auf. Das gesamte Induktionsproblem sei somit erkenntnistheoretisch ohne Verlust eliminierbar.

Im Anschluß an Poppers Induktionskritik stellen sich vornehmlich zwei Fragen. *Erstens*: Ist das Induktionsprinzip wirklich unbegründbar, oder kann es eventuell auf andere als auf die von Popper *zu Recht* kritisierte Weise (unendlicher Regreß versus Apriorismus) gerechtfertigt werden? Ich glaube ja, und am vielversprechendsten scheint mir diesbezüglich die auf Reichenbach zurückgehende pragmatische Vindizierung der Induktion zu sein (s. Schurz 1989). Diese Frage soll hier nicht diskutiert werden. *Zweitens*, unabhängig davon, wie immer man das Induktionsprinzip zu begründen versuchen mag (für vielfältige Versuche s. Swinburne 1974): kann die Poppersche Methode der Überprüfung wissenschaftlicher Theorien tatsächlich ganz ohne Induktion auskommen, so wie es Popper behauptet, oder setzt sie zumindest irgendeine Art von Induktion voraus, und wenn ja, welche, bzw. welche nicht? Dieser Frage wollen wir uns im folgenden widmen. Hierzu werden wir die Popperschen Argumente gegen die Induktion in drei in ihrer logischen Stärke zunehmende Thesen ausdifferenzieren. Ich nenne diese Thesen *T1*, *T2* und *T3*. Anhand von Zitaten werde ich zu untermauern versuchen, daß sich jedes philosophische Argument, das Popper

gegen die Induktion vorbringt, einer dieser Thesen unterordnen läßt. Jede der Thesen ( $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$ ) setzt sich dabei aus einer negativen Teilthese ( $T_1^-$ ,  $T_2^-$ ,  $T_3^-$ ) und einer positiven Teilthese ( $T_1^+$ ,  $T_2^+$ ,  $T_3^+$ ) zusammen. Die negative Teilthese besagt jeweils, daß eine bestimmte Version des Induktionsprinzips falsch ist, und die positive Teilthese besagt, daß statt dessen etwas anderes zutrifft.

Jede der Thesen  $T_1^-$  bis  $T_3^-$  bestreitet also eine bestimmte Version des Induktionsprinzips. Ich nenne diese Versionen die *empirische* Induktion (EI), die *logische* Induktion (LI) und die *pragmatische* Induktion (PI).  $T_1^-$  bestreitet EI,  $T_2^-$  bestreitet LI, und  $T_3^-$  bestreitet PI. Da  $T_1^-$ ,  $T_2^-$  und  $T_3^-$  in ihrer Stärke sukzessive zunehmen, nehmen die entsprechenden Versionen des Induktionsprinzips EI, LI und PI in ihrer Stärke sukzessive ab; EI ist also die stärkste und am wenigsten haltbare Version des Induktionsprinzips, LI ist moderat, und PI ist schließlich seine schwächste und unangreifbarste Version.

Man findet alle drei Thesen ansatzweise schon in den soeben besprochenen Kapiteln der *Logik*. Ausführlicher sind sie in Popper (1983) auffindbar. Popper selbst hat meines Wissens zwischen diesen drei Thesen nie explizit unterschieden. Eine solche Unterscheidung ist für die Einschätzung seines Werkes jedoch erforderlich. Denn ich werde wie folgt argumentieren:

1. Poppers These  $T_1$  ist richtig, aber (aus Sicht des 20. Jahrhunderts) trivial; sie wird auch von den modernen Induktivisten anerkannt.

2. Poppers These  $T_2$  ist ebenfalls richtig und (aus Sicht des 20. Jahrhunderts) nichttrivial – ich sehe in ihr die eigentlich bedeutsame Einsicht und Leistung Poppers hinsichtlich der Frage der Induktion.

3. Poppers These  $T_3$  ist unrichtig – sie ist das Resultat einer Schwarz-Weiß-Malerei, die besser psychologisch als sachlich gedeutet wird. Zum einen steht sie im Widerspruch zu anderen Teilen von Poppers Wissenschaftstheorie, zum anderen war der Radikalismus dieser These wohl der Grund für viele unsachliche Kontroversen zwischen Popper und den Induktivisten. Ohne These  $T_3$  würde Poppers Wissenschaftstheorie m. E. wesentlich besser aussehen.

## 1.2 Die empirische Induktion

Gemäß der empirischen Induktionsauffassung (EI) werden wissenschaftliche Theorien durch Induktion aus der Beobachtung bzw. den empirischen Tatsachen sozusagen „herausextrapoliert“. Dieser Auffassung zufolge ist die Induktion also eine Methode der *Auffindung* bzw. *Konstruktion* von Theorien. Die empirische Induktion beruht letztlich auf dem alten (auf Aristoteles zurückgehenden) *induktiv-deduktiven Schema*, wonach der Erkenntnisprozeß von besonderen Beobachtungstatsachen induktiv aufsteigt zu allgemeinen Gesetzen und Theorien, um von diesen wieder deduktiv abzusteiigen zu besonderen Tatsachen.

Die EI als induktives Konstruktionsverfahren mag für simple empirische Gesetze der Form „Alle Raben sind schwarz“ funktionieren, welche durch enumerative Verallgemeinerung von Beobachtungsdaten gewonnen werden. Doch bereits sehr einfache Theorien, wie z. B. das Galileische Fallgesetz oder gar die Newtonsche Physik, sind zweifellos nicht mehr allein durch Verallgemeinerungs- oder Extrapolationsprozeduren aus der Beobachtung gewinnbar, denn sie enthalten Begriffe, die über das Beobachtbare hinausgehen – sogenannte *theoretische Begriffe* (in unseren Beispielen „reibunglose Bewegung“, „Masse“, „Kraft“). Wie Popper betont (1983, S. 118), wurde dies bereits von Berkeley, Mach, Poincaré und Duhem gesehen. *Poppers These T1* besagt nun folgendes:

*T1*: Wissenschaftliche Theorien werden nicht durch Induktion aus den beobachteten Tatsachen gewonnen.

*T1'*: Sie sind das Resultat eines kreativen und keinen strengen Regeln folgenden Denkprozesses (z. B. Intuition, oder Versuch und Irrtum). Dieser Denkprozeß garantiert weder die Wahrheit noch die Wahrheitsnähe von Theorien; letztere Frage ist unabhängig davon durch die Methode der Falsifikationsversuche zu entscheiden.

Wie wir sahen, findet sich *T1* bereits in Poppers Kapitel 1.2 der *Logik*. In (1983, S. 13) schreibt Popper: „... if we assume that what is called ‘scientific knowledge’ consists in guesses or conjectures, then this assumption is sufficient for solving the problem of induction ... For *guesses are not ‘induced from observa-*

tions'.“ Oder anders formuliert (1983, S. 32): „There can be no valid reasoning from singular observation statements to ... scientific theories“. (1983, S. 35:) „... we *never* draw inductive inferences, or make use of what are now called 'inductive procedures'. Rather, we always discover regularities by the essentially different method of trial and error.“

These T1 stellt für die Induktivisten des 20. Jahrhunderts jedoch keine Herausforderung mehr da. Die von Popper so betonte Unterscheidung zwischen dem Entdeckungs- bzw. Erfindungszusammenhang und dem Begründungszusammenhang von Theorien (*context of discovery* versus *context of justification*) war nämlich zugleich eine – auf den Induktionslogiker (!) Hans Reichenbach zurückgehende – Grundthese des gesamten logischen Empirismus und verwandter Richtungen. Auch für die Induktionslogiker des 20. Jahrhunderts war also klar, daß Hypothesen auf verschiedenstem Wege gefunden werden können; die Frage ihrer Wahrheit, Wahrheitsnähe oder Bewährung ist durch davon unabhängige (im Gegensatz zu Popper allerdings induktionslogische) Überprüfungsmethoden zu entscheiden. In diesem Sinne verstand auch Carnap seine induktive Logik nicht als Methode der Entdeckung, sondern als Methode der Überprüfung von Theorien (Carnap 1950, Kap. I.5) – und zwar durch die Feststellung ihrer *induktiven Wahrscheinlichkeit* aufgrund der vorliegenden Beobachtungstatsachen. These T1 ist somit keine Herausforderung, sondern ganz im Sinne der Induktivisten des 20. Jahrhunderts.

### 1.3 Die logische Induktion

Die logische Induktionsauffassung (LI) versteht Induktion als eine Methode der Feststellung des *Bestätigungsgrades* von Theorien aufgrund gegebener Beobachtungsdaten. Dies soll durch Errichtung eines Systems der induktiven Wahrscheinlichkeit geschehen, worin die induktive Wahrscheinlichkeit einer Theorie T bei gegebenen Beobachtungsdaten B, kurz  $IW(T/B)$ , auf rationale Weise bestimmt werden kann. Der Bestätigungsgrad von T bei gegebenem B wird entweder direkt mit  $IW(T/B)$  identifiziert oder zumindest durch einfache formale Operationen daraus gewonnen. Pioniere dieses induktivistischen Pro-

gramms sind im 20. Jahrhundert Hans Reichenbach und Rudolf Carnap (1950).<sup>2</sup>

Statt der Wahrscheinlichkeit bzw. des Bestätigungsgrades kann man auch alternativ die *Wahrheitsnähe* einer Theorie T bei gegebenen Beobachtungsdaten B, kurz  $WN(T/B)$ , als zentrales Bewertungsmaß ansehen. Der Popperschen Grundidee folgend, ist eine Theorie T bei gegebenen Beobachtungsdaten B als um so wahrheitsnäher anzusehen, je mehr wahre und je weniger falsche beobachtete Konsequenzen (d. h. Konsequenzen in der Sprache von B) sie besitzt.<sup>3</sup> Poppers ursprüngliche Explikation des Begriffs der Wahrheitsnähe war bekanntlich mit tiefgreifenden logischen Mängeln behaftet; in Schurz/Weingartner (1987) wurde jedoch gezeigt, wie diese Mängel mit Hilfe einer Theorie der *relevanten Konsequenzelemente* überwunden werden können. Während von Popper ein bloß komparativer Wahrheitsnähebegriff entwickelt wurde (Theorie  $T_1$  ist wahrheitsnäher als  $T_2$ , bei gegebenem B), haben induktivistische Wissenschaftstheoretiker wie Niiniluoto (1987) *quantitative Maße* für die Wahrheitsnähe entwickelt, welche ebenso wie Maße der induktiven Wahrscheinlichkeit auf der Konstruktion von *begrenzten sprachlichen Möglichkeitsräumen* beruhen.

Der Wahrheitsnähebegriff hat gegenüber dem Wahrscheinlichkeitsbegriff folgenden Vorteil: Wenn eine Theorie T auch nur eine einzige falsche deduktive beobachtbare Konsequenz besitzt, so ist ihre induktive Wahrscheinlichkeit bei gegebenem B gleich Null; doch ihre Wahrheitsnähe kann nach wie vor sehr hoch sein, nämlich wenn sie zugleich viele zutreffende beobachtbare Konsequenzen besitzt. Für die folgenden Überlegungen ist jedoch dieser Unterschied ohne sonderliche Bedeu-

2 Im Unterschied zu Carnaps logischem Wahrscheinlichkeitskonzept versuchte Reichenbach, sein Programm mit Hilfe des statistischen Wahrscheinlichkeitskonzepts durchzuführen. Fortführungen des Carnapschen Ansatzes finden sich in Carnap/Jeffrey (1971) und Hintikka/Suppes (Hrsg., 1966).

3 Popper (1963, S. 233) hat „Wahrheitsnähe“ ursprünglich als einen absoluten, d. h. nicht auf ein Beobachtungswissen B relativierten, Begriff expliziert. In den unten angeführten Zitaten spricht Popper jedoch immer von „Gründen, um eine Theorie T aufgrund eines (Beobachtungs-)Wissens B als so und so wahrheitsnahe anzusehen“. Offensichtlich hat Popper hier den derart relativierten Wahrheitsnähebegriff im Auge. Zu seiner exakten Explikation siehe Schurz/Weingartner (1987) und Schurz (1988).

tung, da es um ein wesentlich grundsätzlicheres Problem gehen wird.

Die logische Induktionsauffassung besagt, daß es in rationaler Weise möglich ist, die induktive Wahrscheinlichkeit oder alternativ die Wahrheitsnähe einer Theorie T bei gegebenem Beobachtungsstand B zu bestimmen. Genau dies bestreitet *Poppers These T2*:

(T2<sup>-</sup>): Es ist unmöglich, in rationaler Weise die induktive Wahrscheinlichkeit  $IW(T/B)$  oder die Wahrheitsnähe  $WN(T/B)$  einer Theorie T bei gegebenem Beobachtungswissen B zu ermitteln. Dies wäre nur möglich, wenn man einen begrenzten sprachlichen Möglichkeitsraum konstruieren könnte, der *alle* möglichen Alternativtheorien enthält. Zu einer gegebenen Theorie T gibt es jedoch immer unendlich viele mögliche Alternativtheorien, da letztere beliebige neue theoretische Begriffe enthalten können. Daß die Theorie T unter den derzeit bekannten Alternativtheorien die wahrheitsnächste ist, heißt nicht, daß sie absolut gesehen wahrheitsnahe ist; schon morgen könnte eine völlig neuartige Theorie vorgeschlagen werden, die zeigt, daß alle bisherigen Theorien sehr weit weg von der Wahrheit waren.

(T2<sup>+</sup>): Wohl aber ist es möglich, auf rationale Weise Theorien hinsichtlich ihres Bestätigungsgrades (Popper sagt: Bewährungsgrades) oder hinsichtlich ihrer Wahrheitsnähe zu *vergleichen*. Man kann also zu wohlbegründeten komparativen Bewertungen folgender Form gelangen: Theorie  $T_1$  ist besser bestätigt bzw. bewährt als  $T_2$ , bei gegebenem B; bzw.  $T_1$  ist wahrheitsnäher als  $T_2$ , bei gegebenem B. Unter den derzeit vorhandenen Alternativtheorien, sagen wir  $T_1, \dots, T_n$ , ist jene Theorie (als Grundlage zukünftiger Prognosen oder Entscheidungen) auszuwählen, die aufgrund der bisherigen Beobachtungen am bewährtesten bzw. am wahrheitsnächsten war, oder kürzer gesagt diejenige, die *bisher am erfolgreichsten* war.

Wie wir sahen, enthält das Kapitel 1.1 der *Logik* bereits Hinweise auf das Versagen der induktiven Wahrscheinlichkeitssysteme gegenüber dem Induktionsproblem. Doch das Kernstück der These T2, demzufolge keine absoluten, wohl aber komparative Bestätigungsurteile in rationaler Weise möglich

sind, ist dort noch nicht enthalten. Um so deutlicher in Popper (1983, S. 19). Hier fragt Popper: „Is it possible to justify our theories ... *rationally* ... by giving reasons – ‘positive reasons’ (as I shall call them) ..., for holding them to be true ...?“ Und seine Antwort ist klar (1983, S. 19): „... we cannot give any positive reasons for holding theories to be *true*.“ Doch sogleich fährt er fort (1983, S. 20): „Yet I differ from ... the sceptic ... in offering an *unambiguously affirmative* solution of ... the problem ... whether one theory is *preferable* to another ... (I am speaking of a theory’s being preferable in the sense that we think ... that it is a *closer approximation to the truth*, ... and that we even have *reasons* to think ... that it is so). ... We can often give reasons for regarding one theory as preferable to another ... I will call such reasons *critical reasons*, in order to distinguish them from those *positive reasons* which are offered with the intention of *justifying* a theory, or, in other words, of justifying the belief in its truth.“

Warum die absolute Bewertung einer Theorie als ‚wahr, wahrscheinlich oder wahrheitsnahe‘, und die komparative Bewertung einer Theorie als ‚besser als eine andere‘ so unterschiedlich sind, erläutert Popper anschließend wie folgt (1983, S. 23): „There is a world of difference between a meta-theory that asserts that a theory A is better than a theory B, and another meta-theory that asserts that a theory A is, in fact, true (or ‘probable’) ... We can often sum up the situation fairly by saying that, according to the present state of the critical debate, conjecture *a* is vastly superior to conjecture *b*, or even to all other conjectures so far proposed: that it appears to be a better approximation to the truth than any of these ... But we shall not in general be able to say that, according to the present state of the critical debate, conjecture *a* is the best that will ever be produced in this field, or that it *appears* to be actually true.“

Später (1983, S. 61) wird der Unterschied wie folgt erläutert: „Though we may reasonably believe that the Copernican model as revised by Newton is nearer to the truth than Ptolemy’s, there is no means of saying *how* near it is ... although the Copernican model was *the* great breakthrough, we no longer think that our sun is the center of the universe.“

Gegeben nun ein komparativer Vergleich der derzeit vorhandenen Alternativtheorien, so sagt Popper (1983, S. 65): „... I shall base my actions on the best theory available.“

Die bisherigen Zitate belegen alle wesentlichen Punkte der These T2, bis auf die von mir gegebene spezifische Begründung in T2', wonach die Unmöglichkeit eines absoluten Maßes der induktiven Wahrscheinlichkeit oder der Wahrheitsnähe letztlich auf der Unmöglichkeit der Konstruktion eines begrenzten sprachlichen Möglichkeitsraumes beruht, der alle ‚menschmöglichen‘ Alternativtheorien enthält. Hierin sehe ich die tiefste Begründung von Poppers These T2.

Daß auch Popper vermutlich meine Ansicht teilt, geht aus folgendem Zitat hervor (1983, S. 51): „... the method of trial and error [das ist die von Popper favorisierte Methode – G. S.] ... becomes justificationist or inductivist only if we mistakenly assume, with Bacon or Mill, that it is possible to justify a theory by the complete elimination of all its alternatives; but the number of untested alternatives is always infinite, and there are always unthought-of-possibilities.“ Erläutern wir dies anhand eines Beispiels. Angenommen ich arbeite in einem begrenzten sprachlichen Möglichkeitsraum: gegeben seien die zwei einstelligen Attribute, „x ist ein Mensch“ und „x ist blondhaarig“, und die Menge aller möglichen statistischen Hypothesen von der Form  $H_n$ : = „Zwischen  $n - 0,5$  % und  $n + 0,5$  % aller Menschen sind blondhaarig“, wobei  $n$  von 0 bis 100 läuft (d. h., es handelt sich um statistische 1 %-Intervallhypothesen).<sup>4</sup> Gegeben nun ein Beobachtungsdatum B, sagen wir eine Stichprobe von 100 Menschen, 35 davon blondhaarig, so ist offensichtlich, daß B unter den Alternativhypothesen  $H_0$  bis  $H_{100}$  die Hypothese  $H_{35}$  favorisiert. Mehr noch: unter der Annahme, daß die *a priori*-Wahrscheinlichkeit aller hundert Hypothesen gleich ist, läßt sich gemäß dem Bayesschen Theorem die induktive Wahrscheinlichkeit  $IW(H_n/B)$  für jede unserer Hypothesen berechnen. So funktioniert die Carnapsche und letztlich jede induktive Logik. Sobald jedoch die Möglichkeit von Alternativtheorien mit beliebigen neuen (theoretischen) Begriffen zugelassen wird, wird eine derartige Konstruktion unmöglich.<sup>5</sup>

4 Für  $n=0$  und  $n=100$  ist das linke resp. rechte Unsicherheitsintervall zu streichen.

5 Man könnte zwar eine Sprache mit einem unendlichen Vorrat neuer Begriffe annehmen und über die überabzählbar unendliche Menge damit formulierbarer Theorien ein Maß der Wahrscheinlichkeitsdichte einführen; man gelangt dann

T2 ist eine wesentliche Einsicht in die *Grenze* des induktivistischen Programms, und es ist Poppers Verdienst, diese Grenze aufgezeigt zu haben. These T2 impliziert unter anderem, daß die Überprüfung wissenschaftlicher Theorien immer *doppelt* relativ ist: nicht nur relativ zum jeweils vorliegenden Stand des Beobachtungswissens, sondern auch relativ zum jeweiligen Stand der vorgeschlagenen Alternativtheorien.

In den obigen Zitaten fällt auf, daß Popper Gründe für die Wahrheit oder absolute Wahrheitsnähe einer Theorie „positive“ Gründe nennt; Gründe für die Präferenz einer Theorie gegenüber einer anderen dagegen „kritische“ Gründe. Im ersteren Fall spricht er von „Rechtfertigung“ (justification), im zweiten Fall von „Verteidigung“ (defense): „... although critical reasons can never justify a theory, they can be used to defend our *preference* for it“ (1983, S. 20). Es fragt sich, ob es sich hier um ein bloßes Wortspiel handelt. Warum sagt Popper nicht einfach: Es gibt keine rationale Rechtfertigung der Behauptung, eine Theorie sei wahrheitsnahe, wohl aber eine rationale Rechtfertigung der Behauptung, eine Theorie sei wahrheitsnäher als eine andere? Dazu Popper (1983, S. 20): „Giving reasons for one's preferences can of course be *called* a justification ... But it is not a justification in the sense criticized here.“ Der Grund, warum Popper im Zusammenhang mit der Rechtfertigung von Theorienpräferenzen nicht von „positiven“ Gründen oder von „Rechtfertigung“ sprechen möchte, liegt tiefer: Es wäre ein implizites Eingeständnis dessen, was Popper in der nun zu besprechenden These T3 energisch bestreitet, obzwar es so offensichtlich ist: daß nämlich in Poppers Verfahren der Bewährung, wie in T2<sup>+</sup> erläutert, ebenfalls ein Induktionsprinzip eingeht, welches wir das „pragmatische“ nennen wollen.

## 1.4 Die pragmatische Induktion

Gemäß T2<sup>+</sup> wählen wir unter den derzeit vorhandenen Alternativtheorien jene Theorie, die bisher am erfolgreichsten war, als Grundlage zukünftiger Prognosen oder Entscheidungen aus.

allerdings zu keinen sinnvollen Theorie-,Intervallen‘, denen man ein Wahrheitsmaß größer Null zuschreiben könnte.

Ganz offenbar wird hier folgendes Induktionsprinzip angenommen: Wenn eine Theorie  $T_1$  *bisher* erfolgreicher war als  $T_2$ , so ist es – zwar nicht logisch zwingend, aber – wahrscheinlich, daß  $T_1$  auch *in Zukunft* erfolgreicher sein wird als  $T_2$ . Mit anderen Worten, die *bisher* ermittelten Erfolgspräferenzen zwischen gegebenen Theorien werden induktiv in die Zukunft projiziert. Ich nenne dies das pragmatische Induktionsprinzip. Würde dieses Prinzip *nicht* angenommen werden, so wäre die Methode der Bewährungsproben ohne jegliche Pointe. Bisheriger Erfolg wäre dann einfach irrelevant für unser zukünftiges Handeln. Obwohl beispielsweise die Auffassung, daß schwere Körper auf der Erde zu Boden fallen und nicht frei schweben, sich bisher besser bewährt hat als die gegenteilige Auffassung, so wäre dies kein Grund, diese Auffassung auch zur Grundlage unseres zukünftigen Handelns zu machen, da es logisch gesehen ja schon morgen umgekehrt sein könnte. Obwohl das pragmatische Induktionsprinzip in so offensichtlicher Weise in Poppers Methode der Bewährung (bzw. des *trial-and-error*-Lernens) eingeht, weigert er sich hartnäckig, diese Form der Induktion anzuerkennen. *Poppers These T3* – wir haben sie bereits im Kapitel 1.1 seiner *Logik* angetroffen – besagt:

T3<sup>-</sup>: In das Verfahren der komparativen Theorienbewertung aufgrund des bisherigen Erfolgs geht *keinerlei Induktionsprinzip* ein.

T3<sup>+</sup>: Dennoch ist dieses Verfahren das *beste*, das wir haben.

Man sollte meinen, daß der Grund, *warum* dieses Verfahren das beste ist, was wir tun können, natürlich in der Annahme des pragmatischen Induktionsprinzips liegen muß, da ohne diese Annahme auch nicht der geringste Grund geben wäre, dieses Verfahren z. B. einem *blinden Rate-Verfahren* vorzuziehen, worin unabhängig von den bisherigen Erfolgen früherer Rateversuche jedesmal *neu* geraten wird. Doch Popper kann sich nicht dazu entschließen, die Sache so zu sehen. Zu sehr ist ihm Induktion als solche ein Dorn im Auge. Dies erhellt z. B. aus folgender Bemerkung Poppers (1983, S. 64): „Do I not myself ... attribute to a theory a disposition to survive future tests on the basis of its past performance? ... I agree that such an attribution on my part would amount to a breakdown of my theory: it would be an

inductive inference.“ Popper glaubt also, die Annahme auch nur irgendeines Induktionsprinzips, und sei es bloß das schwache pragmatische, würde einen Zusammenbruch seiner gesamten Theorie bedeuten. Meines Erachtens ist das Gegenteil der Fall: seine Theorie würde in sich kohärenter werden. Jedenfalls ist an diesem Zitat die psychologische Barriere in Popper gegenüber jeglicher Art von Induktion erkenntlich.

Popper kämpft an mehreren Stellen in (1983) mit der Frage des pragmatischen Induktionsprinzips, und mir scheinen seine diesbezüglichen Argumente auf sprachliche Wortwendungen ohne erkenntliche sachliche Gründe hinauszulaufen. Hier sind einige Proben.

(1983, S. 23): „A justificationist ... may point out that even if he were to admit that these ‘reasons why we believe that one theory is better than another’ are perhaps not of the same character as would be reasons for believing that, say, the first of these theories is *true*, he could still claim that they are ‘positive reasons’: that they are reasons for believing in the truth of *some* theory – that is, of the theory (the ‘meta-theory’ as it may be called) that the first theory is better than the second.“ Daraufhin folgt zunächst das oben in 1.3 angeführte Popper-Zitat, welches besagt, daß selbst wenn der „justificationist“ (und damit der „inductivist“) Recht hätte, doch „a world of difference“ bestehen würde zwischen der absoluten Behauptung, eine Theorie sei wahr, und der komparativen Behauptung, eine Theorie sei wahrheitsnäher als eine andere. Mit anderen Worten, Popper betont hier – ganz in meinem Sinne – daß seine These T2 auch ohne die These T3 sehr gehaltvoll wäre. Dann allerdings fährt er so fort (1983, S. 24): „Second, there is, again, no attempt on my part to *justify* positively ... that a preference for one theory rather than another is the correct one.“

Popper betont im Anschluß erneut, daß für die Präferenz für eine Theorie gegenüber einer anderen bloß „kritische“, aber nicht „positive“ Gründe existieren. Doch was soll dies mehr sein als ein Wortspiel? Man betrachte hierzu die folgenden Bemerkungen Poppers. (1983, S. 61): „... we have good reasons to believe that some of our present ideas are *more truthlike* than some alternatives ... The method of science is rational: it is the best we have.“ Später heißt es (1983, S. 79): „to believe in a statement and to believe in the truth of a statement is the same“.

Daraus folgt, daß es nach Popper gute und rationale Gründe dafür gibt, an die Wahrheit eines Satzes der Form „ $T_1$  ist erfolgreicher als  $T_2$ “ zu glauben, sofern  $T_1$  *bisher* erfolgreicher war als  $T_2$ . Gemäß Poppers durchlaufender Terminologie müßten dann solche Gründe „positive“ Gründe, bzw. „Rechtfertigungsgründe“ sein; d. h. die Akzeptanz des pragmatischen Induktionsprinzips wäre die Folge. Man erkennt die Inkohärenz in Poppers Auffassung.

An anderer Stelle schreibt er folgendes (1983, S. 66): „But do I really not draw inductive conclusions from past performance to future performance? Is Russell not right to stress that the ‘*only* reason for believing that the laws of motion will remain in operation is that they have operated hitherto?’“ Und Poppers Antwort lautet (1983, S. 67): „It is not Russell’s formulation which is mistaken, but the sentiment which he expresses ... There simply is *no* reason to believe in the *truth* (or the probability) of any particular set of conjectures which we call a physical theory; though there may be reasons for preferring one theory to others as a better *approximation to the truth* (which is not a probability). This makes all the difference.“ – Wäre dies wirklich der gesamte Unterschied – was ich in der Tat meine – so würde wieder folgen, daß es gemäß Popper induktive Gründe gibt, die Theorie der Newtonschen Bewegungsgesetze irgendeiner absurden Alternativtheorie vorzuziehen. Erneut ist Popper inkohärent mit sich selbst.

Die bisherigen Ausführungen sollten zeigen, daß Poppers System ohne die Annahme von T3 wesentlich kohärenter wäre. Ich glaube also, daß die Auffassung T2 die kohärenteste „Zurechtinterpretation“ Poppers darstellt. Dennoch soll am Schluß dieser Arbeit nicht unerwähnt bleiben, daß Popper in seinem Kapitel über den wissenschaftlichen Realismus gelegentlich sogar ‚hinter‘ T2 ‚zurückfällt‘. Dies geht aus folgenden Zitaten hervor: „... it is reasonable to act upon (and thus to believe in) a thoroughly discussed and well tested scientific theory ... To believe in a statement and to believe in the truth of a statement is the same“ (1983, S. 79). Fügt man diese Zitate zusammen, so ist es nun sogar vernünftig, an die Wahrheit einer Theorie zu glauben. In der Tat *benötigt* Popper diese Prämisse, um daraus abzuleiten, daß es vernünftig ist, den *wissenschaftlichen Realismus* – den Glauben daran, daß wissenschaftliche Theorien objektiv existierende Strukturen der Realität beschreiben – zu akzeptieren. Doch man

darf nicht übersehen, daß diese Prämisse Poppers zentraler These T2<sup>-</sup> widerspricht. Es folgt daraus, daß wenn man Poppers These T2 wirklich ernst nimmt, der wissenschaftliche Realismus nicht mehr so einfach zu verteidigen ist, wie es Poppers Ausführungen glauben machen. Metaphorisch ausgedrückt: These T2 scheint mir der solide Kern von Poppers Wissenschaftstheorie zu sein, doch dieser Kern steht unter *doppelter Spannung*: Poppers Aversion gegen jegliche Induktion möchte ihn in Richtung T3 ziehen, ihm das pragmatische Induktionsprinzip rauben und ihn damit dem Relativismus ausliefern; Poppers Liebe zum Realismus möchte ihn dagegen zurück in Richtung ‚Induktionslogik‘ bzw. ‚Wahrheitsrechtfertigung‘ ziehen und ihn damit seiner kritischen Komponente berauben.

## Literatur

- Carnap, Rudolf (1950): *Logical Foundations of Probability*, Chicago.
- Carnap, Rudolf (1963): „K. R. Popper on Probability and Induction“, in: P. A. Schilpp (Hrsg.), *The Philosophy of Rudolf Carnap* (chap. III: The Philosopher Replies), La Salle, Ill., S. 995–998.
- Carnap, Rudolf/Jeffrey, Richard C. (1971): *Studies in Inductive Logic and Probability*, Berkeley, Cal.
- Hintikka, Jaakko/Suppes, Patrick (1966, Hrsg.): *Aspects of Inductive Logic*, Amsterdam.
- Niiniluoto, Ilkka (1987): *Truthlikeness*, Dordrecht.
- Popper, Karl R. (1935/94a): *Logik der Forschung*, 10. Aufl., Tübingen.
- Popper, Karl R. (1963): *Conjectures and Refutations*, London.
- Popper, Karl R. (1983): *Realism and the Aim of Science*, London.
- Popper, Karl R./Miller, David (1983): „A Proof of the Impossibility of Inductive Probability“, in: *Nature* 302, S. 687–688.
- Schurz, Gerhard (1987): „New Definition of Verisimilitude and its Applications“, in: P. Weingartner/G. Schurz (Hrsg.), *Logic, Philosophy of Science and Epistemology*, Wien, S. 177–184.
- Schurz, Gerhard (1989): „Kontext, Erfahrung und Induktion: Antworten der pragmatistischen Wissenschaftstheorie auf drei Herausforderungen“, in: *Philosophia Naturalis* 25, H. 3/4, S. 296–336.
- Schurz, Gerhard (2002): „Karl Popper, Deduktion, Induktion und Abduktion“, in: J. M. Böhm et al. (Hrsg.), *Karl Poppers kritischer Rationalismus heute*, Tübingen, S. 126–143.
- Schurz, Gerhard (2006), *Einführung in die Wissenschaftstheorie*, Darmstadt.
- Schurz, Gerhard/Weingartner, Paul (1987): „Verisimilitude Defined by Relevant Consequence-Elements“, in: T. A. Kuipers (Hrsg.), *What Is Closer-To-The-Truth?*, Amsterdam (Poznan Studies, 10), S. 47–78.
- Swinburne, Richard G. (1974): *The Justification of Induction*, London.

---

Hans Jürgen Wendel

# Das Abgrenzungsproblem

## 2.1 Die Problemstellung

Das *Abgrenzungsproblem* sieht Popper in erster Linie darin, erfahrungswissenschaftliche Aussagenszusammenhänge von anderen, nicht erfahrungswissenschaftlich zu nennenden, durch eine Charakterisierung der Eigenart der Erfahrungswissenschaft abzugrenzen.<sup>1</sup> Klärungsbedürftig ist dabei allerdings, wogegen Popper die erfahrungswissenschaftliche Erkenntnisart abgrenzen will. Am deutlichsten wird Popper in seiner Autobiographie, wo er rückblickend davon spricht, ursprünglich sei es ihm darum gegangen, Wissenschaft gegen pseudowissenschaftliche Unternehmungen wie den Marxismus oder die Psychoanalyse abzugrenzen (Popper 1979a, S. 52). Dieses Interesse an der Abgrenzung der Wissenschaft von Pseudowissenschaft erregte auch Poppers Aufmerksamkeit für die Gedanken des „Wiener Kreises“, dessen Vertreter die Metaphysik der Erfahrungswissenschaft nicht nur als Pseudowissenschaft, sondern im Hinblick auf ihren Erkenntniswert sogar als etwas Sinnloses gegenüberstellten. In der Auseinandersetzung mit den Überlegungen des „Wiener Kreises“ wird das Abgrenzungsproblem daher auch

1 „Unter dem Abgrenzungsproblem verstehe ich das Problem eines Kriteriums zur Unterscheidung zwischen Aussagen der empirischen Wissenschaft und anderen Aussagen.“ Popper, „Vermutungswissen: meine Lösung des Problems der Induktion“ (1971) als Kap. 1 in: *Objektive Erkenntnis. Ein evolutionärer Entwurf*, Hamburg 1973, S. 12, Fußn. 19.

hauptsächlich zu einem der Abgrenzung von Erfahrungswissenschaft und Metaphysik.

Die Mitglieder des „Wiener Kreises“ gingen von einer methodischen Abgrenzung wissenschaftlichen Vorgehens aus, wobei sie auf die bereits von Bacon gegebene Charakterisierung der Naturwissenschaften als induktive Wissenschaften zurückgriffen. Aus dieser Sicht werden allgemeine Feststellungen über die Natur durch wiederholte Beobachtungen oder Experimente gerechtfertigt. Diese induktive Methode schien Wissenschaft positiv auszuzeichnen. Im „Wiener Kreises“ wollte man auf dieses vermeintliche Charakteristikum erfahrungswissenschaftlichen Vorgehens zurückgreifen, um Erfahrungswissenschaft von Metaphysik abzugrenzen – wobei diese Abgrenzung zugleich eine Abgrenzung des Sinnvollen vom Sinnlosen bedeutete. Kriterium der Sinnhaftigkeit war dabei die *empirische Verifizierbarkeit*, die induktive Beweisbarkeit durch Beobachtungssätze. Dieser Versuch einer Abgrenzung führte jedoch zu unbeheblichen Schwierigkeiten. Popper schien einerseits, als er sich mit den Gedanken des „Wiener Kreises“ auseinandersetzte, starke innere Verbindungen zwischen Pseudowissenschaft und Metaphysik offensichtlich vorhanden, so daß er nach eigenem Bekunden dazu kam, sein Abgrenzungskriterium „auch auf die Metaphysik“ anzuwenden (Popper 1979a, S. 52). Wohl wegen dieser Nähe und der Tatsache geschuldet, daß der primäre Adressat der Kritik des „Wiener Kreises“ die Metaphysik ist, scheint Popper daher das Abgrenzungsproblem andererseits nurmehr das einer Abgrenzung zwischen Erfahrungswissenschaft und *Metaphysik* zu sein. Diesen Zusammenhang zwischen Pseudowissenschaft und Metaphysik deuten auch seine noch späterhin Rudolf Carnap zustimmenden Bemerkungen in der Autobiographie an, „daß die meisten philosophischen Systeme ‚auf den Menschen wissenschaftlicher Gesinnung niederdrückend wirken‘“<sup>2</sup>; in die gleiche Richtung weisen die Bemerkungen in der *Logik der Forschung*, daß, ohne Abgrenzung, „die Gefahr eines Ableitens der empirischen Wissenschaften in Metaphysik entsteht“<sup>3</sup>. Metaphysik und Pseudowissenschaft scheinen demnach zumindest verwandt, partiell viel-

2 Popper 1979, S. 122; die eingefügte Stelle ist wörtlich Carnap entnommen.

3 *Logik der Forschung* (1935), zitiert nach der 6. verbess. Aufl. Tübingen 1976, S. 9 (im folgenden: LdF).

leicht sogar identisch und daher aus ähnlichen Gründen problematisch zu sein.

In der *Logik* heißt es schließlich, die „Aufgabe, ein solches Kriterium zu finden, durch das wir die empirische Wissenschaft gegenüber Mathematik und Logik, aber auch gegenüber ‚metaphysischen‘ Systemen abgrenzen können, bezeichnen wir als *Abgrenzungsproblem*“. Problematisch ist für Popper aber weniger die Abgrenzung von Mathematik und Logik, sondern die von der Metaphysik, auf die sich das Abgrenzungsproblem konzentriert. Dieses, heißt es dann auch, könne „definiert werden, als die Frage nach einem *Kriterium der Unterscheidung von ‚empirisch-wissenschaftlichen‘ und ‚metaphysischen‘ Behauptungen*“<sup>4</sup>. ‚Nichtwissenschaftlich‘ und ‚metaphysisch‘ können so anscheinend gleichgesetzt werden,<sup>5</sup> indem sie die Eigenschaften sind, wovon Wissenschaftlichkeit abgegrenzt werden soll. Anderen Orts spricht er auch von der Abgrenzung der Erfahrungswissenschaft gegenüber „vorwissenschaftlichen Mythen und der Metaphysik“.<sup>6</sup> Mitunter scheint er auch beides im Sinn zu haben, etwa wenn er davon spricht, daß in der Vergangenheit „die Wissenschaftler ihre Tätigkeit sowohl von der Pseudowissenschaft wie von der Theologie und Metaphysik abgrenzen mußten“ (Popper 1979a, S. 108) – wenngleich sie ein hierfür ungeeignetes Kriterium, die Induktion, heranzogen. Auf jeden Fall tritt in der Auseinandersetzung mit den Gedanken des „Wiener Kreises“ die Metaphysik als Adressat der Abgrenzung in den Vordergrund (vgl. Popper 1979a, S. 110). Das Abgrenzungskriterium soll in positiver Hinsicht dazu beitragen, pseudowissenschaftliche oder metaphysische Theorien als solche zu identifizieren und sie damit aus dem Bereich erfahrungswissenschaftlicher Erkenntnis ausscheiden zu können. Es wird zu klären sein,

4 LdF, Neuer Anhang: \*I. Zwei Mitteilungen über Induktion und Abgrenzung, 1933–1934, S. 255.

5 So heißt es etwa in: „The Demarcation between Science and Metaphysics“ (1955; abgedruckt in: Popper 1963, S. 255), etwas sei „non-empirical and non-scientific, or, if you like, metaphysical“.

6 „Replies to my Critics“, in: Schilpp 1974, S. 981. Es heißt dort, es sei – neben der Kühnheit von Hypothesen – „[...] the readiness to look out for tests and refutations, which distinguishes ‘empirical’ science from nonscience, and especially from prescientific myths and metaphysics.“

in welchem Verhältnis Metaphysik und Pseudowissenschaft stehen und wie dies mit dem Abgrenzungskriterium zu tun hat.

Der positivistische Lösungsvorschlag aus den Reihen des „Wiener Kreises“ erschien Popper jedoch als zutiefst unbefriedigend. Zunächst stellt sich das Induktionsproblem, das Popper, neben dem Abgrenzungsproblem als das zweite Grundproblem der Erkenntnistheorie erachtet.<sup>7</sup> Mit dem Aufweis der Unmöglichkeit einer induktiven Beweisbarkeit erweist sich für Popper auch die Verifizierbarkeit als ungeeignetes Abgrenzungskriterium, da es Verifizierbarkeit aus logischen Gründen – für den Empiristen – nicht gibt. Dies hat aber die weitere Konsequenz, daß damit der im Grunde wichtigste Teil wissenschaftlicher Aussagen – als „Scheinaussagen“ – aus dem Bereich der Erkenntnis ausgeschlossen wird: die Aussagen, die Behauptungen über Naturgesetzmäßigkeiten machen wollen. Da sie Allaussagen sind, können sie – wegen der Unmöglichkeit der Induktion – niemals verifiziert werden. Sie wären damit metaphysisch und, da die Verifizierbarkeit zugleich als Sinnkriterium dienen sollte, auch sinnlos. „Was uns aber zur Ablehnung der Induktionslogik bestimmt“, heißt es deshalb bei Popper, „das ist gerade, daß wir in dieser induktivistischen Methode kein geeignetes *Abgrenzungskriterium* sehen können, d. h. kein Kennzeichen des empirischen, nichtmetaphysischen Charakters eines theoretischen Systems.“ (LdF 9)

Wenn demnach bestimmte wissenschaftliche Aussagen, als allgemeine Aussagen, immer mehr sind als bloße (singuläre) Beobachtungsaussagen und insofern einen metaphysischen, durch Beobachtungsaussagen niemals begründet herstellbaren Überschuß haben, dann ist ein solches Kriterium zu stark, das auch sie ausschließt und zudem für sinnlos erklärt. Hinzu kommt, daß eine Sinnloserklärung jeglicher Metaphysik, wie Popper später betont, auch metaphysischen Überlegungen nicht gerecht wird. Sie spielen eine wichtige Rolle bei der Entwicklung von wissenschaftlichen Theorieansätzen.

7 Siehe hierzu die bereits in den Jahren 1930–33 abgefaßte Schrift Poppers, aus der *Logik* hervorgegangen ist: *Die beiden Grundprobleme der Erkenntnistheorie*, Tübingen 1979, sowie den rückblickenden Überblick zum Induktionsproblem in Kap. 1 von Popper 1973.

## 2.2 Das Abgrenzungskriterium hat zwei unabhängige Dimensionen

Die Lösung des Abgrenzungsproblems sah Popper zunächst darin, zu zeigen, daß es um eine Abgrenzung der Wissenschaft durch ihre *charakteristische Kennzeichen* und *nicht* um eine *Klärung sprachlichen Sinns* geht, durch die alles Nichtwissenschaftliche a limine als ohne Erkenntniswert als sinn- oder belanglos ausgeschieden wird. So sagt er ausdrücklich gegenüber den positivistischen Bestrebungen: „Im Gegensatz zu diesen ‚antimetaphysischen‘ Versuchen sehen wir unsere Aufgabe nicht darin, die Metaphysik zu überwinden, sondern darin, die empirische Wissenschaft in zweckmäßiger Weise zu kennzeichnen, die Begriffe ‚empirische Wissenschaft‘ und ‚Metaphysik‘ zu definieren“ (LdF 12). Ein Abgrenzungskriterium ist daher als ein „Vorschlag für eine Festsetzung“ zu betrachten (ebd.).

Die Lösung besteht damit in der Angabe eines entscheidenden Kennzeichens empirischer Wissenschaft als *Abgrenzungskriterium*, das die mit der Induktionslogik verbundenen Probleme vermeidet und das er folgendermaßen bestimmt: „Nun wollen wir aber doch nur ein solches System als empirisch anerkennen, das einer *Nachprüfung* durch die ‚Erfahrung‘ fähig ist. Diese Überlegung legt den Gedanken nahe, als Abgrenzungskriterium nicht die Verifizierbarkeit, sondern die *Falsifizierbarkeit* des Systems vorzuschlagen; mit anderen Worten: Wir fordern zwar nicht, daß das System auf empirisch-methodischem Wege endgültig positiv ausgezeichnet werden kann, aber wir fordern, daß es die logische Form des Systems ermöglicht, dieses auf dem Wege der methodischen Nachprüfung negativ auszuzeichnen: *Ein empirisch-wissenschaftliches System muß an der Erfahrung scheitern können*“ (LdF 15). Denn nur „solche Sätze (Satzsysteme) sagen etwas über die ‚Erfahrungswirklichkeit‘ aus, die an ihr scheitern können; genauer: die man einer solchen methodischen Nachprüfung unterwerfen kann [...] durch deren Ergebnisse sie widerlegt werden können“ („Zwei Mitteilungen über Induktion und Abgrenzung, 1933–1934“, in: LdF 255).

Das für die Aussagen der empirischen Wissenschaft Charakteristische ist laut Popper also einerseits die *logische Form des Scheiternkönnens* und andererseits – darüber hinaus – das *Scheiternkönnen „an der Erfahrung“* oder „Erfahrungswirklichkeit“. Das

heißt, erfahrungswissenschaftliche Aussagen(systeme) müssen nicht nur überhaupt scheitern können, sondern sie müssen empirisch – im Sinne methodischer Nachprüfung – scheitern können. Damit hat Poppers Abgrenzungskriterium aber zwei – abhängige – Dimensionen, die, auch von ihm, nicht immer genügend auseinandergehalten werden, wodurch die Gefahr einer Konfundierung besteht. So wird zumeist von Poppers Falsifizierbarkeitskriterium als Abgrenzungskriterium gesprochen, obwohl gerade die Falsifizierbarkeit nicht Wissenschaft von Metaphysik abgrenzt. Popper schließt im Kriterium der Falsifizierbarkeit nämlich zwei Aspekte zusammen: einen logischen und einen, der sich auf die Auszeichnung der Geltungsgrundlage bezieht. Das heißt, die Falsifizierbarkeit hat es zum einen mit der logischen Struktur von Aussagen und der logischen Beziehung von Klassen von Aussagen zu tun, und zum anderen mit in bestimmter Weise (methodologisch) charakterisierten Aussagen dieser Klassen – denjenigen, die sich auf Erfahrbares im Sinne empirisch Prüfbares beziehen. Daß es sich um zwei Aspekte handelt, wird dort deutlich, wo Popper ausdrücklich von *empirischer* Falsifizierbarkeit spricht – was bloß analytisch wäre, wenn Falsifizierbarkeit eo ipso empirische Falsifizierbarkeit wäre. Nur weil es ihm immer um die empirische Falsifizierbarkeit geht, verwendet er beide Ausdrücke zumeist austauschbar. Dennoch ist es wichtig, die beiden Aspekte, den logischen und den die Geltungsbasis charakterisierenden auseinanderzuhalten. Es ist daher angebracht, zunächst die beiden Dimensionen der Abgrenzung etwas genauer zu betrachten:

### 2.2.1 Die logische Form des Scheiternkönnens

Insbesondere wissenschaftliche Aussagen und Aussagensysteme sind wesentlich allgemein (universelle Wenn-dann-Aussagen); aus ihnen folgen bestimmte negative Existenzaussagen (Existenzverbote); daher können sie auf Grund ihrer logischen Form mit besonderen Aussagen in Widerspruch geraten. Daher behaupten Gesetzaussagen, wie wir sie in den Wissenschaften haben, nicht nur etwas (es ist *immer* so und so), sondern verbieten zugleich etwas (es kann *nie* so und so sein). So folgt z. B. aus der universellen Wenn-dann-Aussage: „Alle Planeten bewegen

sich auf Kreisbahnen um die Sonne“ die negative Existenzaussage: „Es gibt keinen Planeten, der sich nicht auf einer Kreisbahn um die Sonne bewegt“; d. h., solche Gesetzesaussagen verbieten das Eintreten bestimmter Ereignisse. Daraus ergibt sich eine logische „Asymmetrie zwischen Verifizierbarkeit und Falsifizierbarkeit“ (LdF 15). Allaussagen sind nie aus besonderen Aussagen ableitbar, können aber zu solchen in Widerspruch stehen. Das heißt, mit logischen Mitteln – des *modus tollens* – kann daher von als wahr akzeptierten besonderen Aussagen auf die Falschheit einer Allaussage geschlossen werden. Unter Rückgriff auf die aristotelische *Apagoge* hat bereits Schopenhauer darauf hingewiesen, daß man sich diese Asymmetrie zunutze machen kann, um falsifizierende Instanzen gegen allgemeine Aussagen ins Feld zu führen. Gegeben einen allgemeinen Satz, heißt es bei ihm, brauche man „nur einen einzigen Fall aufzustellen, zu dem der Satz nicht paßt, und derselbe ist umgeworfen: ein solcher Fall heißt Instanz [...] Z. B. der Satz: ‚Alle Wiederkäufer sind gehörnt‘ wird umgestoßen durch die einzige Instanz der Kameele. Die Instanz ist ein Fall der Anwendung der allgemeinen Wahrheit, etwas unter den Hauptbegriff derselben zu Subsumirendes, davon aber jene Wahrheit nicht gilt und dadurch ganz umgestoßen wird.“<sup>8</sup>

Diese logische Beziehung zwischen Arten von Satzklassen hat zunächst aber gar nichts damit zu tun, daß empirische Aussagen sie aufweisen. Erst in der weiteren, vom Interesse an wissenschaftlichen Aussagen geleiteten Betrachtung wird die Untersuchung auf diese Teilklasse der Aussagen, die diese Beziehung aufweisen, eingeschränkt. Den Aussagen der empirischen Wissenschaft ist eigen, daß sie zu den Satzklassen gehören, die in einer solchen logischen Beziehung stehen. Man könnte dies auch so ausdrücken – wenn man unter Falsifizierbarkeit im allgemeinen diese logische Beziehung versteht –, daß Falsifizierbarkeit und empirische Falsifizierbarkeit nicht zusammenfallen. Das erste Charakteristikum wissenschaftlicher Aussagen ist somit,

<sup>8</sup> Schopenhauer, „Eristik“, in: *Aus Arthur Schopenhauer's handschriftlichem Nachlaß. Abhandlungen, Anmerkungen, Aporismen und Fragmente*, hrsg. von Julius Frauenstädt, Leipzig 1864, S. 26. Auch findet sich schon der Hinweis, daß auch solche falsifizierenden Instanzen nicht sicher sind. Die zitierte Passage fährt fort: „Allein dabei können Täuschungen vorgehen [...]“

daß sie, indem sie *etwas behaupten*, zugleich auch *etwas verbieten*. Informativität heißt somit immer auch: es besteht die Möglichkeit des Scheiternkönnens – nämlich dann, wenn das durch die Behauptung Verbotene – aus welchem Grunde auch immer – akzeptiert wird, dann muß die Behauptung verworfen werden. Man könnte dies den logischen Aspekt der Falsifizierbarkeit nennen. Dieser Aspekt des Scheiternkönnens (des Vorhandenseins der logischen Möglichkeit der Widerlegung) fällt zusammen mit dem *Informationsgehalt* einer Aussage. Das heißt, Informativität ist immer auch Falsifizierbarkeit.

### 2.2.2 Der Erfahrungsbezug

*Die zweite Dimension des Abgrenzungskriteriums ist die empirische Falsifizierbarkeit, der Erfahrungsbezug.* Denn Popper fordert nicht nur Falsifizierbarkeit in Sinne der bloßen logischen Möglichkeit des Scheiternkönnens, sondern darüber hinaus des Scheiternkönnens an der Erfahrung – *empirische* Falsifizierbarkeit. Das heißt, wissenschaftliche Aussagen müssen so beschaffen sein, daß sie bestimmte Erfahrungssätze – Basissätze – verbieten, deren Wahrheit somit die Falschheit der betreffenden wissenschaftlichen Aussage implizieren würde. Erfahrung meint hier immer die methodisch gewonnene Erfahrung der Wissenschaften (vgl. LdF 24ff.). Unter empirisch ist also das zu verstehen, „was durch die empiristische Methodologie, durch die Theorie der ‚Erfahrung‘, erst genauer zu präzisieren ist“ (Popper 1979b, S. 360). Damit bedarf es der unabhängigen Klärung der „Frage nach dem empirischen Charakter der besonderen Sätze“ (der Basissätze) (LdF 17). Denn deren wissenschaftlicher Charakter kann damit ja nicht durch empirische Falsifizierbarkeit gegeben sein. Der Aspekt des Scheiternkönnens an der *Erfahrung* gibt den Aussagen *empirischen* Informationsgehalt und macht sie zu erfahrungswissenschaftlichen.

Damit wird deutlich, daß die Abgrenzung an Hand zweier Eigenschaftsdimensionen erfolgt: der logischen Eigenschaft des Scheiternkönnens – der *Falsifizierbarkeit* (bzw. Nichtfalsifizierbarkeit) im allgemeinen zum einen und der besonderen Art des Scheiternkönnens an der Erfahrung, der *Methode der empirischen Nachprüfung* zum anderen. Erst beide zusammen legen nämlich

den Bereich der Erfahrungswissenschaft fest. Auf diesen Unterschied scheint auch Popper abzuheben, wenn er sagt: „nicht allein durch ihre logische Form ist die empirische Wissenschaft gekennzeichnet, sondern darüber hinaus durch eine bestimmte Methode“ (LdF 14), den Erfahrungsbezug durch methodisch gestaltete Prüfung. Was ein beliebiges (informatives) theoretisches System mithin erst zu einem erfahrungswissenschaftlichen macht, ist dieser Bezug auf unsere methodische Erfahrung. Überprüfung durch „Erfahrung“ erscheint in dieser Auffassung als eine bestimmte Methode der Auszeichnung eines theoretischen Systems“ (LdF 14).

Wenn wir ihre empirische Prüfbarkeit als das charakteristische Kennzeichen einer erfahrungswissenschaftlichen Theorie verstehen, so ist der *Grad* ihrer empirischen Prüfbarkeit als deren Gütekriterium anzusehen<sup>9</sup>: sie ist um so mehr Erfahrungswissenschaft, als sie empirisch prüfbar ist; und sie ist empirisch um so mehr prüfbar, je mehr sie an beobachtbaren Ereignissen verbietet. Das heißt, es ist derjenigen Theorie im Rahmen der Erfahrungswissenschaften der Vorzug zu geben, die den größeren empirischen Gehalt hat, d. h. in höherem Maße empirisch prüfbar ist. Zu unterscheiden ist also die *positive Charakterisierung von erfahrungswissenschaftlichen Aussagen(systemen)* als *empirisch* falsifizierbaren und das, wogegen sie durch die beiden Dimensionen des Abgrenzungskriteriums *je abgegrenzt* werden. Je nachdem, wogegen die Erfahrungswissenschaften dabei abgegrenzt werden, kommt nämlich die eine oder die andere der beiden Bestandteile zum Tragen: Abgrenzungskriterium gegenüber analytischen Aussagen ist gemeinsam für die synthetischen – metaphysischen wie empirischen – Aussagen die allgemeine logische Eigenschaft der Falsifizierbarkeit (der logischen Möglichkeit des Scheiternkönnens); Abgrenzungskriterium der empirischen gegenüber den – ebenfalls falsifizierbaren – metaphysischen Aussagen ist allein die empirische Prüfbarkeit (d. h. des Scheiternkönnens auf Grund der besonderen Eigenschaft Er-

<sup>9</sup> Daher auch Poppers Versuche, Grade der empirischen Prüfbarkeit in der *Logik* zu bestimmen (77–96) Vgl. hierzu auch den Beitrag von Elie Zahar in diesem Band. Anwendungsprobleme werden diskutiert in Ströker 1987, S. 93–112. Eine ausführliche Diskussion von Gütekriterien aus Popperscher Sicht findet sich bei Pähler 1986.

fahrungsbezug zu haben). Die Eigenschaft der Falsifizierbarkeit (Widerlegbarkeit) ist somit als *das Merkmal aller informativen* (synthetischen) Urteile anzusehen.

Dieser vorhandene Unterschied beider verschiedener Abgrenzungsdimensionen ist zwar ständig präsent, wird aber auch immer wieder verdunkelt – so z. B. dort, wo Popper bei der Diskussion der Grade der *empirischen* Prüfbarkeit auf den Unterschied zwischen empirischem und logischem Gehalt eingeht. Der empirische Gehalt eines Satzes  $p$  wird dabei definiert als „die Klasse seiner Falsifikationsmöglichkeiten“ (LdF 84) was natürlich heißt: seiner empirischen Falsifikationsmöglichkeiten, d. h. die Klasse der mit ihm unvereinbaren Basissätze. Davon unterscheidet er den logischen Gehalt, den er durch die Ableitbarkeitsbeziehung definiert sieht (ebd.) – nämlich „die Menge aller aus dem betreffenden Satz ableitbaren nichttautologischen Sätze (Folgerungsmenge)“ (ebd.). Aber deren Negationen definieren genauso wie im Falle der empirischen Sätze auch bei den nicht empirisch prüfbar (metaphysischen) Aussagen Inhalte, die von ihnen verboten werden. So verbietet beispielsweise der metaphysische Determinismus (Jedes Ereignis hat eine Ursache) etwas (Es gibt kein nichtverursachtes Ereignis); ein nicht verursachtes – freies – Willensereignis, wenn auch nicht empirisch prüfbar, wäre zumindest etwas, das unter dieses Verbot fällt. Das heißt, die grundlegende logische Asymmetrie zwischen Verifizierbarkeit und Falsifizierbarkeit – zwischen logischer Beweisbarkeit und logischer Widerlegbarkeit – besteht auch im Falle – nichtanalytischer – metaphysischer Aussagen.

Der Zusammenhang wird durch eine terminologische Unterscheidung eher verdunkelt als erhellt, die Popper zwischen empirischen und synthetischen Aussagen macht: „Ähnlich wie wir die ‚empirischen‘ Sätze als diejenigen charakterisieren konnten, die auf Grund ihres *Falsifizierbarkeitsgrades* zum offenen Intervall zwischen Kontradiktionen und Tautologien gehören“ – und das heißt nichts anderes als daß sie empirisch und damit informativ, d. h. synthetisch sind –, „ähnlich können wir sagen, daß die *synthetischen* Sätze (einschließlich der nichtempirischen) auf Grund der *Implikationsbeziehung* Elemente des offenen Intervalls zwischen Kontradiktionen und Tautologien sind“ (LdF 85). Wenn wir in der Falsifizierbarkeit aber in erster Linie die logische Eigenschaft sehen, daß es mögliche unvereinbare Aussagen

gibt, daß sie widerlegbar sind, dann ist es genauso sinnvoll zu sagen, daß metaphysische – informative – Aussagen solche sind, die auf Grund ihrer logischen Widerlegbarkeit (d.h. der Falsifizierbarkeit im allgemeinen) zu diesem Intervall (der informativen Sätze) gehören. Oder umgekehrt: Alle Sätze dieses Intervalls sind widerlegbar (falsifizierbar), wenngleich nicht empirisch widerlegbar (empirisch falsifizierbar). Der Unterschied zwischen metaphysischen und empirischen Aussagen liegt dann allein im methodischen Unterschied der Art der – empirischen oder nichtempirischen – Prüfbarkeit – wobei zunächst einmal ganz dahingestellt ist, worin eine Prüfbarkeit jeweils gesehen wird. So wie die empirische Prüfung erst durch die „Methodenlehre“ bestimmt wird, kann es auch Kriterien einer Prüfung metaphysischer Aussagen geben.<sup>10</sup> Daher gelten die folgenden Bemerkungen Poppers, sofern hier die Falsifizierbarkeit nur als die logische Eigenschaft der Falsifizierbarkeit – also nicht als empirische Falsifizierbarkeit – genommen wird, genaugenommen auch für metaphysische Überlegungen: „Insofern sich die Sätze einer Wissenschaft auf die Wirklichkeit beziehen, müssen sie falsifizierbar sein, und insofern sie nicht falsifizierbar sind, beziehen sie sich nicht auf die Wirklichkeit“ (LdF 256). Denn auch metaphysische Sätze beanspruchen zumindest Wirklichkeitsbezug – wenn auch keinen empirischen. Wenn Popper sagt, „*ein nicht-falsifizierbares System zeichnet aus der Menge aller möglichen ‚empirischen‘ (synthetisch-singulären) Sätze keine Sätze aus*“ (LdF 256), so gilt dieses Kriterium nicht allein für die empirischen, sondern auch für die metaphysischen Sätze, wenn wir unter Falsifizierbarkeit im weiteren Sinne, wie wir dies oben ausgeführt haben, die logische Eigenschaft der Widerlegbarkeit verstehen; denn auch diese verbieten etwas – wenn auch nichts Beobachtbares. Und deshalb zeichnet ein nicht-falsifizierbares Aussagensystem, d. h. eines das überhaupt nichts – weder aus dem Bereich des Beobachtbaren noch des Unbeobachtbaren – verbietet, auch aus der Menge aller möglichen metaphysischen Aussagen keine Aussagen aus. Und so gilt die nur auf die empirischen Aussagen gemünzte Feststellung Poppers sowohl für em-

10 Popper hat später auch Prüfmöglichkeiten für metaphysische Überlegungen erwogen. Vgl. hierzu: „On the Status of Science and of Metaphysics“ (1958) in: Popper 1963, insbes. S. 193–200.

pirische Aussagen als auch für metaphysische, wenn er schreibt: „Die Falsifizierbarkeit unterscheidet zwei Arten von durchaus sinnvollen Sätzen voneinander: die falsifizierbaren und die nichtfalsifizierbaren. Die Falsifizierbarkeit zieht innerhalb der sinnvollen Sprache eine Trennungslinie, nicht um sie herum“ (LdF 15, Fußn. \*3).

Daß die logische Eigenschaft der Falsifizierbarkeit im allgemeinen – die Eigenschaft des Scheiternkönnens – allein als ein Kriterium zur Auszeichnung der empirischen Wissenschaften nicht ausreicht, zeigt auch folgender Hinweis Poppers zu damit zusammenhängenden Schwierigkeiten, „daß es *viele*, theoretische deduktive Systeme geben kann, die hinsichtlich ihrer logischen Struktur der jeweils anerkannten ‚empirischen Wissenschaft‘ weitgehend analog gebaut sind.“ (LdF 13) Es genügt nicht, daß Aussagen informativ sind (somit etwas verbieten), sondern darüber hinaus müssen sie empirisch prüfbar sein (etwas Erfahrbares verbieten) – denn nur dann sind es solche, die unsere – *erfahrbare* – Wirklichkeit beschreiben. Nicht der synthetische Charakter, der Informationsgehalt, allein ist somit entscheidend, sondern auch die Art der möglichen Prüfinstanzen.

Wissenschaftliche Erkenntnis ist daher durch methodisch gewonnene Erfahrung – objektive Prüfung – erlangte Erkenntnis. Popper formuliert daher drei Forderungen, die an ein empirisches Theoriensystem zu stellen sind: In negativer Hinsicht: es darf (1) nicht metaphysisch sein; in positiver Hinsicht: es soll (2) synthetisch und (3) ein „gegenüber anderen derartigen Systemen“ – also solchen, die nicht metaphysisch und synthetisch sind – insofern „ausgezeichnetes System“ sein (LdF 13), als es gerade „*unsere* Erfahrungswelt“ – also nicht nur eine mögliche Erfahrungswelt – darstellen soll. Das heißt, es soll nicht nur informativ, sondern – zumindest dem Anspruch nach – auch wahr sein. Was die empirische Wissenschaft als Erkenntnisform – auch gegenüber anderen Erkenntnisformen – somit auszeichnet, ist die methodisch gewonnene Erfahrung – die objektivierbare empirische Prüfung (LdF 24). Wenn daher die empirische Prüfbarkeit das eigentliche Abgrenzungskriterium der Erfahrungswissenschaft gegenüber der Metaphysik ausmacht, können wir sagen: Soweit wir die wissenschaftliche Erkenntnis betrachten, ist „die Erkenntnistheorie oder Forschungslogik *Methoden-*

lehre“<sup>11</sup>. Und da es in der Wissenschaft um Erkenntniserweiterung zu tun ist, haben die methodologischen – und heuristischen – Regeln der Wissenschaft die Falsifizierbarkeit durch Erfahrungsbezug sicher zu stellen (vgl. LdF 22).

Den Zusammenhang von Synthetizität und empirischer Falsifizierbarkeit wissenschaftlicher Aussagen hat Popper dann auch nutzbar gemacht, indem er auf einen Zusammenhang zwischen Graden des empirischen Informationsgehaltes und Graden der Prüfbarkeit hinwies. Allerdings wird hier – um den Preis von Konfusion – oft übersehen, daß Gehalt und empirischer Gehalt nicht zusammenfallen, denn es gibt auch nicht empirische, ihrer logischen Form nach dennoch falsifizierbare (synthetische) Aussagen, die als gehaltvoll – wenn auch nicht empirisch gehaltvoll – anzusehen sind. Das heißt, Metaphysik ist nicht gehaltlos, wenn auch empirisch gehaltlos. Zu unterscheiden wären also Prüfbarkeit und wissenschaftliche Prüfbarkeit. Welche Kriterien für Prüfbarkeit dabei jeweils anzulegen wären, ist – für metaphysische wie für wissenschaftliche Überlegungen – eine andere Frage. Popper zeigt zwar, daß empirische Prüfbarkeit als etwas Graduelles angesehen werden muß, gibt aber nur Grade empirischer Prüfbarkeit an, so daß hierbei Gehalt und empirischer Gehalt gleichgesetzt werden.

Bei genauerem Hinsehen erweist sich Poppers „Abgrenzungsvorschlag im Grunde als eine Reformulierung der Kantischen Einteilung der Urteilsarten nach *Erkenntniswert* und *Geltungs-*

11 LdF 22; Popper hat diese Festschreibung der Aufgabe der Philosophie späterhin abgeschwächt. Bartley weist darauf hin, daß Popper – in Abgrenzung gegen Versuche philosophischer Systembildungen im Sinne Hegels den Aufsatz „What is Dialectics?“ in der Originalversion noch prononciert mit den Worten schließt, „die Untersuchung der kritischen Methoden der Wissenschaft“ („study of the critical methods of Science“) sei schlechthin „die Aufgabe“ („The task“), welche Philosophen noch leisten könnten (als Diskussionsvorlage 1937, Erstpublikation in: *Mind*, N.S. 49, 1940); beim Wiederabdruck (1963) mildert Popper dies ab zu „Eine Aufgabe“ („One Task“) (S. 335). Die Einschränkung ist Ausdruck eines sehr veränderten Verhältnisses zur Einschätzung des Erkenntniswertes philosophischer Überlegungen und damit des Bereichs legitimer philosophischer Analyse (vgl. hierzu insbes. Bartley 1968, S. 40–64, sowie Wettersten 1992, S. 192ff.). Die veränderte Auffassung Poppers über den Bereich und die mögliche Leistungsfähigkeit philosophischer Untersuchungen zeigen seine Überlegungen in „On the Status of Science and of Metaphysics“ (Popper 1963, S. 193–200).

*grundlage*. In seine Dimensionen aufgespalten zeigt sich, daß der logische Aspekt der Falsifizierbarkeit im allgemeinen, die logisch mögliche Widerlegbarkeit von Aussagen, ein besseres Kriterium für die Unterscheidung zwischen analytischen und synthetischen Urteilen gibt als die Kantische Unterscheidung, indem damit die Aspekte des Informationsgehaltes und der Wahrheit getrennt werden. Durch methodische Erfahrung falsifizierbare Aussagen sind Poppers Äquivalent für Kants synthetisch aposteriorische Urteile – wobei Erfahrung schlechthin durch wissenschaftliche, d. h. methodisch gewonnene Erfahrung ersetzt wird.

Popper gibt zwar ein positives Kriterium für Wissenschaftlichkeit, ungeklärt ist damit allerdings noch, wogegen dadurch eine Abgrenzung vorgenommen ist. Wie bei Kant für die Sorte der analytisch-aposteriorischen Urteile, gilt analog für die Poppersche Unterscheidung, daß die Sorte der empirischen und nichtfalsifizierbaren leer sein muß. Es ist aber klar, daß erst das aus beiden Dimensionen zusammengesetzte Kriterium der empirischen Falsifizierbarkeit eine Abgrenzung vornimmt – sowohl gegen die zwar falsifizierbaren, aber nicht empirisch falsifizierbaren, wie auch gegen die nichtfalsifizierbaren (analytischen) Aussagen. Widerlegbarkeit allein ist aber kein Unterscheidungskriterium von metaphysischen und empirischen Aussagezusammenhängen – da beide, indem sie etwas behaupten, prinzipiell auch verbieten etwas anderes zu akzeptieren. Was die Abgrenzung des Metaphysischen vom Empirischen angeht, so zeigt aber die neuere Entwicklung in der Wissenschaftstheorie, daß eindeutige Kriterien hier schwer zu geben sind und zudem selbst zutiefst von metaphysischen Voraussetzungen abhängen.

Daß die beiden oben unterschiedenen Dimensionen des Abgrenzungskriteriums nicht immer deutlich hervortreten, hat damit zu tun, daß die Falsifizierbarkeit dort, wo Popper die Wissenschaft von der Metaphysik abgrenzt, keine Rolle spielt, da beide Arten von Aussagensystemen falsifizierbar sind. Hier ist der Unterschied allein der der Prüfbarkeit durch methodischen *Erfahrungsbezug*. Dort, wo er dagegen Wissenschaft gegenüber bloß analytischen – bzw. zirkulären – Aussagen abgrenzt, die vermeintlich als synthetisch angesehen werden, ist der logische Aspekt der Falsifizierbarkeit das alleinige Kriterium.

### 2.3 Das Andere der Erfahrungswissenschaft: Metaphysik und Pseudowissenschaft

Mit der – positiven – Charakterisierung der Erfahrungswissenschaft bleibt allerdings, wie die verschiedenen Unklarheiten belegen, ungeklärt und offen, wogegen sie damit abgegrenzt wird. Auch wenn es oft so aussehen mag, als läge bei Popper eine Gleichsetzung von Metaphysik und Pseudowissenschaft vor, scheint es mir eher so zu sein, daß Popper zwar eine Abgrenzung gegenüber beiden im Sinn hatte, beide aber dennoch nicht in eins setzen wollte. Gleichwohl gibt es Verbindungen zwischen beiden, die sich aus der Zweidimensionalität des Abgrenzungskriteriums, wie es oben analysiert wurde, ergeben. Betrachten wir hierzu, was nach Poppers Verständnis Pseudowissenschaft charakterisiert.

Musterbeispiele für Pseudowissenschaften waren ihm der Marxismus und die Psychoanalyse – Aussagengebäude, die im Grunde kein empirisches Ereignis verbieten, die vermeintlich für jede mögliche Tatsache eine Erklärung haben. Für Pseudowissenschaften ist Popper anscheinend charakteristisch, daß sie aus einer *Kombination von zwei Elementen bestehen: metaphysischen Aussagen zum einen und vermeintlich empirischen, genauer besehen jedoch analytischen Aussagezusammenhängen* von empirischen Begriffen zum anderen. Das bloße Vorkommen der empirischen Begriffe, also von Begriffen mit Erfahrungsbezug, erzeugt den Anschein der Wissenschaftlichkeit. Die Einbindung in analytische Aussagezusammenhänge nimmt ihnen zwar nicht diesen *empirischen Bezug*, aber jeden *empirischen Gehalt*.

Bei der Abgrenzung der Wissenschaft von der Pseudowissenschaft scheinen schließlich beide Elemente des Abgrenzungskriteriums zum Tragen zu kommen. Pseudowissenschaften scheinen solche Aussagensysteme zu sein, die zwar Wissenschaftlichkeit prätendieren, ansonsten jedoch analytische oder metaphysische Behauptungen oder Konglomerate aus beiden sind. Insofern ist die Abgrenzung hier auch doppelt: einmal gegenüber solchen Behauptungen, *die keiner empirischen Überprüfung zugänglich* – und insofern metaphysisch – sind, und zum anderen gegenüber bloß *analytischen* – vielleicht nicht unmittelbar als solche durchschaubaren – Aussagen.

Hiervon ausgehend werden auch die erkenntnistheoretischen Gründe Poppers für eine Ablehnung sogenannter Immunisierungs- oder Ad-hoc-Strategien deutlich: Sie verringern den erfahrungswissenschaftlichen Charakter von Aussagesystemen. Diese Verringerung kann dabei auf zwei Weisen vonstatten gehen, die sich wiederum aus der zweifachen Abgrenzung der Erfahrungswissenschaft ergeben. (a) Wenn der metaphysische Charakter im Gegensatz zum wissenschaftlichen in der fehlenden empirischen Prüfbarkeit gesehen wird, dann kann eine Abnahme der empirischen Prüfbarkeit mit einer Zunahme des metaphysischen Gehalts gleichgesetzt werden. Ad-hoc-Hypothesen, welche die empirischen Prüfinstanzen verringern, vergrößern somit den metaphysischen Gehalt. Wer an wissenschaftlichen, d. h. empirisch prüfbaren Hypothesen interessiert ist, wird daher solche Hypothesen zu vermeiden suchen. Er wird aber nicht nur eine solche *Einschränkung empirischer Prüfbarkeit* ablehnen, sondern (b) auch eine andere Immunisierungsstrategie, *die Einschränkung der Widerlegbarkeit* (der Falsifizierbarkeit im allgemeinen) – die Immunisierung durch Analytisierung, die definitorische Ausgrenzung von falsifizierenden Instanzen. Sie besteht darin, synthetische, d. h. widerlegbare, Aussagen durch analytische zu ersetzen. Dies geschieht durch Umdefinitionen zentraler Begriffe, wodurch bestimmte Aussagen analytisch werden; dies muß nicht offensichtlich sein, sondern kann über weitverzweigte, unübersichtliche Definitionsketten geschehen. So würde die Aussage: „Alle Schwäne sind weiß“ durch die Beobachtungsaussage „An der Stelle xyz befindet sich ein schwarzer Schwan“ falsifiziert. Das Auftauchen eines solchen Vogels könnte aber auch damit als irrelevant abgetan werden, daß er wegen der schwarzen Farbe gar nicht als Schwan aufgefaßt werden dürfe. Hier fände eine Analytisierung dadurch statt, daß die Eigenschaft der weißen Farbe als eine zum Begriff des Schwanes gehörige angesehen würde. Beide Strategien (a) und (b) können dabei auch kombiniert werden. Das methodologische Verbot immunisierender Ad-hoc-Strategien ergibt sich also erst aus dem Interesse an Erkenntniserweiterung und, da es um die Erfahrungswissenschaft geht, an empirischer Erkenntniserweiterung. Immunisierung durch Analytisierung ist aber auch nicht im Interesse philosophischer (metaphysischer) Erkenntnis(-erweiterung).

Somit gibt es durchaus einen Unterschied zwischen Pseudowissenschaft und Metaphysik, der sich aus der zweifachen Abgrenzung ergibt: Bei der Abgrenzung zwischen empirischer Wissenschaft und Metaphysik geht es um *eine Abgrenzung innerhalb der Klasse der falsifizierbaren – der widerlegbaren und damit informativen – Aussagen*. Metaphysisch sind diejenigen Erkenntnisansprüche, die nicht durch methodische Erfahrung prüfbar sind – was aber nicht heißt, daß sie damit nicht informativ, nicht widerlegbar – nicht falsifizierbar im allgemeinen Sinne – sind. Das heißt dort, wo es um die Abgrenzung von Metaphysik und empirischer Wissenschaft geht, dürfte Popper genaugenommen allein den Weg der *empirischen* Nachprüfung zur Unterscheidung anführen, nicht aber den der logisch möglichen Widerlegung, indem durch Behauptungen Verbotenes akzeptiert wird. Und in späteren Schriften scheint er auch in diese Richtung zu tendieren, wenn er kritische Verfahren der methodischen Überprüfung nicht auf empirische Verfahren einschränkt (vgl. z. B. Popper 1963, S. 193–200).

## 2.4 Der Verlust der Grenze

Wie zu sehen war, ist das Kriterium der Falsifizierbarkeit empirischen und metaphysischen Aussagezusammenhängen gemeinsam und grenzt beide gegen analytische ab. Es fragt sich daher, ob die positive Charakterisierung der Erfahrungswissenschaft ihre Abgrenzung von der Metaphysik erlaubt. Bei genauerem Hinsehen ergeben sich auch hier Probleme – Probleme auf deren Gründe Popper selbst bereits hinweist und die in der Folge auch von vielen Philosophen aus seiner Tradition ausgearbeitet wurden.<sup>12</sup>

Der Grund der Probleme liegt vor allem darin, erstens, daß Abgrenzungskriterien selbst das Ergebnis philosophischer Überlegungen sind, und zweitens, daß es sich gezeigt hat, daß nicht definitiv feststeht, ob eine Aussage als empirisch oder metaphy-

12 Was den Aufweis von Schwierigkeiten der Popperschen Position anbelangt, sind hier in erster Linie zu nennen: Imre Lakatos („Falsifikation und die Methodologie wissenschaftlicher Forschungsprogramme“ und „Die Geschichte der Wissenschaft und ihre rationalen Rekonstruktionen“, in: Lakatos/Musgrave

sich einzustufen ist, da sich der Bereich dessen, was als empirisch oder metaphysisch anzusehen ist verändern kann.

#### 2.4.1 Auch erkenntnistheoretische Aussagen sind prüfbar

Wenn auch nicht „an sich“ feststeht, ob eine Aussage metaphysisch oder empirisch ist, wenn sich dies mit verschiedenen Kriterien sogar ändern kann, dann ist auch nicht auszuschließen, daß bisher für metaphysisch erachtete Aussagen sich als empirisch falsch erweisen können. Wenn wir als ein bekanntes, vieldiskutiertes Beispiel bei der Erörterung apriorischer Erkenntnis den sogenannten Farbsatz: „Alles Farbige ist auch ausgedehnt“ nehmen – falls wir ihn nicht sogar als analytisch klassifizieren wollen –, so wäre dieses Urteil synthetisch, aber nicht empirisch. Aber auch wenn alles Farbige, das bisher beobachtet wurde, auch Ausdehnung hatte, schließt dieser Satz doch nicht aus, daß es niemals eine solche Erfahrung des Farbigen geben könnte. Eine solche Beobachtung würde doch wohl nur bedeuten, daß die Annahme, es handele sich um eine synthetisch-apriorische Wahrheit, falsch war. Oder, um ein anderes berühmtes Beispiel für eine synthetisch-apriorische (metaphysische) Aussage zu nehmen: Wie wäre es, wenn wir ein Ereignis finden würden, das keine Ursache hat? Wäre damit nicht das Kausalitätsprinzip empirisch widerlegt?<sup>13</sup> Auch wenn dies ungewohnt oder sogar paradox klingen mag, so ist daran zu erinnern, daß es ja erst ganz bestimmte Voraussetzungen sind, die metaphysische Urteile strikt von allen empirischen trennen. War Metaphysik zunächst einfach nur der Bereich der als erfahrungstranszendent angesehenen Gegenstände des Seins als ganzem, der Seele und Gott, wurde der Bereich entscheidbarer und somit einzig legitimer metaphysischer Urteile auf den Bereich der synthetisch-apriorischen Urteile eingeschränkt. Kant hat das Charakteristikum synthetisch-apriorischer Urteile daran geknüpft, daß diese Urteile

1974, S. 89–189, 271–311) und Paul Feyerabend (insbes. *Wider den Methodenzwang*, 1976).

13 Erwägungen etwa, die für die Wirklichkeit freien moralischen Handelns sprechen könnten, wären, wenn sie akzeptiert würden, auch Gründe für eine Einschränkung des Kausalprinzips.

über Formen unserer Anschauung oder allgemeingültige und notwendige subjektive Bedingungen der Möglichkeit von Erkenntnis sind und somit gar nichts Empirisches, also etwas erst im Rahmen dieser Formen Stattfindendes, behaupten können. *Unter dieser Voraussetzung* ist es selbstverständlich unmöglich oder sogar unsinnig auch nur anzunehmen, irgendein synthetisch-apriorisches Urteil könnte sich als empirisch falsch erweisen.<sup>14</sup> Höchstens eine genauere Analyse der Erkenntnisvermögen oder der Aufweis von Fehlern einer solchen Analyse – also eine philosophische Untersuchung des Erkenntnisvermögens – könnte nach diesen Voraussetzungen zeigen, daß ein derartiges Urteil falsch ist.

Wie ist es aber, wenn wir die Kantische Einschränkung empirischer Erkenntnis auf die Erkenntnis einer Erscheinungswelt fallenlassen? Dann sind synthetisch-apriorische Urteile unversehens solche, die zwar weiterhin etwas über die (formale oder kategoriale) Struktur der Wirklichkeit als Ganzes behaupten, also mit jeder (materialen) Erfahrung vereinbar sind, worin ja ihr Anspruch besteht, und deshalb nicht durch irgendeine bestimmte Erfahrung widerlegt werden können. Sie sind dann metaphysische Urteile über die (ontologische) Struktur der Wirklichkeit (oder auch über die der erkennenden Subjektivität). Aber daß sie mit jeder Erfahrung vereinbar sind, muß dann offensichtlich nur gelten, sofern sie wahr sind. Sind sie falsch, dann ist keineswegs ausgeschlossen, daß sich irgendwann eine Erfahrungstatsache findet, die mit einem solchen Urteil unvereinbar ist und es sich so herausstellt, daß wir eine falsche metaphysische Überzeugung hatten. In diesem Falle könnten wir es im Falle der erwähnten Beispiele dann plötzlich mit einem Ereignis ohne Ursache oder etwas nicht ausgedehntem Farbigen zu tun haben.

Die These, metaphysische Urteile könnten, selbst wenn sie falsch sind, prinzipiell nicht empirisch widerlegt werden, kann

<sup>14</sup> Vgl. hierzu meine Bemerkungen zum von Saul Kripke kritisierten, vermeintlich von Kant fälschlich unterstellten Zusammenhang von Apriorität und Notwendigkeit („Apriorische Einsicht und metaphysische Notwendigkeit. Eine Auseinandersetzung mit Kripkes Kant-Kritik“, in: *Kant-Studien* 82, Heft 1 (1991), S. 63–80). Kripke macht nämlich genau den Fehler, einfach den Kontext des transzendentalen Idealismus, innerhalb dessen dieser Zusammenhang allein postuliert wird, zu ignorieren; mit dieser – ansonsten durchaus legitimen – Änderung der Voraussetzungen wird die Kritik dann allerdings zu einer Banalität.

also nur unter den Kantischen Prämissen des transzendentalen Idealismus Geltung beanspruchen. Im Rahmen einer realistischen Erkenntnistheorie ist es dagegen nicht definitiv auszuschließen, daß falsche metaphysische Urteile u. U. mit bestimmten Erfahrungen in Widerstreit geraten. Metaphysische Urteile sind zwar auch hier durchaus solche, die sich ihrem Anspruch nach auf die Wirklichkeit als Ganzes *beziehen*, was aber nicht heißt, daß sich die Wirklichkeit diesem Anspruch auch *beugen* muß. Popper selbst hat späterhin Kriterien für eine rationale Diskussion philosophischer Überlegungen untersucht (vgl. insbes. Popper 1963, S. 193–200). Sie sind vor allem komparativ im Lichte von Alternativen in bezug auf ihre Leistungsfähigkeit und die damit verbundenen Folgelasten beurteilbar.

#### 2.4.2 Die Beobachtbarkeit ist eine Eigenschaft, die selbst Veränderungen unterliegen kann

Es ist aber nicht nur die Hypothetizität der Unterscheidung zwischen (Erkenntnis-)Metaphysik und empirischer Erkenntnis über das Erkenntnisgeschehen, die Versuche einer definitiven Grenzziehung zu einem fragwürdigen Unternehmen macht. Darüber hinaus hat es sich gezeigt, daß sich die Einschätzung, ob eine Aussage von beobachtbaren oder nicht beobachtbaren Entitäten und Zusammenhängen als Gegenständen empirischen Wissens handelt, mit *verändertem Wissensstand* und den *technischen Möglichkeiten* ändern kann und daher keine a priori beantwortbare Frage ist. Denn Veränderungen in diesen Bereichen können dazu führen, daß ehemals als metaphysisch, also als nicht entscheidbar eingeschätzte Behauptungen nunmehr als empirischer Untersuchungen und Prüfung zugängliche angesehen werden und mithin als empirische Aussagen gelten müssen. Das heißt, es gibt für den Realisten keine Möglichkeit, philosophische und wissenschaftliche Behandlungen eines Gegenstandes als ontologisch gänzlich verschiedenen Problembereichen zugehörig anzusehen. Es sind vielmehr nur durch verschiedene theoretische Kontexte bedingte unterschiedliche Herangehensweisen an dasselbe Rätsel (vgl. Kanitschneider 1986, S. 165f.). Es betrifft nicht die Natur der Gegenstände, sondern die Frage des Zuganges zu ihnen; Zugangsmöglichkeiten können sich aber verändern – auch durch Veränderungen im Verständnis dessen, was zugelassene Zugänge sind;

man denke z. B. an die andauernde Diskussion um den Erkenntnischarakter nur privatim gegebener – subjektiver – Tatsachen.<sup>15</sup>

Ein berühmtes Beispiel für ein verändertes Verständnis der Einschätzung des wissenschaftlichen bzw. metaphysischen Charakters bestimmter Auffassungen, auf das auch Popper des öfteren hinweist, ist die Atomlehre, die in ihrer ursprünglichen antiken Form bei Leukipp und Demokrit unter dem damaligen Wissenshorizont sicherlich als eine metaphysische Lehre einzuschätzen war, der es um die Vergegenständlichung des Begegnenden überhaupt nach dem Muster fester Gegenstände ging,<sup>16</sup> dann umstritten war,<sup>17</sup> in ihrer modernen Version schließlich dem Bereich empirisch-wissenschaftlicher Theorien zuzuschlagen ist. Andere Beispiele naturphilosophischer Fragestellungen, die im Rahmen wissenschaftlicher Behandlungen wieder auftauchen, sind etwa die ursprünglich rein begriffliche Frage, ob ein endlicher Raum nicht notwendigerweise auch eine Begrenzung haben muß, auf die dann durch Riemann eine wissenschaftliche Antwort gegeben wird; oder auch die Frage, ob die Materie einen kontinuierlichen oder einen diskreten Aufbau aufweist, die einem ähnlichen Wandel in der Behandlungsart unterliegt (vgl. Kanitschneider 1985, S. 100). Andererseits hat sich auch immer wieder gezeigt, daß im Rahmen der Wissenschaften aufgeworfene Probleme sich als philosophisch brisant erweisen können<sup>18</sup> – in vielen Fällen läßt sich sogar zeigen, daß in ver-

15 Auf die Nichtreduzierbarkeit subjektiver Tatsachen auf objektive hat Hermann Schmitz aufmerksam gemacht, vgl. z. B. Schmitz 1990, S. 5–9.

16 Auf diese Ursprünge weist Schmitz nachdrücklich hin, vgl. Schmitz 1988.

17 Gerade um die Atomlehre gab es im 19. Jahrhundert einen lange anhaltenden Streit. Den Befürwortern – hier sind vor allem Ludwig Boltzmann und Max Planck zu nennen – standen als Gegner die Vertreter der sogenannten phänomenologischen Physikauffassung wie Heinrich Hertz und Ernst Mach gegenüber. Letztere sahen in der Annahme der Existenz von Atomen nichts weiter als eine verdinglichende Auffassung theoretischer Konstrukte, denen genaugenommen nur eine beschreibungsökonomische Funktion zukomme. Eine Diskussion beider Auffassungen vom Standpunkt eines erkenntnistheoretischen Realismus finden wir schon bei Lenin, *Materialismus und Empiriokritizismus*, (russ. Orig. 1909), in: ders., *Werke*, Bd. 14, 6. Aufl., Berlin 1973. Experimente, die als indirekte Nachweise der Existenz von Atomen angesehen werden können, veranlaßten Mach schließlich, von seiner ursprünglichen Position abzurücken (vgl. hierzu den Abschnitt „Wissenschaft“ in: Schnädelbach 1983, S. 89–138).

18 Man denke dabei etwa an die cartesianische mechanistische Kosmologie, die durch das Akzeptieren der Annahme von Fernwirkungskräften und elektrodyna-

meintlich reine erkenntnistheoretische Argumentationen einzelwissenschaftliche Ergebnisse eingehen.<sup>19</sup>

### 2.4.3 Die Beobachtbarkeit hängt auch von erkenntnistheoretischen Erwägungen ab, die klären, was als empirische Erkenntnis zählt

Es ist aber nicht allein eine Frage der Erweiterung des Bereichs des Beobachtbaren durch die Weiterentwicklung unserer technischen Erkenntnismittel, ob sich Veränderungen in der Bewertung von etwas als beobachtbar ergeben. Es ist auch abhängig von bestimmten metaphysischen Theorien – und damit von Veränderungen solcher vorempirischer Annahmen –, die erst die Standards der Bewertung liefern, was überhaupt als empirische Erkenntnis zählt.

Seit Galilei sein Fernrohr auf den Himmel richtete, wird die Weigerung einiger seiner aristotelischen Gegner mit Hilfe dieses neuen, unsere Beobachtungsbasis erweiternden Instrumentes selbst zu beurteilen, ob es Monde des Jupiter gebe, vielfach als fast schon groteskes Beispiel scholastischer Sterilität und Ignoranz angeführt, nämlich relevante Beobachtungen nur wegen philosophischer Vorurteile einfach nicht zur Kenntnis nehmen zu wollen. Daß diese Haltung keineswegs derart ignorant war, wie dies oberflächlich den Anschein hat, darauf hat nachdrücklich Paul Feyerabend in seinen wissenschaftshistorischen

mischen Kraftfeldern in der Physik in Frage gestellt wurde. Hierher gehört auch die Krise der Kausalität, die durch den Indeterminismus der Kopenhagener Interpretation der Quantenphysik eingeleitet wurde oder die philosophische Diskussion um die Erhaltungssätze der Physik. Auch die Postulierung des Unbewußten in der Psychologie warf für die Philosophie Probleme auf, sofern hier – insbesondere bei Descartes – von der Bewußtheit des Geistigen ausgegangen wurde. In unserem Jahrhundert erwiesen sich beispielsweise die Ergebnisse der Wahrnehmungspsychologie als unvereinbar mit den Grundannahmen des modernen Empirismus, indem sich herausgestellt hat, daß die empirische Basis der Erkenntnis theoriebedingte Interpretationen involviert, was sich für die Idee von der Stabilität und Theorieunabhängigkeit von Beobachtungstatsachen als äußerst problematisch erweist (vgl. Alfred Bohnen, „Zur Kritik des modernen Empirismus“, in: Albert 1972, S. 171–190).

19 Hierzu gehört beispielsweise Berkeleys Annahme, daß wir es in der Wahrnehmung mit einer zweidimensionalen Mannigfaltigkeit von Sinneseindrücken

Untersuchungen hingewiesen (Feyerabend 1976, Kap. 10). Denn das Sehen durch das Fernrohr als empirische Prüfinstanz für Himmelsbeobachtungen zuzulassen setzt nämlich voraus, daß dieses für himmlische und irdische Gegenstände als gleichermaßen einsetzbar angesehen wird. In seiner Abhandlung über den Himmel unterscheidet Aristoteles nämlich die Dinge oberhalb und unterhalb des Mondes. Während jene ewig und unzerstörbar sind, sind diese davon insofern grundverschieden, als sie dem Werden und Vergehen unterworfen sind. Während in der sublunaren Sphäre alle Dinge aus den vier Elementen Erde, Wasser, Luft und Feuer bestehen, bestehen die Himmelskörper aus einem anderen, fünften Element – Äther. Dies macht einen grundlegenden Unterschied in den Eigenschaften der Dinge der sublunaren und der supralunaren Sphäre aus. So ist nach dieser Theorie etwa die natürliche Bewegung der irdischen Dinge geradlinig, die der himmlischen dagegen kreisförmig. Aus dem wesenhaften Unterschied des Stoffs der Dinge beider Bereiche, so wurde schließlich geschlossen, ergebe sich auch ein Unterschied in der Erkenntnis. Das Ergebnis des Zusammentreffens beider Arten von Stoff mit Licht führe dazu, daß das an irdischen Körpern beobachtete Verhalten nicht ohne weiteres auf himmlische übertragen werden könne, da diese ja grundlegend verschiedene Eigenschaften gegenüber jenen aufwiesen – weshalb sie auch auf das Licht in verschiedener Weise reagierten. Genau diese Verschiedenheit würde aber bei Fernrohrbeobachtungen vernachlässigt.

Es bedurfte also erst einer einheitlichen Theorie der Materie und einer einheitlichen Theorie des Sehens, um Fernrohrbeobachtungen von Himmelskörpern gleichermaßen wie Fernrohrbeobachtungen irdischer Gegenstände als zulässige und zuverlässige Erfahrungsberichte zu akzeptieren. Fernrohrbeobachtungen erforderten also nicht nur entwickeltere technische Möglichkeiten, sondern auch eine neue Kosmologie, die es erst erlaubte, das Fernrohr überhaupt als ein Mittel empirischer Erkenntnis im himmlischen Bereich zu bewerten.

zu tun haben, die erst von uns dreidimensional gedeutet wird. Offensichtlich gehen hierbei – wenn auch uneingestanden – wissenschaftliche Annahmen über die Beschaffenheit des Auges und über optische Projektion mit ein.

Genau das umgekehrte Verhalten der Wissenschaften gegenüber der Philosophie sehen wir in der Behandlung der Frage der Wirklichkeit subjektiver Erlebnisse bzw. subjektiver Tatsachen. Wurde früher eher die Erkennbarkeit und Wirklichkeit des Objektiven bezweifelt und wahre Erkenntnis als die von Geistigem angesehen (Descartes), wird heute unter dem Einfluß des wissenschaftlichen Reduktionismus der Bereich des Tatsächlichen eingeschränkt. Plötzlich wird eine Beschränkung der Erfahrung auf intersubjektive Erfahrung wie selbstverständlich vorausgesetzt. Kann man im Falle der Beobachtungen des Galilei noch annehmen, es handele sich bloß um eine erkenntnistheoretische Frage, die die Entwicklung von Beobachtungsinstrumenten betrifft, sehen wir hier dagegen deutlich, wie Festlegungen dessen, was denn überhaupt legitime Erfahrungserkenntnis darstellt, von – zumeist nicht explizit gemachten – philosophischen Voraussetzungen abhängt.

Wenn die Bereiche des Apriorischen und des Empirischen demnach nicht in völlig verschiedene Sphären auseinandertreten, weil diese Unterscheidung letztlich zum einen keiner sicheren zureichenden Begründung fähig ist, zum anderen die Grenze zwischen beiden sich verschieben kann, dann gibt es keinen Grund, Erkenntnistheorie als eine nur reine Erkenntnislehre zu betreiben, für die wissenschaftliche Aussagen prinzipiell nicht von Relevanz sind.<sup>20</sup> Daß die Erkenntnispraxis und deren Bedingungen als Teil des wirklichen Geschehens verstanden werden müssen, heißt dann allerdings gerade nicht, daß damit Metaphysik zur Klärung des Erkenntnisphänomens gegenstandslos würde. Denn wie wir oben sehen konnten, sind wir in der Untersuchung des wirklichen Geschehens immer – wenn auch implizit – gezwungen, metaphysische Voraussetzungen zu machen – wie etwa die des Realismus, des Idealismus oder des Relativismus,

20 Auf die Bedeutsamkeit wissenschaftlicher Erkenntnisse für die Erkenntnistheorie weist beispielsweise schon Eduard Zeller in folgender Bemerkung hin, in der er im Hinblick auf ein ihm zur Lösung erkenntnistheoretischer Fragen fruchtbar erscheinendes neuerliches Anknüpfen an Kant sagt, es komme dabei auch darauf an, „durch die wissenschaftlichen Erfahrungen unseres Jahrhunderts bereichert, die Fehler, welche Kant machte, zu vermeiden“ (Zeller 1877, S. 289f.). Systematisch setzt sich mit dem Projekt einer apriorischen Erkenntnislehre Hans Albert auseinander (vgl. z. B. Albert 1989).

die Annahme des Kausalitätsprinzips oder die Ontologie eines Gegenstandsbereichs, auf den sich theoretische Aussagen beziehen etc. All dies sind Annahmen, die ihrerseits Gegenstand einer eigensinnigen Untersuchung sein können<sup>21</sup> – wenngleich auch nicht völlig abgetrennt von den Ergebnissen der Wissenschaft.<sup>22</sup> Es sieht so aus, als ob Erfahrbares und metaphysische Überlegungen nicht vollends getrennte Phänomenbestände betreffen; eher scheint es so zu sein, wie Popper schon in der Kritik am positivistischen Sinnkriterium festgestellt hat, daß Urteile über die Wirklichkeit metaphysische und empirische Aspekte aufweisen – nur in weitaus größerem Maße. Es steht sogar nicht ein für allemal fest, was beobachtbar ist. Zum einen, weil wir vielleicht nur noch nicht die Gelegenheit hatten, bestimmte Dinge zu beobachten, was uns dazu führte anzunehmen, dies sei grundsätzlich unmöglich; und zum anderen, weil sich zudem die Reichweite der Sphäre des Beobachtbaren in bisher nicht dafür zugängliche Gebiete ausdehnen kann. *Die Sphäre des Beobachtbaren kann sich verschieben und ihre Reichweite sich verändern.*

## Literatur

- Albert, Hans (Hrsg.) (1972): Theorie und Realität, 2. veränd. Aufl., Tübingen.  
 Albert, Hans (1989): Kritik der reinen Erkenntnislehre, Tübingen.  
 Bartley III, William W. (1968): "Theories of Demarcation between Science and Metaphysics", in: Lakatos/Musgrave 1968, S. 40–64.  
 Feyerabend, Paul (1976): Wider den Methodenzwang. Skizze einer anarchistischen Erkenntnistheorie, Frankfurt/M.  
 Kanitschneider, Bernulf (1985): „Zum Verhältnis von analytischer und synthetischer Philosophie. Teil I“, in: Perspektiven der Philosophie. Neues Jahrbuch 11.

21 So gibt es auch Probleme, die sich durch theoretische Änderungen in philosophischen Konzeptionen lösen lassen und ihrerseits wiederum als nichtintendierte Nebenfolgen neue Problemlagen erzeugen. Siehe hierzu die Untersuchung solcher theoretischer Veränderungen in der neuzeitlichen Philosophie bei Ockham, Descartes, Spinoza und Locke von Rainer Specht (1972).

22 Im Bereich naturphilosophischen Denkens tritt etwa Kanitschneider für eine synthetische Philosophie als Nachfolger der klassischen Naturphilosophie ein, die zwar eine „selbständige Erkenntnisdomäne [besitzt], die aber funktional von den materialen Ergebnissen der faktischen Wissenschaften abhängt“ (Kanitschneider 1986, S. 173) und zwischen Metaphysik und den Wissenschaften einzuordnen ist. Auch hier finden wir den Verzicht auf eine apriorische Abgrenzung.

- Kanitschneider, Bernulf (1986): „Zum Verhältnis von analytischer und synthetischer Philosophie. Teil II“, in: *Perspektiven der Philosophie*. Neues Jahrbuch 12.
- Lakatos, Imre/Musgrave, Alan (eds.) (1968): *Problems in the Philosophy of Science*, Amsterdam.
- Lakatos, Imre/Musgrave, Alan (Hrsg.) (1974): *Kritik und Erkenntnisfortschritt. Abhandlungen des Internationalen Kolloquiums über die Philosophie der Wissenschaft* (1965), Braunschweig.
- Pähler, Klaus (1986): *Qualitätsmerkmale wissenschaftlicher Theorien. Zur Logik und Ökonomie der Forschung*, Tübingen.
- Popper, Karl R. (1963): *Conjectures and Refutations. The Growth of Scientific Knowledge*, London – Henley.
- Popper, Karl R. (1973): *Objektive Erkenntnis. Ein evolutionärer Entwurf*, Hamburg.
- Popper, Karl R. (1976): *Logik der Forschung* (1935), 6. verbess. Aufl., Tübingen.
- Popper, Karl R. (1979a): *Ausgangspunkte. Meine intellektuelle Entwicklung*, Hamburg.
- Popper, Karl R. (1979b): *Die beiden Grundprobleme der Erkenntnistheorie*, Tübingen.
- Schilpp, Paul A. (ed.) (1974): *The Philosophy of Karl Popper, Book II*, La Salle, Ill.
- Schmitz, Hermann (1988): *Der Ursprung des Gegenstandes. Von Parmenides bis Demokrit*, Bonn.
- Schmitz, Hermann (1990): *Der unerschöpfliche Gegenstand. Grundzüge der Philosophie*, Bonn.
- Schnädelbach, Herbert (1983): *Philosophie in Deutschland 1831–1933*, Frankfurt/M.
- Specht, Rainer (1972): *Innovation und Folgelast. Beispiele aus der neueren Philosophie- und Wissenschaftsgeschichte*, Stuttgart.
- Ströker, Elisabeth (1987): „Über Poppers Kriterien des Wissenschaftsfortschritts“, in: *Erkenntnis* 27, S. 93–112.
- Wendel, Hans Jürgen (1991): „Apriorische Einsicht und metaphysische Notwendigkeit. Eine Auseinandersetzung mit Kripkes Kant-Kritik“, in: *Kant-Studien* 82, Heft 1, S. 63–80.
- Wettersten, John R. (1992): *The Roots of Critical Rationalism*, Amsterdam – Atlanta, GA.
- Zeller, Eduard (1877): *Über Bedeutung und Aufgaben der Erkenntnistheorie. Vorträge und Abhandlungen. Zweite Sammlung*, Leipzig.

---

David Miller

# On Methodological Proposals

## 3.1 Introductory Remarks

To those of positivist or naturalistic bent, those indeed against whom much of Chapter II of *Logik der Forschung*<sup>1</sup> is directed, epistemology and methodology, if distinguished at all, no doubt seem to be equally unprofitable activities: both aspire to being authentic philosophy, neither logic nor empirical science, and on this account, there being no such thing as authentic philosophy, they irrevocably deliver themselves into a no-man's land of irrelevance and vacuity. But to those who are more appreciative of the suggestions made in this chapter and other chapters of the book, the difference between epistemology and methodology is a crucial one. To be sure, Popper himself seems at times somewhat eager to identify them; in section 7, for example, he writes: "The theory of knowledge, whose task is the analysis of the method or procedure peculiar to empirical science, may accordingly be described as a theory of the empirical method – a theory of what is usually called 'experience'." But I suggest that all that is meant by this, and all that is meant by the even more explicitly worded proposal with which Chapter II opens ('epistemology, or the logic of scientific discovery, should be identified with the theory of scientific method'), is that the theory of scientific method constitutes the only genuinely valuable part of epistemology; and that everything else that is traditionally included in

1 References not further particularized are to this book.

this field may be set aside as of marginal significance not only to an understanding of science, but to the philosophical problems of human knowledge in general. Even in Chapter V on the empirical basis, for example, the reader will find no discussion of what has long been seen to be one of the central clusters of problems of epistemology – the problems of perception. (Compare also Popper 1968. But the emergence of evolutionary epistemology, to which he made important contributions, shows that Popper did not retain quite unchanged the view that all interesting epistemological issues may be subsumed in the theory of scientific method. See Radnitzky/Bartley 1987, Part I.) Until Chapter X, the chapter on corroboration, *Logik* is a treatise on methodology alone (together with some problems in the theory of probability and in quantum physics), and the non-methodological preoccupations of epistemology are left fastidiously to one side.

Chapter II thus has a central place in the book, for it sets out the groundwork for the book's positive doctrines. That is to say, it attempts to explain what a philosophical theory of method, a methodology, is like. This was and is an essential task. For in the 1930s there were influential thinkers who held that the most that philosophy can contribute to the understanding of human knowledge is an analysis of the logical relations obtaining between different items of knowledge; the situation now is different, but not as different as might be thought. And then, as now, there were many others, naturalistically inclined, for whom the theory of scientific method can at best be an empirical theory describing the activities of scientists at work. The first of these groups is attended to in section 9, the others in section 10. Each group is explicitly chided for uncritically and unintentionally elevating various hypotheses and conventions to the level of dogma. The first burden of Chapter II, in other words, is to demonstrate that alternatively offered accounts of scientific method are inadequate. But this is hardly enough to show that a properly philosophical methodology is possible, and Popper's suggestion that it be looked on neither as a subsection of the laws of logic nor as a system of sociological generalizations, is sketched and defended in section 11. Brief as it is, the presence in the book of this defence is of the greatest importance. For the principal motive for the move from epistemology in general to methodology in

particular is surely that there cannot exist any substantial epistemological theory that is both non-psychological and non-methodological; in particular, there cannot be any theory of the verification or of the probability of scientific theories (sections 79 f.). In the light of this negative thesis, a defence of the possibility of a theory of scientific method is virtually obligatory.

It is important to see why the exclusion from most of the book of issues that are not truly methodological means the exclusion not only of psychological issues, which are abandoned as early as section 2, but also of all issues concerned with empirical justification. For the (conclusive or inconclusive) justification of a theory, were it possible at all, would not be a procedure that is implemented in addition to the procedures of empirical investigation that our methodological rules are supposed to circumscribe. To use more modern jargon, being (conclusively or inconclusively) justified is a property that (in favourable cases) may *supervene* on being empirically investigated but has no methodological features of its own.<sup>2</sup> Here perhaps is an explanation of why in this book so very little is said about the problem of induction and the solution proposed for that problem. For shorn both of its claim to embody a psychological necessity and its pretence to offer grounding or confirmation or empirical support, 'induction' (Broad's 'glory of science') or 'the inductive method' turns out to be just a way of describing any procedure, however irregular, that results in the formulation of low-level generalizations. Even anti-inductivists agree that we do formulate such generalizations (for example, the falsifying hypotheses adverted to in section 22) though they do not suppose, as inductivists do, that they can be read off or induced from unorganized data. It is only in Chapter X, where the competing epistemological virtues of probability (according to a number of suggestions) and corroboration are contrasted, to the latter's advantage, that the justificatory claims of induction and inductive logic are granted much discussion. Induction is hardly discussed before, because it has very little methodological bite. To put the matter bluntly, the understanding of science in its non-psychological aspects may be enriched by logical considerations ('there is a need for a purely logical analysis of theories', section 9) and by sociological considerations ('[a]

2 For more on this theme, see Miller (2006), Chapter 2.

naturalistic methodology ... has its value, no doubt', section 10) but, according to *Logik*, more is needed. What is needed is a set of methodological proposals concerning how scientific research is to be conducted. But once we have these, there is very little more to be said, except that there is very little more to be said. As I read it, this is what the bulk of Chapter X says.

### 3.2 The Indispensability of Decisions: The Strange Case of Bayesianism

In section 9 of *Logik* Popper takes to task those positivists who reduce the investigation of science to an investigation of the logical relations that hold between scientific statements. The objection is largely to the effect that such a study misses a crucial, even characteristic, aspect of science, the fact that it grows, changes, and develops. (This aspect of science is stressed again in the Preface to the First English Edition, published in 1959.) Logical relations are traditionally seen as static, and as unchanging. The growth of science, that is to say, cannot be accounted for in purely logical terms. In particular, the process of falsification, though undoubtedly a process that is susceptible to logical analysis, is not a purely logical process. That a universal hypothesis *All F are G*, to take the simplest of all cases, is contradicted by the singular statement *Fa & not Ga* is a logical truism. But this truism does not tell us everything that needs to be said about the falsification of universal hypotheses. We must face and resolve the difficulty that singular statements, no less than universal statements, are hypothetical and not conclusively verified. Singular statements of fact, in other words, are never simply given to us (however psychologically compelling they may sometimes be). They have to be accepted, and acceptance requires a decision. (Some of the rules that control these decisions are discussed in Chapter V.) Probabilistic hypotheses present an even more acute problem, that there appears to be no purely logical relation between them and singular statements (statistical reports of frequencies in finite samples), so that no falsification would take place at all if there were not introduced rules that assist falsification. This is clearly recognised in classical statistical theory, and is discussed at length in Chapter VIII, especially

sections 65 f., where an alternative suggestion is made that would so strengthen probabilistic hypotheses that they become falsifiable by statistical reports. (On these points see Gillies 1995, section 3 and Miller 1994, pp.178–182.) If we are bound only by the restrictions of formal logic, we shall not falsify any hypothesis whatever.

On the other hand, an isolated singular report contradicting a universal hypothesis is usually not deemed to be sufficient for falsification; nor would a short but improbable run, for example a run of four Heads with a purportedly fair coin, be deemed sufficient to falsify a probabilistic hypothesis. A reproducible (though perhaps only statistically reproducible) effect is needed; and although reproducibility is plainly an objective matter, it is not verifiable either. Here too a decision is needed. Indeed, we customarily take the decision never to explain accumulations of accidents – non-reproducible irregularities – as physical effects (section 22), just as in dealing with probabilistic hypotheses we ‘take the methodological decision never to explain physical effects, i. e. reproducible regularities, as accumulations of accidents’ (section 68, emphasis suppressed).

Logic tells us only that *All F are G* and *Fa & not Ga* cannot both be true, and that if we wish to eliminate false statements from science then one or other of them must be discarded. Which hypothesis is to be discarded will always require a decision. More generally, it is only a scientific system – a theory under investigation together with a host of auxiliary hypotheses – that can be falsified. This is the problem attributed in slightly different forms to Duhem and to Quine. At a certain level it may indeed be a problem; sometimes empirical investigations may leave genuinely in doubt the matter of which of the many constituent hypotheses of the system is to be regarded as falsified. But such an eventuality usually points to an inefficient or thoughtless experimental design. If the purpose of an experiment is to falsify the theory under investigation, the experiment should be so designed that such an outcome is possible (Wächtershäuser 1995, p. 23). To retort that in some instances such an experiment may be difficult or even impossible to engineer is to say only that some theories, however empirical they may seem, are almost unfalsifiable, and hence, despite appearances, not constituents of empirical science. The Duhem/Quine problem

is plainly a problem, and an insoluble one, if no account is taken of the role that decisions must play in any scientific activity. But decisions are inescapable, and the necessity of making them should be faced squarely.

There are perhaps fewer philosophers today than there were 60 years ago who endorse the doctrine that the study of science is included in the study of the logic of science, and that no methodological decisions are called for. Yet the currently fashionable subjectivist Bayesian philosophy of science, exemplified in Howson/Urbach 1989/1993, comes very close to this position. I do not mean that Bayesians restrict their attention to logical relations, which plainly they do not, but that the philosophy of science that emerges from their self-imposed concentration on questions of probability is a philosophy without any methodological or decision-making element. This may seem somewhat strange; after all, if there is one thing that subjectivistic Bayesianism prides itself on it is its contribution to the science of practical decision making in situations of risk or uncertainty. Yet I maintain that Bayesianism is methodologically empty, and that when supplemented by sensible methodological rules it ceases to have anything to say that cannot be said more simply in non-Bayesian terms. I have elaborated on this point in Miller 1994, Chapter VI, section 5, and can only summarize here the main conclusions.

What Bayesians propose in practical situations is that an agent endowed with a (subjective) probability distribution and a (subjective) utility function should follow the rule of maximizing his expected utility (which in the past I have called Bayes's rule and now prefer to call Bernoulli's rule). It is acknowledged that adherence to this rule will not always lead to the best result from the agent's point of view – that is, he may not maximize his actual utility – but it is claimed that the decision is nonetheless the best decision, and that the uncertainty of the situation is assuaged, even nullified by the adoption of the rule. This last move is a sleight of hand. For before any Bayesian decision can be made, there looms a decision that has to be taken in the face of uncertainty, namely the decision of whether or not to adopt Bernoulli's rule. Only if the rule is enforced from the outside can the agent pretend that there is no uncertainty in the making of the decision; but in these circumstances, it is clear, not only is there no uncertainty, there is no decision either. In short, genuine deci-

sions cannot be fully determined by rules, though they may be constrained by them. Decisions are possible only when there are possibilities to be decided between.

In its application to the understanding of science, however, Bayesianism admits no such open possibilities. Learning from experience in Bayesian terms consists in adjusting one's probability values by conditioning on incoming evidence, and nothing more. Everything is determinate. The reason for this is evident from the misleading name that Bayesians give to conditionalization: inductive inference. What inductive inference might be expected to be – inference from singular statements to general statements – is forgotten, and replaced by purely deductive manoeuvres. Indeed, the permissive rules of inference that we might expect are replaced by the obligatory rule of conditionalization. This is why I think that modern Bayesianism is best classified as a perverse variant of deductivism. It does indeed trace the evolution of the agent's knowledge, and cannot be properly accused of being as 'an analysis which takes no account of how [theories] ... change and develop' (section 9). But although it 'may perhaps set up criteria for deciding whether a statement is testable [or, for deciding what is to count as a severe test], it is certainly not concerned with the question of whether anyone exerts himself to test it [severely]' (section 11). No doubt Bayesianism can be supplemented in a variety of ways, wisely and unwisely, by genuine methodological rules. The point is only that the much advertised probabilistic purism of Bayesianism has to be compromised if it is to serve as an explanation of what happens in science; especially if it is to make good the extraordinary claim, sometimes encountered, to be an elaboration of, and improvement on, falsificationism.

### 3.3 Methodological Decisions, Rules, Conventions, and Proposals

In this section I wish to say a few words concerning the logical relations that hold between methodological decisions and methodological rules and to elucidate as much as I can Popper's remark that the connection with the criterion of demarcation 'is not a strictly deductive or logical one' (section 11).

In my brief discussion above of Bayesian decision making I maintained that if behaving in accordance with Bernoulli's rule is to resemble the making of a decision (rather than simply doing what one is told), then there is needed a prior decision to be bound by the verdict of the rule. This, like the decision to join a certain religious faith, is the real decision; using Bernoulli's rule, like obedience to the precepts of the faith, becomes no decision at all, but a consequence of what happened before. Use of Bernoulli's rule, which is sometimes even described as a principle of rationality, is not, in other words, an automatic mark of rational deliberation, as some Bayesians assert; nor is it psychologically inevitable, as some others assert; it is the result of what can only be called a proposal or convention: the convention to evaluate decision making in the light of the rule. It seems therefore hardly unfair to describe the Bayesian view as

uncritical. Its upholders fail to notice that whenever they believe themselves to have discovered a ... [principle of rationality], they have only proposed a convention. Hence the convention is liable to turn into a dogma.

Except that the phrase 'principle of rationality' replaces the word 'fact', this is how Popper at the end of section 10 described 'the naturalistic approach to the theory of method', which undertakes to discover the rules of scientific method by an investigation, presumably conducted according to those same rules of scientific method, of the behaviour of those who are called scientists. Plainly this is not really a means of discovering the rules of scientific method, for those whom we call scientists, even the best of them, may as it happens undertake their work badly. (That this is possible is witnessed by the number of practising scientists who have testified to the improvement to their work that was brought about by their becoming acquainted with some of the basic rules of scientific method.) Likewise the rationality of decisions made in accordance with Bernoulli's rule (even if it is a good rule, which I deny), is not a fact of logic, but itself the result of a decision or proposal or convention.

I say all this in order to drive home the idea that although the making of decisions may be constrained in various ways by rules of procedure, it is not determined by them. (Except perhaps when checkmate is threatened, a move in chess is not determined by the rules of the game, but it is certainly constrained by

those rules. To be sure, the rules do oblige the player to play in one of a finite number of different ways, and it would be fair to say that he cannot decide not to make one of that finite number of moves. That he has a real decision to make nonetheless is obvious.) Rules may certainly exclude some decisions, but they cannot enjoin them. Still less can they replace them, though the decision to adopt a rule may often be seen as a decision that replaces a multitude of other decisions. If this is correct, we should expect the rules of scientific method to be rules of prohibition (and perhaps also permission) rather than rules of obligation. This may seem to be an odd position for me to adopt, since a rule prohibiting *P* may seem to be identical with a rule obliging not-*P*. But this is a mistake. Consider example (2) offered by Popper in section 11.

Once a hypothesis has been proposed and tested, and has proved its mettle, it may not be allowed to drop out without 'good reason'. A 'good reason' may be, for instance: replacement of the hypothesis by another which is better testable; or the falsification of one of the consequences of the hypothesis ...

This rule forbids a certain course of action – the wilful discarding of an unfalsified hypothesis – but it does not enjoin any course of action. Of course, it may be represented as enjoining the maintenance of the status quo. But this is, in my view, a confusion engendered by the idea that at every stage every agent is so situated that a decision is required of him. In some circumstances, of course, doing nothing – inaction – is a form of action, in the sense that it is one of the options that the agent considers. But it is not always so, since he may be considering no options at all. The situation is different if it is actually proposed for some hypothesis that it 'be allowed to drop out without "good reason"'. This is forbidden by rule (2).

Another example of a methodological rule that can be understood only as a prohibition is the rejection of conventionalism in section 20. 'The only way' Popper says 'to avoid conventionalism is by taking a *decision*: the decision not to apply its methods. We decide that if our system is threatened we will never save it by any kind of *conventionalist stratagem*.' No positive directive emerges from this rule (the adoption of which is of course embodied in a decision).

The criterion of demarcation too is best seen as a prohibition: it is a rule that prohibits agents from entertaining as candidates for scientific investigation hypotheses that are not falsifiable. It is no part of the message of the criterion of demarcation that we are obliged to entertain every hypothesis that happens to be falsifiable. On the contrary: unless we have a serious resolve to investigate it, we should not consider it. There are indeed formal or syntactic properties that a hypothesis must possess if it is to qualify for scientific status (see section 21), but they are only necessary conditions. This is why 'the criterion of falsifiability ... [is in need of] a methodological supplement' (section 11). Elsewhere I have likened the admission of hypotheses to science to the admission of candidates to an educational institution. Entrance examinations may play a role. Alternatively, the educators may operate a system of open admission. Such a system is (Miller 1994, p. 7)

subject naturally to the condition that no hypothesis may be admitted unless there is some way in which, if necessary, it may be expelled. ...

Since our aim is so to shape the body of scientific knowledge that it contains as many truths and as few falsehoods as possible, it is of the greatest importance that the expulsion procedures should be brought into play at every possible opportunity. Open admission would be a foolish policy if it were not complemented by a rigorous campaign of permanent deregistration.

In addition to its explicit acknowledgement of truth as one of the principal aims of science, this statement goes beyond Popper's own remarks in Chapter II only, if at all, by interpreting a little more forcefully the 'supreme rule ... that the other rules of scientific procedure must be designed in such a way that they do not protect any statement in science against falsification' (section 11). But the requirement that a hypothesis that is admitted to science should be submitted again and again to potential falsifying tests is not a rule that obliges us to do anything in particular (even in the case of a simple empirical generalization of the form *All F are G*). It does not take any decisions away from us.

The criterion of demarcation itself may be refined by introducing degrees of falsifiability (Chapter VI) and requiring that,

when the degrees of falsifiability of two (unfalsified) hypotheses may be compared, the less falsifiable should not be entertained in preference to the more falsifiable. This does not affect the point made. In connection with degrees of falsifiability, we may look here briefly at one particular claimant to being a methodological rule, namely the so-called rule of simplicity. This is the rule that the simplest hypothesis is the one that we should prefer to all competitors. Chapter VII is devoted to a consideration of the status of this rule, and concludes that since degrees of simplicity can usually – though perhaps not always – be identified with degrees of falsifiability, the rule of simplicity is not an additional rule but simply an application of the criterion of demarcation to certain special cases. That nothing more is intended is stated explicitly in the addendum made at the end of the chapter in 1968 (German edition) and 1972 (English edition). Popper thus finds himself in agreement with Suppes 1984, p. 139, who writes: ‘... the use of more obviously objective criteria leaves little room for the addition of further criteria of simplicity’.

### 3.4 Minimal Methodology

My insistence that methodological rules are prohibitions rather than explicit directives may seem to be a point of not much significance. I concede that. I have dwelt on it only in order to illustrate the truism that, even when we set aside the psychological processes involved in the invention of new hypotheses, the actual practice of science cannot be reduced to the implementation of methodological rules. Every step is inventive, though usually the invention is controlled. Indeed, if this were not the way that things were, much of the content of science would already be implicit in the methodological prescriptions that led to it, and in danger of remaining unrecognised. The advantage of the kind of minimal methodology that *Logik* advocates is that it discourages the incursion of metaphysical ideas into science under the guise of methodological rules. To be sure, some of the rules that Popper endorses may be looked on, as he says, as ‘hypostatizations’ of familiar metaphysical doctrines. The demand for intersubjective testability, which he represents as a

methodological embodiment of some (unspecified) theory of objectivity (section 11) is one example. Another is the rule that ‘corresponds so closely to the “principle of causality” that the latter might be regarded as its metaphysical version: ... the rule that we are not to abandon the search for universal laws’ (section 12; see also section 79). Note that neither of these rules (whether they are good or bad) can be accused of covertly introducing any metaphysical doctrines into science. They are not methodological directives, and the most they ensure is that, if science contains any hypotheses worth speaking of, it contains hypotheses of a certain kind. But no such rule can influence whether we in fact discover any laws that are intersubjectively testable, universal, and so on.

Given the emphasis that falsificationism (more generally, critical rationalism) puts on negative arguments, it is an obvious question to ask for specification of the conditions under which the system of methodological rules proposed would itself be given up; in brief, how falsificationism might be criticized. This question has worried many people on their first encounter with *Logik*; and quite a few commentators (Lakatos 1974, section 1; Sarkar 1983, Chapter I; Nola 1987, especially section 3) have discussed the matter at length. Some have seen a conflict between the anti-conventionalism that Popper insists on at the scientific level with what resembles a version of conventionalism at the level of rules of method. For according to section 11, the rules of scientific method are to be regarded not as laws of logic (or even of rationality), nor as generalizations about scientific activity, but as *conventions*. Now a better word here would undoubtedly have been the word ‘proposals’, for ‘as everybody knows, one can *discuss* a proposal, while it is not so clear whether, and in which sense, one can discuss a decision or a norm’ (Popper 1945/1966, Chapter V, note 5(3)). Indeed in section 11, only a few lines after characterizing them as conventions (and even as ‘a definition’), Popper himself describes his methodological proposals as proposals. And he suggests that these proposals are to be compared with alternative proposals and be judged by their relative fruitfulness and by their ability to resolve difficulties in the understanding of science.

One thing that is importantly not suggested is that the system of methodological rules should be judged on the kind of science

that is produced under its guidance. As I have said several times, the rules are not rules that can be followed blindly, and even the strictest adherence to them leaves plenty of room for error and may, accordingly, lead to unwanted results. (A similar point was made above concerning adherence to Bernoulli's rule: maximization of expected utility, which is claimed to be the correct policy, does not guaranteed a maximization of actual utility, which would unquestionably be the best outcome.) To take the simplest possible falsificationist example: any test that fails to falsify a hypothesis under test may be regarded as a failure and (in retrospect) a waste of time and money. For no credit is gained by a hypothesis that is corroborated. Nothing happens except that it is corroborated. But that casts no more shadow on the methodological demand that we seek out new ways of testing the hypotheses that we are interested in than does the fact that, in retrospect, the premiums paid on an unused insurance policy may be regarded as wasted expenditure.

It is rare (though not unknown) for the rules of method of *Logik* to be criticized in this way for being too strong. The usual objection is that, singly or even together, they are too weak. Nola for example dismisses as 'almost contentless ... [the] directive to examine proposed solutions critically and rationally' (op. cit., p. 441). But this kind of criticism, in my eyes, is misplaced. In science, where we are lucky to be able to appeal to experience to test the truth of our conjectures, boldness and empirical content are highly desirable; for these attributes lead to (and may even be identical with) enhanced falsifiability. But when the most that we can hope for from a system of statements is fruitfulness, and the ability to illuminate our understanding of science without being part of science themselves, it seems advisable to ask that the statements be as weak as possible, and that they allow us much as possible. If there is something we want to exclude, we should be encouraged to formulate scientific hypotheses that are sufficiently strong to exclude it, not to enforce the exclusion by adoption of powerful methodological rules. We may rule out a non-causal world, for instance, by formulating theories of universal form. The rather elementary demand that, if we are interested in the world, we should entertain only hypotheses whose truth values can be rationally questioned, runs through *Logik* in the strong form that our hypotheses be empirically testable.

(That metaphysics, though not nonsense, was thought to be excluded by this requirement is plain from note 2\* to section 69.) A consequence is that when rational questioning is difficult because some of the rules that govern questioning are themselves being questioned, it is logical weakness that should be welcomed, not logical strength. Popper writes (section 11): 'Profound truths are not to be expected from methodology.'<sup>3</sup> Profound proposals should not be expected either.

Much later, of course, Popper seemed to soften his approach, to allow scientific decisions to be steered not only by elementary logical considerations and common sense, but by what he called metaphysical research programmes (1976, section 33; 1982, section 20; see also Agassi 1964/1975). It might be added that scientific decisions are steered also by other parts of our scientific knowledge. There need be no objection to our enriching in such ways the exclusion procedures that we call on, provided that the metaphysical and scientific adjuncts are themselves open to independent scrutiny and, if necessary, elimination. But the method remains the same.

The method of conjectures and refutations may not be profound; it may even be 'almost contentless'. But its proposals seem to be sound; for once we recognise that our theories must be available to us before they can be evaluated, it becomes apparent that there is very little else that we can do with them except undertake to refute them. To suggest that our knowledge can grow through positive instances, or through the piling up of items of confirmation, is to fall back into the subjectivist dogma that our knowledge resides in us, in what we know, rather than in what our theories tell us (Miller 1996). If we are to advance from what our theories tell us, we must come to appreciate that what they tell us is not true. Of course, there may be the occasional

3 In later editions of *Logik der Forschung* there is a (starred) footnote at this point suggesting that the inequation 'degree of corroboration  $\neq$  probability' may be an example of a not wholly trite thesis of methodology. In later editions of *The Logic of Scientific Discovery* Popper's theorem on truth content (that if *A* exceeds *B* in content it exceeds it also in truth content) is given as another example. It need not be contested that these results (I should say, of epistemology and of pure logic respectively) might have methodological significance. (The matter is doubtful in the second case, since there exists a parallel theorem on falsity content.) But they hardly qualify as truths of methodology.

person who prefers not to make any advance, but to stay where he is. Truly he ‘retires from the game’ (section 11).<sup>4</sup>

## Bibliography

- Agassi, Joseph (1964): “The Nature of Scientific Problems and their Roots in Metaphysics”, in: *The Critical Approach. Essay in Honor of K. R. Popper*, ed. by M. Bunge, New York – London, p. 189–211. Reprinted on p. 208–233 of J. Agassi (1975), *Science in Flux*, Dordrecht.
- Gillies, Donald A. (1995): “Popper’s Contribution to the Philosophy of Probability”, in: *Karl Popper: Philosophy & Problems*, ed. by A. O’Hear, Cambridge, p. 103–120.
- Howson, Colin / Urbach, Peter (1989): *Scientific Reasoning. The Bayesian Approach*, Chicago – La Salle, Ill., 2nd edition, 1993.
- Lakatos, Imre (1974): “Popper on Demarcation and Induction”, in: *The Philosophy of Karl Popper*, ed. by P. A. Schilpp, Chicago – La Salle, Ill., p. 241–273.
- Miller, David W. (1994): *Critical Rationalism. A Restatement & Defence*, Chicago – La Salle, Ill.
- Miller, David W. (1996): “What Use is Empirical Confirmation?”. Review article of D. M. Hausman *The Inexact & Separate Science of Economics*. *Economics & Philosophy* 12, 2, p. 197–206.
- Miller, David (2006): *Out of Error. Further Essays on Critical Rationalism*, Aldershot.
- Nola, Robert (1987): “The Status of Popper’s Theory of Scientific Method”, in: *The British Journal for the Philosophy of Science* 38, 4, p. 441–480.
- Popper, Karl R. (1945): *The Open Society and Its Enemies*, London, 5th edition 1966.
- Popper, Karl R. (1968): “Is there an Epistemological Problem of Perception?”, in: *Problems in the Philosophy of Science*, ed. by I. Lakatos and A. Musgrave, Amsterdam, p. 163f.
- Popper, Karl R. (1976): *Unended Quest. An Intellectual Autobiography*, Glasgow.
- Popper, Karl R. (1976): *Quantum Theory and the Schism in Physics*. Vol. III of: *The Postscript to The Logic of Scientific Discovery*, London.
- Radnitzky, Gerard/ Bartley III, William W. (eds.) (1987): *Evolutionary Epistemology, Rationality, and the Sociology of Knowledge*, La Salle, Ill.
- Sarkar, Husain (1983): *A Theory of Method*, Berkeley.
- Suppes, Patrick (1984): *Probabilistic Metaphysics*, Oxford.
- Wächtershäuser, Günter (1995): “Karl Popper, Mentor of Science – A Personal View”. Booklet based on the Memorial Celebration for Sir Karl Popper, 12/1994, London School of Economics, p. 21–25.

© D. W. Miller 1997

<sup>4</sup> Further discussion of the conventional character of methodological rules may be found in Chapter 4 of my (2006).



Alan E. Musgrave

## Explanation, Description and Scientific Realism\*

*Natural science cannot explain the phenomena in the physical world ... Natural science describes how phenomena happen but it is wholly incompetent to answer the question why they happen.*

E. W. Hobson

In *Logik der Forschung* (chap. 3, section 12) Popper characterised scientific explanation as involving the deduction of a statement describing the thing to be explained from one or more general theories or laws together with initial conditions. This was the first sharp statement of what came to be called the ‘hypothetico-deductive’ or ‘deductive-nomological’ model of explanation. The model was subsequently defended and developed by Hempel. Hence, it is often also referred to as the ‘Popper-Hempel’ model.

This account of scientific explanation generated an enormous body of literature, much of it critical. These disputes over what scientific explanation is like all presuppose that science is in the business of providing explanations. Even this has been disputed. Scientific theories, it has sometimes been maintained, enable us to *describe precisely how* things happen, but cannot really *explain why* they happen as they do. According to this view (which I shall call ‘descriptivism’), the search for explanation or for explanatory theories is an illegitimate intrusion of metaphysics into science. Descriptivism is related to (but not, as is often supposed, identical with) an even more radical view, which I shall call ‘instrumentalism’ (following Popper) or ‘fictionalism’. The instrumentalist agrees with the descriptivist that scientific theories are not explanatory – but he goes further, and denies that they are descriptive as well. Theories, according to the instrumentalist, are not

\* Revised version of: “Explanation, Description and Scientific Realism”, in: *Scientia* 112, 1977, p. 727–741.

descriptions of the world, but mathematical devices or fictions which enable us to classify, systematise and predict descriptions of the world. Opposed to both of these views is realism. My aim in this paper is to argue in favour of realism.

I begin with the distinction between explanation and description, or between ‘explanatory theories’ and ‘descriptive theories’. I find it a puzzling distinction. I will argue that the typical scientific theory is both descriptive and explanatory. And I will then argue that this illusory distinction stems from a mistaken identification of real explanation with ultimate explanation, which in turn stems from a mistaken idea about the aim of scientific explanation.

#### 4.1 Does science explain as well as describe?

Consider a few famous examples of scientific theories which have often been said to be ‘merely descriptive’ and not explanatory. Galileo’s law of falling bodies, it is often said, merely describes precisely how bodies fall but does not explain why they fall as they do – hence it is descriptive but not explanatory. The premise of this argument is obviously true (and Galileo himself admitted as much); but the conclusion is false (as Galileo already saw).

Galileo raises the question of “what it is that moves earthly things downward” in his *Two World Systems*. Simplicio thinks he knows the answer: “The cause of this effect is well-known; everybody is aware that it is gravity”. But Salviati, Galileo’s spokesman, knows better: “You are wrong, Simplicio; what you ought to say is that everybody knows that it is called ‘gravity’. What I am asking you for is not the name of the thing, but its essence, of which essence you know not a bit more than you know about the essence which moves the stars around ... we do not really understand what principle or force it is that moves stones downward, any more than we understand what moves them upward after they leave the thrower’s hand, or what moves the moon around ...” (Galileo, *Two Chief World Systems*, Second Day, p. 234).

When the question arises again in his *Two New Sciences*, Galileo avoids it: “The present does not seem to be the proper time

to investigate the cause of the acceleration of natural motion concerning which various opinions have been expressed by various philosophers ... At present it is the purpose of our Author merely to investigate and to demonstrate some of the properties of accelerated motion (whatever the cause of this acceleration may be) ..." (Galileo, *Two New Sciences*, Third Day, p. 166 f.).

Many have seen this as an endorsement by Galileo of a 'descriptivist' view: his 'new science of motion' will not seek to explain why, but will merely describe precisely how, bodies move.

But this is not Galileo's own view. Towards the end of *Two New Sciences* he uses his law of falling bodies, together with his law of inertia and the idea of superposition of motions, to 'prove' (derive the result) that a cannon will have maximum range when its elevation is  $45^\circ$ . Sagredo exclaims: "The force of rigid demonstrations such as occur only in mathematics fills me with wonder and delight. From accounts given by gunners, I was already aware of the fact ... but to *understand why* this happens far outweighs the mere information provided by the testimony of others or even by repeated experience". And Salviati replies: "What you say is very true. The knowledge of a single fact *acquired through a discovery of its causes* prepares the mind to understand and ascertain other facts without need of recourse to experiment, precisely as in the present case, where by argumentation alone the Author proves with certainty ... what has perhaps never been observed in nature, namely, that of other shots those which exceed or fall short of  $45^\circ$  by equal amounts have equal ranges ..." (Galileo, *Two New Sciences*, Fourth Day, p. 276 – italics by A. E. M.).

Galileo is no descriptivist. He admits, of course, that his law of falling bodies does not explain why bodies fall, but merely describes precisely how they fall. But he insists that this precise description does explain (or help to explain) facts about the behaviour of cannons. In short, Galileo thought his law was both descriptive and explanatory.

We find exactly the same situation, I believe, with my second example, Newton and his law of gravity. As Galileo said, we do not really explain why bodies fall by saying "Because of gravity". And we certainly cannot explain Galileo's law of falling bodies in this way (for all we know, bodies might fall "because of gravity" with constant speed instead of constant acceleration). To explain

a precise law of fall in terms of gravity we need a precise description of how bodies gravitate – and this is what Newton’s law gives us.

Newton admits, as Galileo had done before him, that he cannot explain his law. Early in the *Principia* he says he will treat gravitational attraction “not physically, but mathematically”, and will say nothing of its cause: “For I here design only to give a mathematical notion of these forces, without considering their physical causes and seats ... I ... use the words attraction, impulse, or propensity of any sort towards a centre, promiscuously, and indifferently, one for another; considering these forces not physically, but mathematically: wherefore the reader is not to imagine that by those words I anywhere take upon me to define the kind, or the manner of any action, the causes or the physical reason thereof ...”<sup>1</sup>

Again, many have seen this as an endorsement by Newton of a ‘fictionalist’ or ‘instrumentalist’ view of his law. But again, this is not Newton’s own view. Thus in an often quoted (and equally often misunderstood) passage at the end of the *Principia*, Newton insists that his law explains while denying that he can explain it: “Hitherto we have *explained* the phenomena of the heavens and of our sea by the power of gravity, but have not yet assigned the cause of this power ... But hitherto I have not been able to discover the cause of ... gravity from phenomena, and I frame no hypotheses ... to us it is enough that gravity does really exist, and act according to the laws which we have explained, and abundantly serves *to account for* all the motions of the celestial bodies, and of our sea“ (Newton, *Principia*, Book III, General Scholium, vol. II, p. 546 f. – italics by A. E. M.).

Elsewhere Newton defends his procedure (and echoes Salviati’s rebuke to Simplicio) as follows: “To tell us that every Species of Things is endow’d with an occult specifick Quality by which it acts and produces manifest Effects, is to tell us nothing: But to derive two or three general Principles of Motion from Phaenomena, and afterwards to tell us how the Properties and Actions

<sup>1</sup> Newton, *Principia*, Book I, Definition VIII, vol. I, p. 5 f. In fact, of course, Newton tried and failed to give a mechanical explanation of his law, and finally seems to have adopted a theological one in which his law is a direct effect of God’s will acting always and everywhere on all bodies.

of all corporeal Things follow from those manifest Principles, would be a very great step in Philosophy, though the Causes of those Principles were not yet discovered: And therefore I scruple not to propose the Principles of Motion above-mentioned, they being of very general Extent, and leave their Causes to be found out" (Newton, *Opticks*, Book III, Query 31, p. 401 f.).

So Newton, like Galileo before him, is neither a descriptivist nor a 'fictionalist'. He admits that his law of gravity does not explain why bodies gravitate, but merely describes precisely how they gravitate. But he insists that this precise description does explain (or help to explain) a great many things, including Galileo's and Kepler's laws (as first approximations) and the gross periodicities of the tides.

A last example. The law of refraction is said to be 'merely descriptive': it describes how light behaves when it passes from one medium to another, but it does not explain why light behaves in this way. Quite so. But this law does explain (or help to explain) why sticks look bent when dipped in water, why a coin invisible in the bottom of a bucket may become visible if the bucket is filled with water (Ptolemy's Problem), why the elevation of a rainbow is never greater than about  $48^\circ$  (explained in Descartes's *Meteorology*), and so on. By describing precisely how light behaves, we explain why these phenomena occur.

It seems, then, that each of these so-called 'merely descriptive' laws is actually both descriptive and explanatory, so that description and explanation are two sides of the same coin. This quite common-sense position has been endorsed, for example, by John Hospers: "But is not explanation after all merely description?' It is all very well to say that when we explain something we actually describe – *e. g.* stating laws of nature is describing how nature works. But this does not preclude the fact that we *are* explaining. When the question is asked why pressing the button turns on the light, we explain by describing just what goes on – currents, open and closed circuits, conduction of electricity by wires, dynamos in the power plant, and so on. But have we not in doing so explained the phenomenon about which we were asking? We have explained by describing, if you will; but certainly we have explained. To say that because we are describing we cannot be explaining would be like saying that because an object is red it cannot also be coloured" (Hospers 1946/56, p. 117 f.). Now we

must not, as Hospers is in danger of doing here, obliterate the distinction between describing a phenomenon and explaining it. It is the same thing which is both red and coloured – but it is not the same thing which is both described and explained. ‘Describe’ and ‘explain’ are transitive verbs which, in any given content, take different objects; we may explain *A* by describing *B*, but we cannot explain *A* by describing *A* itself. A law of nature may be both descriptive and explanatory: but it describes one thing and explains another, or is descriptive of one level and explanatory of another.

The ‘levels’ spoken of here are to be analysed logically: roughly speaking, theory *A* is at a deeper or higher level than theory *B* if *A* explains *B* and not, of course, *vice versa*.

(Incidentally, we must not assume that this explanatory or logical depth is necessarily linked to what we might call ‘ontological depth’. We must not assume, in other words, that if theory *A* is deeper than theory *B* in the logical sense, then necessarily *A* describes entities of which the entities described by *B* are composed. Logical depth may reflect ontological depth, as when we explain macro-properties of a table in terms of properties of the molecules composing it. But we cannot exclude on *a priori* grounds explaining micro-behaviour on macro-grounds, in which case logical depth would not reflect ontological depth. To say that this will not happen is, in fact, to express an interesting metaphysical thesis: roughly, that the behaviour of wholes depends upon the behaviour of their parts, but not *vice versa*. Examples of such theses are ‘methodological individualism’ in the social sciences, and the principle of ‘micro-reduction’ in the physical sciences. They raise interesting issues, which I shall not discuss. The point here is simply that talk of explanatory or logical depth does not imply a commitment to any of these theses).

Two questions remain. Are all derivations in which scientific theories figure explanations of their conclusions? And are all scientific theories explanatory in the sense that they have at least some explanatory uses (figure in some explanatory derivations)?

The answer to the first question is clearly ‘No’. For example, one can derive the height of a cliff from Galileo’s law of falling bodies together with an initial condition about the time taken by a body to fall from rest at the top of the cliff to the bottom. But

this does not explain why the cliff has the height that it does (though it may explain, or justify, someone's ascribing that height to it).<sup>2</sup>

The answer to the second question is less obvious. Instantial generalizations like "All metals expand when heated" have sometimes been said to be 'merely descriptive' and not explanatory. Now it may well be that one cannot explain "Metal *M* expands when heated" by deriving it from this generalization. But other uses of it do seem to be genuinely explanatory. My child may watch me hold a recalcitrant bottle-top under hot water, and ask „Why are you doing that?“. And I genuinely explain why tight bottle-tops are loosened in this way by telling him that the top is made of metal, that metals expand when heated, and that holding the top under hot water heats it. A more likely candidate for laws which have no explanatory uses are numerical formulae which merely summarize facts, such as Bode's Law or Balmer's formula. One can derive the mean distance of Uranus from Bode's Law together with the information that Uranus is the seventh planet from the sun: but this does not explain why Uranus has the mean distance that it does, nor may there be any explanatory deductions in which Bode's Law figures essentially. Concerning such laws, the descriptivist and instrumentalist may have a point. Notice, however, that though such laws may not explain anything, scientists try to explain them, especially when they turn out to make correct predictions. Bode's Law became a serious explanatory problem only after it got the distance of the newly-discovered Uranus almost exactly right, and ceased to be a problem (or a law?) when it got the distance of Neptune wrong. Similarly, Balmer's formula became an explanatory problem when it had empirical success.

So far I have been operating with a purely intuitive distinction between those scientific deductions which are explanatory and those which are not. I hope that my readers have shared my intuitions in the cases I have considered. But intuition unsupported by argument is never very satisfactory. And it is particularly unsatisfactory in this case because the whole issue between

2 For this example, and others making the same point, see Bromberger 1966/70. The so-called 'problem of explanatory asymmetries' suggested by such examples is one of the chief criticisms of the hypothetico-deductive model of explanation.

descriptivist and realists hinges upon there being a genuine distinction between those scientific deductions which explain and those which do not. Realists need some account of when a deduction is explanatory. And I have to confess that I have no such account. The distinction seems to be connected with causality: explanations give causes, while non-explanatory deductions do not. But this is a hint at a solution, not a solution, and I will not explore it now.<sup>3</sup> Instead, I will continue to operate with the intuitive distinction, for we have not yet done with descriptivism.

## 4.2 Do scientific explanations remove puzzlement?

The Galileo-Newton view that scientific theories are both descriptive and explanatory, though on different levels, may seem so trite as to be incontrovertible. Yet many have been unconvinced by it. There is a nagging feeling that Galileo's law or Newton's law or the law of refraction is not really explanatory after all. "We do not really explain why sticks look bent when half-immersed in water by invoking the law of refraction, because refraction itself remains a mystery. How can you claim that our puzzle is solved, when all you have done is proposed another one?" So runs the sort of argument that might be produced in defence of this nagging feeling.

The argument is very fishy indeed. It rests on the idea that a real explanation must invoke principles which are not mysterious, so that we will not ask the question 'Why?' of them,

3 Except for one remark. Most assume that a causal explanation differs from a non-causal, non-explanatory deduction in containing a *causal law*. And our problem shifts to that of distinguishing genuine causal laws from mere 'accidental generalizations'. Much ink has been spilled over this second problem, most of it to no avail. I favour a different approach. Galileo's or Newton's law, or the law of refraction, do not look much like 'causal laws', yet they do figure essentially in causal explanations. This suggests to me that a causal explanation is marked, not by the presence of a special type of *law*, but by special properties of the *initial conditions*. (Russell was right, I think, to say that in advanced science functional dependencies replace 'causal laws'; but he was wrong to conclude that advanced science has nothing to do with causes.)

principles which themselves stand in no need of explanation in their turn. It rests, in short, on the idea that the only real explanations are somehow ultimate or self-explanatory explanations. Now it is questionable whether there could be any explanation which was ultimate in this way – and I will be returning to the question. But quite apart from that, it is surely very odd to equate explanation with ultimate explanation. For we do explain why sticks look bent by invoking the law of refraction, even though we may not be able to explain the law of refraction. And Galileo explains why cannons have maximum range at elevation  $45^\circ$ , even though he does not explain why bodies fall with constant acceleration. Hospers puts the point well (he calls an ultimate explanation an explanation “at the level of brute fact” where “by definition we can no longer meaningfully ask for further explanations”): “There is an elementary but widely pervasive confusion on this point. It is said that unless an explanation has been given all the way down to the level of brute fact, no explanation has been given ... at all; e. g. unless we know why water expands on freezing, why the water molecule has a crystalline structure, etc., we do not really know why our pipes burst. But surely this is not the case. Whether we know why water expands on freezing or not, we do know that it does so, and that it is because of its doing so that the pipes burst in cold weather. When we have asked why the pipes burst, the principle of expansion of water does give an explanation. When we ask why water expands on freezing, we are asking *another* question. The first *has* been answered, whether we can answer the second or not”.<sup>4</sup>

The confusion may be as elementary as Hospers says it is – but some very acute thinkers have fallen into it. Consider, for example, Duhem’s interpretation of Newton’s view of his law of gravity. According to Duhem, Newton regarded his law as a ‘condensed representation’ of phenomena, and maintained that: “Such a condensed representation is not an explanation; the mutual attraction that celestial mechanics imagines between any two parts of matter permits us to submit all celestial movements to calculation, but the cause itself of this attraction is not laid bare because of that” (Duhem 1954, p. 47). In short, Newton is alleged

4 Hospers 1946, p. 341, footnote. This passage does not appear in the revised version of the paper.

to have thought that his law was not explanatory because it was not self-explanatory.<sup>5</sup> Such an interpretation tells us less about Newton (who, as we have seen, held a different view) than about Duhem himself: and what it tells us about Duhem is that he identified explanation and ultimate explanation. This enabled him to argue from the premise that science could not achieve ultimate explanation to the conclusion that science did not explain at all. Duhem is not alone in arguing in this way. Some realists reject Duhem's conclusion, but implicitly accept the validity of his argument and therefore reject his premise too. This leads them to claim that their favourite explanatory theory represents an ultimate explanation (Descartes's view of his theory of matter, or Cotes's view of Newton's theory of gravity, are cases in point). Other realists, sceptical of these particular claims to ultimacy, feel themselves forced into an instrumentalist or descriptivist view of the theories in question (thus many realists reluctantly endorse the instrumentalist view of Newton's theory). The retreat is unnecessary, because Duhem's argument is invalid: a theory can be genuinely explanatory without being ultimately so.

When an 'elementary confusion' is so widespread one suspects that it has some deeper source – and I think that ours has. Common sense (and ordinary usage) has it that to explain some-

5 This interpretation of Newton has become the orthodox one. To consider just one example, Westfall writes: "Newton believed that nature is ultimately opaque to human understanding. Science cannot hope to attain certain knowledge about the essences of things. Such had been the program of the mechanical philosophers of the 17th century, and the constant urge to imagine invisible mechanisms sprang from the conviction that a scientific explanation is only valid when it traces phenomena to ultimate entities. To Newton, in contrast, nature was a given, certain aspects of which might never be intelligible. When they learned to accept the same limitation, other sciences ... likewise ceased to play with invisible mechanisms, and, *describing instead of explaining*, they formulated a set of conceptions adequate to their phenomena. Newton believed that *the aim of physics is an exact description of phenomena of motion in quantitative terms*" (Westfall 1971, p. 158 f., italics by A. E. M.). Van Fraassen misunderstands Newton just as Duhem had misunderstood Newton. He cites the famous passage in which Newton admits that he has no explanation of gravity, yet insists that his law of gravity explains all sorts of phenomena. Later he tells us: "Newton's theory of gravitation did not (in the opinion of Newton or his contemporaries) contain an explanation of gravitational phenomena, but only a description" (van Fraassen 1980, p. 94 and 112).

thing is to remove puzzlement concerning it, to set curiosity at rest. Suppose we begin with this apparently innocuous idea, and suppose further that we focus upon the puzzlement as such and ignore what the puzzlement is about. And now ask whether puzzlement is removed concerning sticks looking bent in water by invoking the law of refraction. The answer is (or ought to be) that it is not: the account does not (or ought not to) remove puzzlement altogether, rather it relocates it. Instead of being puzzled about the bent sticks, we become (or ought to become) puzzled about the law of refraction. From a purely subjective point of view, in which we ignore what the puzzlement is about, nothing has been achieved: puzzlement remains and is even enhanced. And if we view scientific explanations from this subjective point of view, demanding that they remove puzzlement, we are bound to be disappointed and to conclude that science does not really explain at all.

This subjective view of explanation lies, I believe, at the root of the demand that a genuine explanation must somehow be ultimate. An ultimate explanation is one concerning which no puzzlement ought to arise – and only such an explanation could remove puzzlement (as opposed to relocating it). But the subjective view of explanation is inadequate. It makes explanation a person-relative affair, for clearly what relieves one man's puzzlement may not relieve the next woman's. And while the incurious might have their puzzlement relieved by contemplating a scientific explanation, a few stiff whiskies would do the trick much better. Science may well originate from perplexity or puzzlement concerning both unfamiliar and familiar phenomena, which leads to the demand that these phenomena be explained. But science also demands that these explanatory problems be solved in a special way, so that a problem is not necessarily solved adequately when puzzlement about it has been removed. The purely subjective view of explanation ignores this objective dimension of scientific problems and their solutions. It is inadequate for precisely this reason.

From an objective point of view, we do explain why sticks look bent in water by invoking the law of refraction, despite the fact that the law of refraction remains unexplained. For the explanatory problem which remains is different from the problem which has been solved. The problem of explaining the law of refraction is

both more general and more precise than the problem of explaining why sticks look bent in water. An explanation which raises exactly the same explanatory problem may well be said to be no real explanation at all, despite the fact that a good deal of puzzlement may have been relieved by it. (Explaining why the earth does not fall by saying that it is supported by an elephant raises the identical problem of why the elephant does not fall. Even so, more puzzlement may have been relieved by this and similar 'explanations' than by the most respected scientific theories. Pretty well anything can be 'explained' by saying "God moves in mysterious ways".) The similarity or difference of explanatory problems, which is here crucial, can only be recognised if we abandon the subjective point of view in favour of an objective one: if we focus, not upon feelings of puzzlement as such, but on what they are about. And once we take an objective point of view, we can see that there is little to be said for the idea that the only genuine explanations are ultimate ones.

Instrumentalists not only deny that scientific theories are explanatory, they deny that they are descriptive too. As we have seen, the first denial stems from a mistaken identification of explanation with ultimate explanation. The second denial often stems from an equally mistaken identification of truth with certainty. It can be argued that we can never be certain that any scientific theory is a true description of the world. But we cannot conclude from this that scientific theories are not true or false descriptions at all. To argue thus would be invalid, since the premise might be true and the conclusion not. Yet this mistake is also a pervasive one.

It pervades the writings of Duhem. He observes, for example, that since all experimental measurement is to some extent imprecise, any body of data can be accommodated by a multiplicity of precise laws. And he concludes from this that no law can be either true or false, because „any other law representing the same experiments with the same approximation may lay as just a claim as the first to the title of a true law“ (Duhem 1954, p. 171 f.). Again, he correctly observes that all laws are 'provisional' (because none can be certain); and continues "not that we must understand this to mean that a physical law is true for a certain time and then false, but at no time is it either true or false" (Duhem 1954, p. 172). And finally, when Duhem is search-

ing for philosophical allies, he repeatedly takes denials that scientific theories can be known to be true for denials that they have a truth-value at all. One example must suffice out of many: he quotes Aquinas on “the incapacity of physical method to grasp an explanation that is certain” (as Duhem puts it), and takes this to show that Aquinas is a philosopher who recognized “that physical theories are by no means explanations, and that their hypotheses were not judgements about the nature of things”.<sup>6</sup> It is obvious, however, that truth and certainty are not the same, and that we cannot validly conclude from the fact that scientific theories are uncertain that they cannot be true. “*T* is uncertain” entails neither “*T* is false” nor “*T* is neither true nor false”. (The first point shows that sceptical criticism, aimed at showing that we cannot be sure of some proposition, is not really criticism of the proposition in question at all, but only of the claim to be sure of it.) To adopt a fallibilist position concerning physical theory does not commit one to instrumentalism.

So we must resist the identifications of truth with certainty and of explanation with ultimate explanation. But what of the idea of ultimate explanation itself? Could there be such a thing? I turn to this question in my next section.

### 4.3 Are there ultimate explanations?

The prospect of cutting off the threatened infinite regress of explanations by some ultimate explanation has often seemed an attractive one. It loses some of its appeal once we realise that the regress of explanations is not a vicious one, that it is not the same problem which is posed at each stage. And it loses further appeal

6 Duhem 1954, p. 41 and 39. There are many other examples of such misinterpretations in Duhem’s writings. His book *To Save the Phenomena* (Duhem 1969) is replete with them. They enable Duhem to argue that the instrumentalist tradition has a long history, going back to the astronomers of antiquity. Almost all subsequent historians of ancient astronomy have repeated and elaborated this myth. In fact, what actually has a long history is fallibilism regarding astronomical hypotheses. For more on all this, see my “The Myth of Astronomical Instrumentalism”, in: G. Munevar (ed.), *Beyond Reason: Essays on the Philosophy of Paul Feyerabend*, (Boston Studies in the Philosophy of Science, 132), Kluwer, 1991, p. 243–280.

once we scrutinize the idea of ultimate explanation itself, for it is an implausible idea. How can there be an explanation whose principles raise no explanatory problem in their turn?

Two candidates for this role have had some plausibility. The first is the theological explanation, whose principles are said to be the direct result of the will of God. Such principles cannot be explained in turn as resulting from the operation of deeper scientific principles. And in this respect a theological explanation may be thought to be ultimate. (Two examples of such explanations are Kepler's explanation of the number and distances of the planets in terms of God's geometrical blueprint of the universe, and Newton's final explanation of his law of gravity as resulting from direct divine action on all parts of matter always and everywhere.) Yet the appearance of ultimacy here is illusory. One can ask why God decided to institute one set of laws and not some other one. True, the explanation will have to be teleological in form, and refer to divine purposes or divine likes and dislikes. But we should not mistake the limits of physical explanation, which may well have been reached with a theological explanation, for the limits of all explanation whatsoever. Theological explanations are not truly ultimate. (And judged by usual standards of adequacy like deducibility and independent testability, they are woefully inadequate anyway.)

The secular candidate for the role of ultimate explanation arose out of Aristotelian essentialism.<sup>7</sup> In response to the problem of change (How can *X* change when in order to stay the same *X* it must be unchanging?), Aristotle divided the properties of things into essential and accidental properties. A thing *X* may gain or lose an accidental property and remain the same thing. But the essential property of *X* (I assume for the sake of simplicity that each thing has only one such property) is what makes *X* the thing that it is: if *X* loses that property, then it ceases to be *X*. So it makes little sense to ask why *X* has the essential property *E* – *X* would not *be X* if it lacked *E*. This led Aristotle and his followers to dream that the ultimate explanatory principles of the sciences would be statements of the essences of things, concerning which no further explanatory question could sensibly be

7 So important is this doctrine that Popper *identifies* the belief in ultimate explanation with essentialism, see Popper 1963, p. 104.

asked. Assuming that such statements were the only explanatory principles used (a very large assumption), ultimate explanations were possible and the regress of explanation could be cut short.

Not only were such explanations possible: Aristotelians thought they could be achieved, and could be known to have been achieved. This brings me to the epistemological dimension of essentialism. If the essence of  $X$  is  $E$ , then  $X$  cannot possibly lack  $E$ . Hence the statement " $X$  is  $E$ " is a *necessary truth*, true in all possible worlds. As such, it can be discovered by *a priori* reasoning, and it can be known for certain. (Aristotle's induction or *epagoge*, the process of intuiting the essence, might be thought to be an empirical procedure, since Aristotle insists that it starts from observation of some particular  $X$ . But the observation of the particular here is just about as important as the observation of particular figures in geometry: it is heuristically important, but epistemologically redundant.) The statements of the essences of things are, then, necessary truths knowable *a priori* and with certainty. They are real definitions. They are also highly informative statements about the world, which serve to explain its phenomena.

Notice, however, that once we assert the explanatory adequacy of our real definitions, our statements of essences, then the original doctrine becomes inconsistent. If " $X$  is  $E$ " explains why " $X$  is  $A$ ", where  $A$  denotes some supposed accidental property, then " $X$  is  $A$ " will also hold necessarily since it is derivable from a necessary truth alone. Thus the original distinction between essential/necessary and accidental/contingent predication evaporates. Leibniz noticed this contradiction and resolved it by denying that any predication is contingent and any property more essential than any other. Others grasped the second horn of the dilemma and denied essential predication: no subject-predicate statement is necessarily true and no property is an essential property of a thing.

But what of definitions? What about subject-predicate statements that are necessarily true because they are definitions (or consequences of definitions)? Definitions need not commit us to real essences. Definitions can be nominal ones, recording convenient abbreviations or conventions for the use of words. Such nominal definitions do not express important factual truths and nothing can be explained by them.

Popper rejected essentialism on epistemic grounds. He pointed out that candidates for ultimate or essentialist explanatory principles proposed in the past did not fare well. It often happened that the attempt to explain what essentialists deemed ultimate and inexplicable proved to be fruitful. Since we can never be sure that we have got hold of the essences of things, we should never put a stop to possibly fruitful further investigation by claiming that we have.<sup>8</sup> This epistemic argument has force whether or not we can make sense of the idea that things have essential properties, or more generally, of the idea that some explanatory principles might be ultimate.

Popper went further and proposed an alternative metaphysical position. There is no 'rock-bottom'; the universe admits of an infinite series of explanatory truths; it is like an onion with infinitely many skins to be peeled aside successively, but with no ultimate centre. This 'infinite onion' or 'Russian Doll' metaphysic is interesting. It enabled Popper to dispose of the spurious clash between 'the world of common sense' and the 'world of physics' (which led some to renounce common sense, and others to renounce realist physics), and of the spurious distinction between primary and secondary qualities: "Thus we are led to take all these worlds, including our ordinary world, as equally real; or better, perhaps, as equally real aspects or layers of the real world. ... It is thus mistaken to say that my piano, as I know it, is real, while its alleged molecules and atoms are mere 'logical constructions' (or whatever else may be indicative of their unreality); just as it is mistaken to say that atomic theory shows that the piano of my everyday world is an appearance only – a doctrine which is clearly unsatisfactory once we see that the atoms in their turn may perhaps be explained as disturbances, or structures of disturbances, in a quantised field of forces (or perhaps of probabilities). All these conjectures are equal in their claims to describe reality, although some of them are more conjectural than others. ... Thus we shall not, for example, describe only the so-called 'primary qualities' of a body (such as its geometrical shape) as real, and contrast them as the essentialists once did, with its

8 This is Popper's central argument against essentialism in Popper 1963, p. 105–107 (where Popper gives examples of fruitful attempts to explain the 'essential and inexplicable').

unreal and merely apparent 'secondary qualities' (such as colour). For the extension and even the shape of a body have since become objects of explanation in terms of theories of a higher level; ... and the secondary qualities such as colours, are just as real as the primary ones – though our colour experiences have to be distinguished from the colour properties of the physical things, exactly as our geometrical-shape-experiences have to be distinguished from the geometrical-shape-properties of the physical things. From our point of view both kinds of qualities are equally real – that is, conjectured to be real ..." (Popper 1963, p. 115 f.)

Interesting though the Russian Doll model is, Popper's argument for it is not cogent: "Essentialism looks upon our ordinary world as mere appearance behind which it discovers the real world. This view has to be discarded once we become conscious of the fact that the world of each of our theories may be explained, in its turn, by further worlds which are described by further theories – theories of a higher level of abstraction, of universality, and of testability. The doctrine of an *essential or ultimate reality* collapses together with that of ultimate explanation" (Popper 1963, p. 115). It does no such thing. *Pace* Popper, 'conjectured to be real' does not mean 'real' – after a certain point the conjectures might be false. Science may go on indefinitely proposing "theories of a higher level of abstraction, of universality, and of testability" – and after a certain point all these theories might be false. This is exactly what the believer in an essential or ultimate level of reality will assert. Popper's 'infinite onion' model of the universe harmonises better with his methodology, but it is not entailed by it.

Are there ultimate truths about the world, any attempt to explain which is bound to be mistaken? I do not know. Could there be such truths? I see no reason to deny it. There could be a 'rock-bottom' explanatory level which science might reach: the laws of nature might be a finite set, and science could discover some or all of them. Of course, Popper's methodological argument shows that scientists would not *know* that they had reached rock-bottom, and I should therefore continue with the fruitless endeavour to explain these laws in terms of something deeper.

The appeal of essentialism, early and late, often stemmed from its unholy alliance with definition and *a priori* certainties.

“Sodium has atomic number 11” is an informative factual statement, formulated after decades of intricate chemical experimentation and theorizing. Yet it can also be presented as a definition: “having atomic number 11” is the defining property of sodium, for a substance would not be sodium if it lacked this property. We can know for sure that sodium has atomic number 11 (for after all, this is a matter of definition); and the statement also expresses an interesting chemical fact about sodium (for after all, it is not equivalent to “Sodium is sodium”). It seems that we can have our cake and eat it (say something interesting and be sure of it) after all.

Recent philosophers have tried to sever the unholy alliance between essences and definitional *a priori* certainties by suggesting that there are *a posteriori* necessities. Brody claims that statements of essences are to be discovered and defended empirically. Even so, “The atomic structure of some chunk of sodium ... is an essential property of that object. Something with a different atomic number would be (numerically) a different object”. Thus, nothing can be said by way of answering the question *why* sodium has the atomic number that it does (see Brody 1972, p. 25–27). Brody insists that statements of essences figure essentially in scientific explanations. Indeed, the burden of his paper is that nothing is a genuine explanation *unless* it contains such a statement. Such statements are clearly not definitional truths, eliminable without loss of explanatory power.

Can we make sense of the idea of *a posteriori* necessities and rehabilitate essences? I do not know. I do know that Popper, despite his opposition to essentialism and his invalid argument against it, sought to do something similar. For he sought to make sense of the idea of physical necessity, and that is a kind of necessity which is not logical, not discoverable by *a priori* means, and certainly not certainly knowable!

#### 4.4 Conclusion: varieties of scientific realism

Let me now descend from these metaphysical regions, and conclude by asking what kind of scientific realism is suggested by the foregoing considerations. We can list the following four realistic theses:

1. Scientific theories are (a) true or false descriptions of reality, which (b) can be used to explain features of it;
2. Some of these theories can be established as true;
3. Some of these theories are ultimate truths, which cannot be explained by true theories of a higher level;
4. One of these theories is comprehensively true, so that it explains everything.

I have added (4) for the sake of completeness: it represents the last word in the important tendency for scientists to seek to unify distinct theories into a single one.

Various forms of realism and antirealism arise from different combinations of these four theses or their negations. We might distinguish:

*Dogmatist realism*: (1) and (2);

*Essentialism* (as defined by Popper): (1) and (2) and (3);

*Comprehensive essentialism*: (1) and (2) and (3) and (4).

*Modest essentialism*: (1) and not (2) and (3).

*Modest realism*: (1) but not [(2) or (3) or (4)].

*Descriptivism*: (1a) but not (1b), (2), (3) or (4).

*Instrumentalism*: not (1)–(4).

Instrumentalism's most distinguished proponent was Duhem, whose chief claim to fame was that he demolished (2) and (3). (He never bothered to attack (4) explicitly). But Duhem made two mistakes: he thought that if there is no ultimate explanation, there is no explanation at all; and he thought that if there is no certain truth, there is no truth at all. Having disposed of (2), hence of dogmatist realism, and (3), hence of essentialism, Duhem thought that all forms of realism had been refuted. In this, he was wrong. There is a more modest realism which is not hit by Duhem's arguments. It is this modest realism which I have been chiefly concerned to defend.

## Bibliography

- Brody, Baruch A. (1972): "Towards an Aristotelian Theory of Scientific Explanation", in: *Philosophy of Science* 31, p. 20–31.
- Bromberger, Sylvain (1966/70): "Why-Questions", in: *Mind and Cosmos*, Pittsburgh 1966; reprinted in: B. A. Brody (ed.), *Readings in the Philosophy of Science*, Prentice-Hall 1970, p. 66–87.

- Duhem, Pierre (1954): *The Aim and Structure of Physical Theory*, translated by P. P. Wiener, Princeton, N. J.
- Duhem, Pierre (1969): *To Save the Phenomena*, translated by E. Doland and C. Maschler, Berkeley, Cal.
- Galileo, *Two Chief World Systems: Dialogue Concerning the Two Chief World Systems – Ptolemaic and Copernican*, translated by Stillman Drake, Berkeley, Cal. 1962.
- Galileo, *Two New Sciences: Dialogue Concerning Two New Sciences*, translated by Crew and Salvio, Dover.
- Hospers, John (1946/56): “What ist explanation?”, in: *Essays in Conceptual Analysis*, ed. by Antony Flew, New York 1956, p. 94–119; revised version of: “On explanation”, in: *The Journal of Philosophy* 43, 1946, p. 337–356.
- Newton, *Principia: The Mathematical Principles of Natural Philosophy*. A. Motte’s translation revised by F. Cajori, Berkeley, Cal. 1962.
- Newton, *Opticks: Opticks or treatise of the reflexions, refractions, inflexions and colours of light*, Dover 1952.
- Popper, Karl R. (1963): “Three Views Concerning Human Knowledge”, in: *Conjectures and Refutations*, London.
- van Fraassen, Bas C. (1980): *The Scientific Image*, Oxford.
- Westfall, Richard S. (1971): *The Construction of Modern Science*, New York.

---

Elie G. Zahar

## Falsifiability

### 5.1 Popper's Demarcation Criterion

As is well-known, the Vienna Circle held a synthetic proposition to be meaningful if it is fully empirically decidable, i. e. iff it is both verifiable and falsifiable by protocol sentences. Karl Popper however quickly realized that no universal contingent law could be experimentally established. He consequently proposed his own demarcation criterion according to which any empirically refutable consistent proposition should be regarded as scientific. Common to Popper's and to the neopositivists' standpoints is the view that scientific statements should be at least observationally falsifiable (LSD, section 6, p. 14–17; Popper 1965, chap. 11, section 2, p. 255–258; see also Kraft 1968, p. 105–121). Thus any valid criticism of empirical refutability would undermine the whole empiricist position, whether Popperian or neopositivist. Thomas S. Kuhn put forward such a global criticism, which moreover appeared to be cogent. He held not only that each paradigm gives rise to a potentially infinite sequence of theories but also that it sets its own methodological standards: it decides what questions can be legitimately asked and what answers are to be judged acceptable. The paradigm furthermore reserves the right to shelve recalcitrant instances as anomalies to be dealt with at a later date (Kuhn 1970, p. 6; also p. 35–41). This is why no empirical result can – at any rate initially – refute the paradigm. At its inception, the latter is highly ambiguous; experiments are often carried out in order not to test any hypothesis

but to determine the values of certain parameters (Kuhn 1970, p. 25–27). Finally, the facts themselves are theory-laden so that renouncing a paradigm might mean giving up the very results which undermined it in the first place. Thus paradigms have built into them those stratagems which Popper tried to ban, and whose perverse role was brilliantly exposed by Hans Albert through the notion of an “immunizing strategy” (Albert 1975, section 5, p. 29–37; also section 15, p. 91–97). Popper had consequently added to his falsifiability *criterion* a central methodological *decision*: that of always bowing to the negative verdict of experience, hence of renouncing all ad hoc manoeuvres (LSD, section 20, p. 50–52). I now propose to show that in certain well-defined situations, such voluntarism is of no help; for despite his metaphorical style, Kuhn based some of his views on sound objective insights.

## 5.2 The Ceteris Paribus Clause and the Duhem-Quine Problem

Many of Kuhn’s objections to falsificationism were taken up by Imre Lakatos, who gave them a logically coherent form.

The hypothetico-deductive model can be construed roughly as follows: From a scientific system  $S$  one infers an empirical prediction  $E$ . To Kuhn’s thesis that the paradigm is ambiguous corresponds Lakatos’s view that the theoretical system  $S$  always involves a ceteris paribus clause, i. e. the caveat: other things being equal (Lakatos 1992, p. 17–19). More precisely:  $S$  consists of some core hypothesis  $H$  *taken together* with an indefinite set  $\Delta$  of propositions of the form: only gravitational forces acted on the test body, there were no random variations in the weather conditions, etc. Hence, were  $E$  to be refuted, then we would not know whether to blame  $H$  or any member of the possibly infinite set  $\Delta$ .

This objection to falsificationism need not however be taken seriously. As long as we carry out our deductions in a first-order language, then by the compactness theorem,  $E$  will logically follow from  $H$  taken together with some finite subset  $\Sigma$  of  $\Delta$ . Let  $A$  be the conjunction of all members of  $\Sigma$ . Denoting  $H \& A$  by  $S$ , we conclude that  $S$  entails  $E$ . In as far as we can observationally falsify  $E$ , we shall have refuted the finite statement  $S$ . True, we

are left with a Duhem-Quine problem which could prove serious: we cannot as yet decide whether  $H$  or any conjunct in  $A$  is false. Still, the single proposition  $S$  will have been experimentally falsified. The Duhem-Quine problem can furthermore be partially solved as follows. Let  $H \& A$  be an empirically falsified conjunction. If successive variants  $A_1, A_2, \dots, A_n$  of  $A$  lead to the refutations of  $H \& A_1, H \& A_2, \dots$  and  $H \& A_n$ , then, according to both Duhem and Popper, it can reasonably be conjectured that the fault lies with  $H$  (Popper 1965, chap. 10, section 19, p. 243; see also Duhem 1981, chap. 6, §§ 9–10, p. 323–332). But Popper did not admit that such “reasonableness” rests, as it obviously does, on the following intuitive probabilistic argument: if, despite all the negative outcomes, we decided to adhere to  $H$ , then each of  $A, A_1, \dots, A_n$  must be considered false; which yields the unique assignment  $(t, f, \dots, f)$  of truth-values of  $(H, A, A_1, \dots, A_n)$ , where  $t$  and  $f$  denote the True and the False respectively. Should we however be prepared to give up  $H$ , then each of  $A, A_1, \dots, A_n$  could be either  $t$  or  $f$ ; we would thus have  $2^{n+1}$  assignments compatible with all experimental results. Assuming  $H, A, \dots, A_n$  to be mutually independent, the chances are that  $H$  is false.  $A, \dots, A_n$  may of course share a false kernel  $G$  such that  $H \& G$  is testable; which could conceivably account for the successive refutations of  $H \& A, \dots, H \& A_n$ . This is why a caveat of mutual independence has to be entered. Be it as it may, the above – admittedly crude – piece of reasoning provides a rationale for our feeling that, barring miracles,  $H$  must be the culprit.

### 5.3 The Adjustment of Parameters

As already mentioned, Kuhn saw that far from being deducible from  $S, E$  often serves to determine certain constants occurring in  $S$ . This important aspect of *rational* scientific practice seems to have escaped Popper’s and Reichenbach’s attentions. These philosophers, like most members of the Vienna Circle, strictly demarcated between the context of discovery and that of justification (LdE, section 2, p. 7; see also Schilpp 1949, p. 292). Methodology should concern itself exclusively with the latter while the former ought to be relegated to the domain of empirical psychology. The philosophy of science investigates the status of

theories laid on the table, e. g. the relationship between factual statements and fully articulated laws. Given his anti-inductivist stance in both logic and psychology, Popper (1979, chap. 2, section 16, p. 67–70) was anyway averse to the idea of conceding to observation any *positive* role in the discovery of new hypotheses: facts can only refute or else corroborate scientific systems; and the process of discovery should certainly play no part in the methodological appraisal of theories.

Consider a hypothesis  $H(a_1, \dots, a_n)$  containing the parameters  $a_1, \dots, a_n$ , which are unknown prior to experimentation; and let  $e_1, \dots, e_m$  be a sequence of empirical results. Thus each  $e_j$  is of the form  $e_j \equiv (b_j \ \& \ p_j)$ , where  $b_j$  describes some boundary conditions and  $p_j$  expresses a prediction. Since  $a_1, \dots, a_n$  have not yet been fixed, we might initially be ignorant as to whether or not  $H(a_1, \dots, a_n)$  subsumes  $e_1, e_2, \dots$  and  $e_m$  in the sense of entailing  $(b_1 \rightarrow p_1), (b_2 \rightarrow p_2), \dots$  and  $(b_m \rightarrow p_m)$ .

Let us put  $\underline{a} = (a_1, \dots, a_n)$ ,  $F \equiv ((b_1 \rightarrow p_1) \ \& \ (b_2 \rightarrow p_2) \ \& \ \dots \ \& \ (b_m \rightarrow p_m))$  and  $E \equiv (e_1 \ \& \ \dots \ \& \ e_m) \equiv (b_1 \ \& \ p_1 \ \& \ \dots \ \& \ b_m \ \& \ p_m) \equiv (\underline{b} \ \& \ \underline{p})$ ; where  $\underline{b} \equiv (b_1 \ \& \ b_2 \ \& \ \dots \ \& \ b_m)$  and  $\underline{p} \equiv (p_1 \ \& \ p_2 \ \& \ \dots \ \& \ p_m)$ . [Note that  $\vdash (E \rightarrow F)$  is a tautology; i.e.  $F$  is a logical consequence of  $E$ ].

We now face the task of so determining  $\underline{a}$  that :

(1)  $H(\underline{a})$  is internally consistent and: (2)  $\vdash [H(\underline{a}) \rightarrow F]$ .

Since scientists generally take  $E$  for granted while provisionally accepting  $H(\underline{a})$ , they will postulate the conjunction  $H(\underline{a}) \wedge E$  from which they will then draw conclusions as to the possible values of  $\underline{a}$ . They typically succeed in determining a set  $K_1$  such that:

$\vdash [(H(\underline{a}) \ \& \ E) \rightarrow (\underline{a} \in K_1)]$ , i.e.  $\vdash [(\underline{a} \notin K_1) \rightarrow (H(\underline{a}) \rightarrow \neg E)]$ . That is:  
 $\vdash [(\underline{a} \notin K_1) \rightarrow (H(\underline{a}) \rightarrow (\underline{b} \rightarrow \neg \underline{p}))]$ , or  $\vdash [(\underline{a} \notin K_1) \rightarrow ((H(\underline{a}) \ \& \ \underline{b}) \rightarrow \neg \underline{p})]$ .

Thus unless  $\underline{a} \in K_1$ , [i.e. if  $\vdash (\underline{a} \notin K_1)$ ], then  $H(\underline{a})$  will be refuted by the facts  $E$ .

Scientists are however interested in  $E$  being not merely consistent with, but also explained by  $H(\underline{a})$ . More precisely: they will construct another set  $K_2$  such that:

$\vdash [(\underline{a} \in K_2) \rightarrow (H(\underline{a}) \rightarrow (b_j \rightarrow p_j))]$  for each  $j$ . Hence:  
 $\vdash [(\underline{a} \in K_2) \rightarrow (H(\underline{a}) \rightarrow ((b_1 \rightarrow p_1) \ \& \ (b_2 \rightarrow p_2) \ \& \ \dots \ \& \ (b_m \rightarrow p_m)))]$ , i.e.  
 $\vdash [H(\underline{a}) \rightarrow F]$ .

*A fortiori*:  $\vdash [(\underline{a} \in K_2) \rightarrow (H(\underline{a}) \rightarrow (\underline{b} \rightarrow \underline{p}))]$ ; i.e.  $\vdash [(\underline{a} \in K_2) \rightarrow ((H(\underline{a}) \wedge \underline{b}) \rightarrow \underline{p})]$ .

The next step usually consists in selecting some  $a_0$  which satisfies  $\{ a_0 \in K_1 \cap K_2$ . Since  $\{ a_0 \in K_2$ , then, by the above:

$\{ [H(a_0) \rightarrow (b_j \rightarrow p_j)]$  for each  $j$ ; i.e.

$H(a_0)$  „explains“ the facts described by  $E$ . As for  $a_0 \in K_1$ , it represents a consistency condition. More precisely:

if

$\{ a_0 \in K_2$  but  $\{ a_0 \notin K_1$ , then by the above:

$\{ [(H(a_0) \ \& \ \underline{b}) \rightarrow p]$  and  $\{ [(H(a_0) \ \& \ \underline{b}) \rightarrow \neg p]$ ;

which means that  $[H(a_0) \ \& \ \underline{b}]$  is logically, or rather mathematically inconsistent. In other words:  $\{ \neg[H(a_0) \ \& \ \underline{b}]$  or  $\{ [\underline{b} \rightarrow \neg H(a_0)]$ , so that  $H(a_0)$  is already refuted by the boundary conditions  $\underline{b} \equiv [b_1 \ \& \ b_2 \ \& \ \dots \ \& \ b_m]$ . Thus, choosing  $\{ a_0 \equiv K_1 \cap K_2$  comes down to constructing a (hopefully) consistent theory  $H(a_0)$  which is doctored to „yield“ the facts  $[(b_1 \rightarrow p_1) \ \& \ (b_2 \rightarrow p_2) \ \& \ \dots \ \& \ (b_m \rightarrow p_m)] \equiv F$ .

According to Popper,  $E$  nonetheless always fails to corroborate  $H(a_0)$ ; for since  $E$  was known prior to  $H(a_0)$ ,  $E$  formed part of the background knowledge  $B$  which was available at the time  $H(a_0)$  was put forward. So since  $B \Rightarrow E \Rightarrow F$ , we have  $p(E, B) = 1 = p(F, B)$ . A fortiori:  $p(E, H(a_0) \ \& \ B) = 1 = p(F, H(a_0) \ \& \ B)$ .

Therefore:  $C(H(a_0), E, B) =$

$$= [p(E, H(a_0) \ \& \ B) - p(E, B)] / [p(E, H(a_0) \ \& \ B) + p(E, B) - p(H(a_0) \ \& \ E, B)] = 0 =$$

$$= [p(F, H(a_0) \ \& \ B) - p(F, B)] / [p(F, H(a_0) \ \& \ B) + p(F, B) - p(H(a_0) \ \& \ F, B)] =$$

$= C(H(a_0), F, B)$ ; where  $C(H(a_0), E, B)$  is one expression of the Popperian degree of the corroboration of  $H(a_0)$  by  $E$ , given background knowledge  $B$  (See Popper 1959, Appendix \*9, p.352, footnote 4).

This definition of the degree of corroboration is however clearly unacceptable; for let e.g.  $E$  be a description of Michelson's result, of the Balmer series or of the precession of Mercury's perihelion (See Zahar 1989a, pp.13–17; also pp.87–92).  $E$  would thus have been known prior to Special Relativity, to Bohr's quantum theory or to General Relativity respectively. Hence in each of the three cases,  $E$  would have belonged to the background knowledge  $B$ ; Popper's degree of corroboration must consequently vanish. Yet we have the strong intuition that each of the three  $E$ 's confirms the corresponding  $H$ ; the main reason behind this intuition being that  $H$  is not of the form  $H(a_0)$  where  $a_0$

was engineered to make  $H(\underline{a}_0)$  yield E [more precisely: to entail F]. In other words: what matters is not the whole of B but only that part which was *actually used* in constructing  $H(\underline{a}_0)$ ; where the construction follows something like the logical pattern described above. Thus the context of the discovery of the hypothesis H has a role to play in the „justification“ of H. Let us however note: it does not suffice for a scientist to be *psychologically aware* of E in order for his conjecture to become adhoc with respect to E; the scientist must furthermore have made some *objective use* of E in determining H. After all, Einstein surely knew about Michelson's results and about Mercury's perihelion before proposing his relativistic theories; but this in no way turns the latter into adhoc accounts of the known facts.

Finally: even if  $H(\underline{a}_0)$  were adjusted, in the manner described above, to yield F,  $H(\underline{a}_0)$  could still receive some – reduced – measure of support from E; for it might prove impossible to find any  $\underline{a}_0$  such that  $H(\underline{a}_0)$  both entails F and is mathematically consistent. This clearly happens whenever  $K_1 \cap K_2 = \emptyset$  for some  $K_1$  and all  $K_2$ .

There exist two limiting cases in which  $K_1 \cap K_2 = \emptyset$  might hold; namely those in which either  $K_1 = \emptyset$  or  $K_2 = \emptyset$ . Concerning  $K_1 = \emptyset$ : consider the fictitious example in which E refers to a single instance of the addition law of velocities and  $H(\underline{a})$  to Special Relativity Theory where, for the time being, the speed of light  $a$  is treated as a finite adjustable parameter. Then no matter how we vary  $a$ , we shall always have  $\{ [H(\underline{a}) \rightarrow \neg E] \}$ . I.e.  $\{ [H(\underline{a}) \exists E] \rightarrow (a \in \emptyset) \}$ . We can therefore take  $K_1 = \emptyset$ . Note that  $\{ [(\exists \underline{x}) H(\underline{x}) \rightarrow \neg E] \}$  can be inferred from  $\{ [H(\underline{a}) \rightarrow \neg E] \}$ ; i.e.  $(\exists \underline{x}) H(\underline{x})$  already constitutes a scientific theory since it possesses the potential falsifier E.

As for  $K_2 = \emptyset$ , it represents the case where  $H(\underline{a})$  may be compatible with, but is irrelevant to E; so no choice of  $\underline{a}$  enables  $H(\underline{a})$  to decide F consistently. E.g. take  $H(\underline{a})$  to be an economic theory in which we vary some parameter  $a$ ; and let E be as in the last example. Since economic hypotheses do not bear on any physical laws, there will be no value of  $a$  such that  $H(\underline{a}) \Rightarrow F$ . Thus  $K_2 = \emptyset$ .

The above procedure for selecting  $\underline{a} \in K_1 \cap K_2$  can therefore break down. It follows that  $H(\underline{a})$  must derive some measure of support from the existence of at least one element of  $K_1 \cap K_2$ .

Remembering that  $\mathbf{a} = (a_1, \dots, a_n)$  and  $E \equiv (e_1 \& \dots \& e_m)$ , we conclude that the next – unused – experimental result  $e_{m+1}$  might serve to test  $H(\mathbf{a})$  severely; where  $e_{m+1} \equiv (b_{m+1} \& p_{m+1})$ . For by hypothesis,  $H(\mathbf{a})$  will have been determined independently of  $e_{m+1}$ ; thus, if  $\nabla [H(\mathbf{a}) \rightarrow (b_{m+1} \rightarrow p_{m+1})]$ , then  $H(\mathbf{a})$  will have explained  $e_{m+1} \equiv (b_{m+1} \& p_{m+1})$  in a non-adhoc way. Generally speaking, strong evidential support goes hand in hand with overdetermination: if  $m$  experimental results suffice to fix the  $n$  parameters  $a_1, \dots, a_n$  in  $H(a_1, \dots, a_n)$ , then any number of facts in excess of  $m$  can either refute or else strongly confirm  $H(a_1, \dots, a_n)$ ; for any  $m$  data would, in this hypothetical case, uniquely determine  $a_1, \dots, a_n$ ; while the remaining facts might turn out to be either incompatible with, or else subsumed by  $H(a_1, \dots, a_n)$ . In the latter case,  $H(a_1, \dots, a_n)$  will have been corroborated.

## 5.4 The Acceptability of Potential Falsifiers

As already mentioned, Kuhn held that factual statements are paradigm-dependent. This view parallels Popper's (and Lakatos's) thesis of the theory-ladenness of potential falsifiers (basic statements) (LSD, sections 18 [p. 44–46], 22 [p. 54 footnote 1] and 25 [p. 60 f.]; see also Popper 1979, chap. 2, section 18, p. 71 f.; Lakatos 1992, p. 23; Kuhn 1970, chap. 6–8, p. 55–79).

Popper's demarcation criterion might lead one to believe that the impossibility of verifying universal propositions flows from the physical impossibility of performing infinitely many tasks; while the possibility of falsification rests on the feasibility – in principle – of observing finitely many items in order to decide the truth-value of a potential falsifier. Popper however goes out of his way to assert that observation – qua process grounded in perception – bears no epistemological relation to basic statements. Sense-experience may *motivate* us to accept a falsifier but it provides *no reason* for doing so:

“I admit again that the decision to accept a basic statement and to be satisfied with it is causally connected with our experiences – especially with our *perceptual experiences*. But we do not attempt to *justify* basic statements by these experiences. Experiences *can motivate a decision*, and hence an acceptance or rejection

of a statement, but a basic statement cannot be *justified* by them – no more than by thumping the table.” (LSD, section 29, p. 71.)

Basic statements can and should be objective propositions about the world. Not only are they theory-laden, they moreover consist of low-level hypotheses containing dispositional terms; their verification is therefore impossible and it certainly has nothing to do with any observer’s perceptions. A basic statement is acceptable iff there is *intersubjective agreement* about its truth-value. Such acceptance can be revised and is therefore non-dogmatic; but when carefully examined, such a “revision” simply means that the previously accepted proposition, when taken in conjunction with other hypotheses, might be rejected as a result of a fresh agreement about some other “falsifier”. At no point does this potentially infinite process involve truly *epistemological* considerations, i. e. considerations linking the truth-value of the basic statement either to the act of observation or to that of reaching a consensus.

This view of the empirical basis threatens to destroy the presumed asymmetry between verification and falsification; for we now have a proposition, dubbed “theory H”, confronting another proposition which we call “basic statement B” (see Zahar 1995, section 5). Despite these labels, all we are entitled to assert is the logical incompatibility of H and B. Thus the relationship between H and B is perfectly symmetric. Popper admittedly describes B as a *low-level hypothesis*, but this is of no great help; for since H neither entails nor follows from B, the levels of H and B are not comparable except in some vague intuitive sense. More seriously: nothing in Popper’s analysis tells us that the hypotheses impregnating B are less risky than H. All we can truly claim is that over the past 400 years or so, science has pursued a largely empiricist policy; i. e. scientists have reached agreement over propositions having superficially the same form as “B” rather than over statements resembling “H” (see Zahar 1989b). But as conceded by Popper himself, we can offer no scientific explanation of the social success of this empiricist strategy. Worse still: we cannot explain why this policy issued in great technological breakthroughs. The latter are taken to depend on the truth, the probable truth or the approximate truth of some consequences of our theories; or at least on our having, by and large, rejected false hypotheses

rather than accepted false basic statements. Yet truth-considerations have so far played no role in Popper's methodology. Thus sustained technological progress becomes an ongoing miracle.

Let us call Popper's view of basic statements the conventionalist view or conventionalist thesis. Clearly, this thesis is unashamedly sociological and it is so because a transcendental critique has, in Popper's opinion, shown its psychologistic rivals to be incompatible with successful scientific practice.

I shall now describe an alternative position which I propose to defend, namely the phenomenological view of observation. Following John Watkins, I shall say of a singular sentence  $p'$  that it expresses a level-0 proposition if  $p'$  describes, in the first person, the immediate contents of some speaker's consciousness (Watkins 1984, p. 79–84). Examples of such sentences are: "I feel pain (now)", "I seem to be perceiving a red patch", etc. It will be taken for granted that the truth-value of such a proposition is *logically* independent of all transcendent states-of-affairs, i. e. of all events occurring outside the speaker's consciousness. This is why level-0 statements are also referred to as immanent, autopsychological or phenomenologically reduced propositions. According to the phenomenological view of observation, all basic statements can in the last analysis be reduced to level-0 sentences; where "reduced to" does not mean: logically equivalent to. More precisely: let  $p$  be a sentence describing some physical process, e. g.: the current is on; and let  $p'$  be the proposition, expressed in phenomenological terms, that a certain spot is seen to move; we shall take  $p'$  to describe a sequence of perceptions correlated with  $p$ . It can be said that  $p'$  is the result of a phenomenological reduction which eliminates from  $p$  all references to a mind-independent reality. According to the phenomenological view, all experimental results can be expressed by sentences of the same form as  $p'$  and can thus effectively verify or falsify such sentences. The phenomenological thesis presupposes the existence of psycho-physical laws  $A$  such that:  $A \Rightarrow (p \leftrightarrow p')$ , where  $\Rightarrow$  represents logical implication and  $\leftrightarrow$  material equivalence.  $A$  will contain clauses about the reliability of the instruments used during some experiment and about the observer's mental and physical state (e. g. the precondition that he is not colour-blind). It is important to note that  $A$  should be regarded as undergoing the same test as the

core hypothesis  $H$  to which  $A$  is appended.  $A$  is therefore contingent so that  $p$  is, not logically, but materially equivalent to  $p'$ .

In order to test a complex system  $S$  one of whose components is  $A$ , one extracts from  $S$ , taken together with some boundary conditions  $p$ , a prediction  $q$ . Thus:  $S \Rightarrow A$  and  $S \Rightarrow (p \rightarrow q)$ . (The core theory in  $S$  will generally entail  $p \rightarrow q$  without the help of  $A$ ). To  $p$  and  $q$  correspond autopsychological sentences  $p'$  and  $q'$  such that:  $A \Rightarrow (p \leftrightarrow p')$  and  $A \Rightarrow (q \leftrightarrow q')$ . It follows that:  $S \Rightarrow (p' \rightarrow q')$ . (Note that in order to obtain this last implication, we need only assume  $A \Rightarrow (p' \rightarrow p)$  and  $A \Rightarrow (q \rightarrow q')$ ).

Letting  $\neg$  represent negation,  $S$  will be refutable by propositions like  $p' \& \neg q'$  whose truth-value can be effectively decided. Note that Popper is prepared to accept  $p \& \neg q$  as a potential falsifier whereas, according to the phenomenological thesis, only statements of the form  $p' \& \neg q'$  are admissible as observation reports. But contrary to Popper's view, the phenomenological thesis implies that there is practically no possibility of error at the autopsychological level (It could restrict itself to explaining why we are *less likely* to be mistaken at the observational than at the theoretical level).

The phenomenological position, should it turn out to be correct, would clearly reinforce falsificationism at the cost of complicating the Duhem-Quine problem. On the one hand, falsifications would no longer be a matter of convention, for we can now *ascertain* the truth of propositions of the form  $p' \& \neg q'$ , hence the falsity of some global system under test. This would block the anarchist conclusions which P. Feyerabend justifiably drew from Popper's position (Feyerabend 1975, p. 55–68). On the other hand, the phenomenological thesis has to allow into every scientific discipline some psycho-physical laws linking physical processes to mental phenomena; which greatly increases the complexity of the Duhem-Quine problem. The question arises as to which of the two positions gets the balance right.

Using Popper's own transcendental method, I propose to show that scientific praxis closely conforms to the phenomenological thesis; that the latter moreover turns out, from the dialectical viewpoint, to contain the valid aspects while avoiding most of the defects of its conventionalist rival. The phenomenological view will furthermore be seen to entail that repeatability

and intersubjective testability are desirable features arising from the nature of the Duhem-Quine problem; but that these desiderata should not be built into the *definition* of a potential falsifier. I shall finally try to show that the conventionalist thesis has intuitively unacceptable consequences, e. g. implications incompatible with some of Popper's own value-judgements.

Let me start by mentioning an example to which the method of transcendental criticism can be applied. In 1926 D. C. Miller claimed to have performed a variant of the Michelson-Morley experiment, thereby establishing a result which contradicts Special Relativity (henceforth referred to as SR). The experiment was repeated but no results similar to Miller's were obtained. According to the conventionalist view, Miller's alleged basic statements have no objective value, hence need not be taken seriously by science. But M. Born, far from ignoring Miller's claim, paid a visit to Miller and inspected his experimental set up; he concluded that the instruments used by Miller were unreliable (see Einstein/Born 1969, p. 107-128). The phenomenological thesis, as opposed to its conventionalist rival, provides a rationale for Born's attitude. Let  $e$  be the result announced by Miller and let  $e'$  be its autopsychological counterpart. We have:  $(R \ \& \ A) \Rightarrow (e \leftrightarrow e')$  and  $R \Rightarrow \neg e$ ; hence:  $(R \ \& \ A) \Rightarrow \neg e'$ ; where  $R$  denotes SR, and  $A$  some complex hypothesis asserting, among other things, that the instruments used by Miller were reliable. Born's decision to visit Miller can be rationally explained if  $e'$  is taken to be true and if Born intended to save  $R$  by refuting  $A$ . It should by now have become obvious that the Duhem-Quine problem plays a central role in the analysis of complex experimental situations; moreover, that repetitions and intersubjective agreements are intended to exclude the likelihood of random factors nullifying some of the auxiliary assumptions.

Let me characterize this test-structure by fixing exclusively on the formal aspect of the above schemes, i. e. by abstracting from the particular meanings of  $R$ ,  $A$ ,  $e$  and  $e'$ .

If  $\neg e'$  is experimentally verified, then  $R \ \& \ A$  is corroborated; so we can provisionally accept  $R \ \& \ A$  and hence also  $\neg e$ , since  $(R \ \& \ A) \Rightarrow (\neg e \leftrightarrow \neg e')$ . In these circumstances, scientists do not normally bother to formulate  $\neg e'$  explicitly; they short-circuit the autopsychological proposition  $\neg e'$  and affirm only its realist counterpart  $\neg e$ , thus concluding that  $R \ \& \ A$  has been confirmed.

The omission of any mention of  $\neg e'$  (understandably) gives rise to the impression that  $\neg e$ , though denoting a physical as distinct from a phenomenal state-of-affairs, is nonetheless a basic statement.

The situation can however change dramatically, should a refutation occur; i. e. should  $e'$  be verified. A double move then takes place. On the one hand, there is a retreat towards the phenomenological kernel  $e'$  which, being warranted by the experiment, is immune to doubt; but one no longer accepts the "objective" proposition  $e$  since the material equivalence between  $e'$  and  $e$  now follows from a falsified hypothesis, namely from  $R \& A$ . On the other hand, one tries to formulate explicitly all the premises used in the derivation of  $\neg e'$  from  $R \& A$ ; i. e. one seeks to determine all the distinct components of both  $R$  and  $A$ . This operation, though possible in principle, often turns out to be difficult in practice; it serves to identify all the hypotheses which might be incriminated by the truth of  $e'$ ; i. e. it determines the extent of the Duhem-Quine problem. Given the logical force of refutations, it is highly desirable to repeat the experiment in order to know whether chance-like events might not have falsified the auxiliary hypothesis  $A$  and thus accounted for the result  $e'$ . Let us analyse in some detail what happens in this situation: for any given  $e'$ ,  $A$  will be expressible in the form:  $A \equiv A' \& A_1$ , where  $A_1$  is a specific proposition about the reliability of the instruments used in some experiment and about the observer's mental and physical health;  $A_1$  may also contain the ceteris paribus condition that, during the experiment in question, only the factors explicitly mentioned by  $R$  came into play. Thus:  $R \& A \equiv R' \& A_1$ , where  $R' \equiv R \& A'$ . Having the experiment repeated at different times, in different places and by different observers comes down to modifying  $A_1$  into  $A_2$ , then into  $A_3$ , ..., finally into  $A_n$ , where  $A_1, \dots, A_n$  describe  $n$  independent states-of-affairs. At this point we have to examine two possibilities:

(a) If each of the  $n$  experiments yields a refutation, then, in order to rescue  $R'$ , we have to assume the falsity of  $A_1$  and of  $A_2, \dots$  and of  $A_n$ , i. e. we must postulate the occurrence of  $n$  independent events whose probabilities would have to be multiplied. Hence there is a good reason for supposing that  $R'$  has been refuted; which narrows the scope of the Duhem-

Quine problem from  $R' \& A_1 \equiv R \& A' \& A_1$  down to  $R' \equiv R \& A'$  (see above, p. 2).

(b) If  $R' \& A_1$  is falsified (by  $e'$ ) but all of  $R' \& A_2, \dots, R' \& A_n$  are confirmed, then, following Einstein, we could conclude that  $e'$  must have refuted, not  $R'$ , but the auxiliary assumption  $A_1$ . But given the crucial nature of the experiment, Born wisely decided to go much further than Einstein: he effectively refuted the premise  $A_1$  and more particularly the clause in  $A_1$  stating that the instruments used by Miller were reliable. Be it as it may, both Einstein and Born agreed that Miller truthfully reported what he saw; i. e. they took the autopsychological statement  $e'$  for granted. Thus, repeating the same experiment was not designed to confer objective status on  $e'$  but to deal more effectively with the Duhem-Quine problem.

Popper is nonetheless right in implicitly holding that the identification of a faulty auxiliary assumption like  $A_1$  does not, by itself, constitute great progress. From a rigorously logical viewpoint, Born saved SR without thereby explaining Miller's results; for even if  $A_1$  is refuted, i. e. even if  $\neg A_1$  is established,  $(R' \& A_1) \Rightarrow \neg e'$  need not entail  $(R' \& \neg A_1) \Rightarrow e'$ ; so  $e'$  remains unexplained. To try *directly* to account for  $e'$  might moreover be counterproductive and even lead the scientist astray; he may be taken out of the domain of physics and into that of psychology; or he may set himself the impossible task of identifying intrinsically random factors. The situation could however change in a dramatically revealing way. Suppose that  $e'$  refutes  $R \& A$  but that we have been unable either to refute  $A$  directly or to reproduce  $e'$  (i. e. to falsify  $R' \& A_2$ , or  $R' \& A_3$ , ..., or  $R' \& A_n$ ). Suppose further that, by a route independent of  $e'$ , we subsequently constructed a theory  $R^* \& A^*$  which yields  $e'$ , explains why  $e'$  could not be reproduced and is otherwise observationally equivalent to  $R \& A$ .  $A^*$  might e. g. take account of meteorological conditions which skew some experimental results; and we might retrospectively realize that very rare and abnormal weather conditions obtained at the time when the experiment yielding  $e'$  was carried out. Despite the fact that it describes a unique event,  $e'$  would clearly be taken to confirm  $R^* \& A^*$  against  $R \& A$ . Though not reproducible,  $e'$  would thus have undermined  $R \& A$ . Note that corroboration is logically weaker than refutation and remains provisional. Whereas falsification

is irreversible, the confirmation of  $R^*$  &  $A^*$  by  $e'$  does not protect  $R^*$  &  $A^*$  against being refuted by the next test. This is why we *risk very little* by accepting that the unique event  $e'$  corroborates  $R^*$  &  $A^*$ . It is of course preferable to repeat even a confirming experiment in order to reduce the probability of its outcome being due to random factors; but repetition plays a less important role in the case of corroboration than in that of empirical refutation.

To summarize: If an experimental result  $e'$  refutes some conjunction  $R$  &  $A$  and even if  $e'$  is not reproducible, such a refutation should be taken seriously; we could, without further ado, impute  $e'$  to  $\neg A$  (Einstein's attitude), but it is preferable effectively to falsify  $A$  (Born's decision). If  $e'$  both refutes  $R$  &  $A$  and is reproduced several times with the same falsifying effect, we can reasonably conjecture that the central theory, which may well be some proposition  $R'$  stronger than  $R$ , is false. Thus the repetition of a refuting experiment  $e'$  is to be strongly recommended without however being made mandatory; it enables us to locate errors more precisely, i. e. to narrow the scope of the Duhem-Quine problem. If, on the contrary,  $e'$  follows from  $R$  &  $A$  and even if  $e'$  should in principle be unrepeatable,  $R$  &  $A$  is still to be regarded as corroborated by  $e'$ . It remains of course preferable to confirm  $R$  &  $A$  by means of repeated tests. The essential point is that this whole logic of appraisal presupposes both the objective status and the truth of a single autopsychological statement  $e'$ .

## 5.5 Phenomenology and Demarcation

It might appear at first sight that the differences between Popper's and the phenomenological position are insignificant. However, the conventionalist thesis has unacceptable consequences which its phenomenological rival manages to avoid. E. g., from the conventionalist viewpoint, descriptions of dreams cannot provide tests for psychological theories. A dream is an intrinsically private phenomenon whose repetition, even in the case of one and the same person, poses insuperable problems. Admittedly, certain aspects of a dream might recur but one can hardly speak of repetitions in the sense in which a physical experiment can be rerun in a controlled way. As for the question of intersub-

jectivity, it is difficult to see how it could even arise in the case of purely subjective phenomena. In a laboratory, a number of technicians can look through the same microscope at the same blood sample and reach the same conclusions; but it would be absurd to ask these technicians to “observe”, i. e. to experience the same dream. Yet Popper would surely not want a priori to deny any scientific status to psychology.

There is another objection to the conventionalist thesis, which Popper calls the “Robinson Crusoe objection” (Popper 1994, section 11, p. 132–135). It follows from Popper’s definition of a potential falsifier that no individual on his own, e. g. a Robinson Crusoe stranded on an island, can pursue any science; for there would then be no possibility for different persons of repeating the same tests and hence of reaching any intersubjective agreements. This conclusion is, to my mind, totally unacceptable. First note that Crusoe need not invent any sophisticated hypotheses comparable to those of modern physics; he might however construct simple laws about regularities in his environment and use these laws in order to survive. He would thereby be testing his theories and hopefully surviving the successive tests. His discoveries and successes need not be miraculous. Should he regrettably succumb as a result of his first test, then his hypotheses ought certainly to qualify as scientific; for they would have been refuted, thus sadly preventing him from repeating the experiment. This conclusion holds good even in cases where the test can in principle be performed only once. Thus even the possibility of having the same experiment repeated by the same person constitutes no essential requirement. As its name indicates, physical science is founded on man’s relation to nature which acts on his senses and brain, thus finally reaching his consciousness. Only at this last stage does man’s contact with nature occur unmediated; which is why scientists subscribe to the perceptual and not to the sociological view of observation. To the extent that Crusoe tries out his laws and corrects and uses them in mastering his environment, he ought to be practising physical science. Naturally, he does not possess as efficient a method of eradicating error as we do; if he is colour-blind, he might well perish in circumstances under which we should have a greater chance of surviving; but he could conceivably develop a theory about frequencies enabling him indirectly to distinguish

between all (physical) colours. He is in greater need of luck than we are, but we collectively need a lot of luck too. Thus favourable social conditions provide additional means of detecting error, i. e. of unravelling the Duhem-Quine problem; but they are not of the essence. Anyway, methodologies should remain neutral vis-a-vis such contingencies.

We now have to examine a “paradox” which seems to threaten the phenomenological thesis. According to Popper, this thesis entails that science rests on a subjective feeling of conviction guaranteeing the truth of basic statements (LSD, chap. 5, section 30, p. 71–76; also Popper 1994, section 11, p. 120 f.). The nature and reliability of such feelings are studied by empirical psychology, which in turn stands in need of being tested by basic statements. We are thus allegedly involved in some kind of vicious circularity.

Let us first remark that should this argument prove valid, then the conventionalist thesis will have to face a similar difficulty. Sociology investigates, e. g., how certain consensuses come about, whether they are due to purely ideological and social factors or whether they are in part influenced by objective considerations. Sociology may also examine whether and under what conditions various consensual agreements turn out to be mutually consistent; but the conventionalist thesis requires that social science itself be tested by reports underwritten by some consensus. Of course, a sociological theory might tell us that the consensus in question is well-founded; but this theory could well be the one undergoing the test, so that its status is initially uncertain; or else it may imply that only superstitious beliefs led to the consensus in question. In neither case can we make use of these allegedly factual reports in order to refute or to confirm the hypothesis under test. Popper was aware of this paradox when he conceded:

“Why there are such [basic] propositions, why objections are not raised against every decision or why decisions do not lead to contradictions, this question, like all questions about the grounds of the possibility of knowledge is scientifically impermissible ...” (Popper 1994, section 11, p. 132).

Despite the coherence of Popper’s position, I find the above conclusion puzzling. There ought to be no good reason for excluding a priori the possibility for science of explaining the

occurrence of consistent intersubjective agreements in terms, say, of the observers' common biological make up and of their shared social environment. It is anyway far from clear that the circularity of the phenomenological thesis – supposing there is any circularity at all – need be vicious. Let us call all propositions which describe perceived colours, sounds, shapes, etc. *strict protocol statements*. Psychology could well explain the feeling of certainty attaching to such strict protocol sentences through theories tested by reports of the form: "I experience a strong evidential feeling when uttering the sentence: I now see a red patch." This autopsychological sentence is of a different order from that of the strict protocol statement: "I see a red patch"; it belongs to a type higher than the one investigated by the perceptual hypothesis under test. This stratification into reports about primary, and descriptions of secondary acts of consciousness avoids all vicious circularity. Finally and most importantly, neither the truth nor the certainty of autopsychological propositions is based on any feelings of conviction, but on purely phenomenological analyses. Let me formulate what seems to be the kernel of Descartes's, Brentano's and Husserl's views about the nature of human error.<sup>1</sup> Every act of knowledge involves the presence both of a subject and of an object; and there is some possibility of error as long as the object transcends the subject; for the latter might then be intrinsically incapable of adequately reflecting the attributes of his object. The subject can however carry out a phenomenological reduction consisting in the elimination from a given report of all *direct* references to any reality external to the mind. The object will thus coincide with, or at any rate become part of the subject. In this way, a privileged access is established from the one to the other. Consciousness then directly apprehends, i. e. it becomes transparent to itself. Being and knowing are fused into one activity, hence all possibility of error vanishes (see Zahar 1995, section 7, p. 63–72).

No matter what one might otherwise think of this analysis, it is definitely not reducible to the *psychology* of subjective experiences of certainty. In the course of a dream we might experience a much more acute feeling of conviction about some *allegedly*

1 See R. Descartes, *Méditations Métaphysiques*, Méditations 1&2; F. Brentano, *Psychologie vom empirischen Standpunkt*, vol. 3, Hamburg 1968, p. 1–11; E. Husserl, *Ideen 1*, Tübingen 1980, §§ 30 & 22, p. 52–57.

external state-of-affairs than, later, about its phenomenologically reduced correlate; but phenomenological analysis demonstrates, *by argument*, that our second feeling of certainty is well-founded whereas the first one is not. As a result of this analysis, we may naturally develop new feelings of conviction about the truth of certain conclusions, which will necessarily be of level zero. Mathematical proofs similarly give rise to feelings of conviction with regard to theorems which initially sounded implausible. This does not mean that logic or mathematics is psychological. The same applies to phenomenology.

Scientific praxis is thus based not on any strong feeling for the truth, but simply on the truth of autopsychological statements; a truth which only *pure phenomenology* – as distinct from *empirical psychology* – can account for. Anyway, like any science, psychology itself presupposes certain level-0 reports as basic statements. Scientific method could therefore appeal to phenomenology in order to found the truth of protocol sentences. It could alternatively rest satisfied with the certainty of these sentences without pushing its investigations any further (this is in effect what Brentano finally decided to do). Since scientific praxis is not grounded in any feelings about protocol statements but in these statements themselves – or else in pure phenomenology – the nature of such feelings can in principle be consistently explained by an empirical science, e. g. by experimental psychology. All circularity is thus avoided and the paradox adduced by Popper resolved.

Let me now adopt an alternative approach to the problem of the empirical basis, an approach based on Tarski's semantic theory of truth. I shall show that a close examination of Tarski's truth-schema and of its relevance to scientific realism leads, by a route different from the one followed above, to the same phenomenological conclusions.

Let us note that the conventionalist thesis fits in badly with the whole spirit of Popperian philosophy. The latter is so to speak wedded to the correspondence theory of truth; and as admitted by Popper himself, the intersubjective agreement which must precede the acceptance of any potential falsifier does not bear on the latter's truth-value. The existence of a consensus should therefore play no decisive role in our *acceptance of a proposition as true*; yet it is only the presumed *truth* of some basic statement b

which entitles us to pronounce a theory *false* rather than merely *inconsistent with b*.

Let us now consider the Tarskian scheme:  $\text{Tr}(p) \ll p$  where, for any sentence  $p$ ,  $p$  denotes a name of  $p$ . In order to decide the truth-value of  $p$ , we must be able to apply this scheme effectively; i. e. we should be in a position to apprehend both a proposition and the state-of-affairs it purports to describe. Since language is of our own creation, we at least have direct access to the linguistic entity  $p$ . The main problem lies with the state-of-affairs signified by  $p$ . As explained above, Descartes established that no transcendent reality is directly accessible to us. Even if the external world existed, we could at best come to know it by description, i. e. via hypotheses whose truth is in turn subject to the Tarskian scheme (Brentano 1968, p. 12–21). Our problem would thus be merely shifted, not solved. In the case of a mind-independent reality, we consequently have unmediated access only to language; we cannot leap out of ourselves and directly partake in some external process, which we would then proceed to fill into the right-hand side of the truth-scheme. Thus we need another domain which should be known to us by acquaintance, not by description (Russell 1962, p. 46–59). In our inner phenomenological sphere, there occurs a duplication through which the subject turns himself into his own object; the subject thus puts himself in a position to apprehend simultaneously his language and his internal states; he will then be able to give a direct description of his own thought-processes. I think that every carefully conducted experiment involves not only consciousness but also self-consciousness; that is: it brings into play both primary and secondary, i. e. both direct and reflexive mental acts. On the one hand, the observer considers a phenomenological prediction of some hypothesis which is under test; on the other, he will *reflect* on what he observes and e. g. asks himself whether he really perceives a red patch in front of him. He will moreover carry out a phenomenological reduction through refraining from all assumptions about any transcendent reality. To repeat: his consciousness will be reflexive; he will not only observe but also watch himself observing. There is a striking parallel between the three levels: Metalanguage-Object Language-States of Affairs, on the one hand, and the Sartrean triplet: Reflecting Consciousness-Language-Reflected Consciousness, on the other (Sartre 1981, p. 26–37).

The phenomenological reduction adhered to in the course of an experiment constitutes the objectivity and neutrality, which are the essential precondition to an empirical test being regarded as conclusive. Unlike Michelson, a scrupulous experimenter will not assert that he detected some ether-drag; he will abstain from any realistic ether-hypothesis and restrict himself to saying that he failed to observe certain fringes move; where “fringes” and “move” are given strictly *phenomenal* meanings; he can of course legitimately claim having *thought* that the ether had been carried along by the earth’s motion (see Zahar 1989a, p. 5 f.). All these statements are simple descriptions of his immanent states of consciousness.

Let us take up once again the example mentioned above:  $p \equiv$  the current is on,  $p' \equiv$  I see what I take to be the arm of a galvanometer move. Again, suppose that A is some psycho-physical theory implying the (material) equivalence of  $p$  and  $p'$ ; i. e.  $A \Rightarrow p \leftrightarrow p'$ . We have seen that  $p$  and  $p'$  have entirely different meanings:  $p$  refers to a physical state-of-affairs while  $p'$  describes a series of observations. Hence  $p$  cannot be *logically* equivalent to  $p'$ ; and a sequence of observations can correspond, in the sense of the correspondence theory of truth, to  $p'$  or to  $\neg p'$ , never to  $p$  or to  $\neg p$ . Of course, one could by fiat stipulate that  $p$  is nothing but shorthand for  $p'$ . This was in effect the solution proposed by Poincaré in order to restore infallibility to crude factual statements (Poincaré 1906, p. 227). But the logical connection between  $p$  and any physical theory H would then be severed, thus defeating our purpose of observationally testing this theory by means of  $p'$ . Hence  $p$  is not merely another way of expressing  $p'$ ;  $p$  is only contingently linked to  $p'$  through some hypothesis A which often remains implicit.

In order for us to know, no matter how tentatively, that a theory has been falsified, we therefore have to resort to the phenomenological level which occupies a privileged position both from the psychological and from the epistemological viewpoint; for only at this level can a semantic relation between sentences and states-of-affairs be ascertained. Without fear of formal contradiction, it could still be maintained that we remain fallible even at this subjective level. However, if our decision both to aim at the truth and to accept “verified” basic statements rather than the hypotheses which they contradict is to be ration-

al, then we must, for one reason or another, be *less likely to be mistaken about our inner experience than about the state of the external world* (Russell 1962, p. 60–81). Phenomenology offers such a (good) reason. Hence a minimal involvement in phenomenology is dictated by scientific realism. And it is because they instinctively adhere both to realism and to the correspondence theory of truth that scientists also adopt, if only tacitly, the phenomenological thesis regarding the empirical basis of all the sciences.

## Bibliography

- Albert, Hans (1975): *Traktat über kritische Vernunft*, Tübingen.
- Brentano, Franz (1968): *Psychologie vom empirischen Standpunkt*, Bd. 3: *Vom sinnlichen und noetischen Bewußtsein*, hrsg. von Oskar Kraus, Hamburg.
- Duhem, Pierre (1981): *La théorie physique*, Paris.
- Einstein, Albert/Born, Max (1969): *Briefwechsel 1916–1955*, München.
- Feyerabend, Paul K. (1975): *Against Method*, London.
- Kraft, Victor (1968): *Der Wiener Kreis*, Wien.
- Kuhn, Thomas S. (1970): *The Structure of Scientific Revolutions*, Chicago.
- Lakatos, Imre (1992): *The Methodology of Scientific Research Programmes*, ed. by J. Worrall and G. Currie, Cambridge.
- Poincaré, Henri (1906): *La Valeur de la Science*, Paris.
- Popper, Karl R. (1965): *Conjectures and Refutations*, London.
- Popper, Karl R. (1969): *Logik der Forschung*, Tübingen.
- Popper, Karl R. (1979): *Objective Knowledge*, Oxford.
- Popper, Karl R. (1994): *Die beiden Grundprobleme der Erkenntnistheorie*, Tübingen.
- Russell, Bertrand (1962): *The Problems of Philosophy*, Oxford.
- Sartre, Jean-Paul (1981): *La Transcendance de l'Égo*, Paris.
- Schilpp, Paul A. (1949): *Einstein: Philosopher-Scientist*, New York.
- Watkins, John W. N. (1984): *Science and Scepticism*, Princeton, N. J.
- Zahar, Elie G. (1989a): *Einstein's Revolution, a Study in Heuristic*, La Salle, Ill.
- Zahar, Elie G. (1989b): "John Watkins on the Empirical Basis and the Corroboration of Scientific Theories", in: F. D'Agostino and I. C. Jarvie (eds.), *Freedom and Rationality*, Dordrecht.
- Zahar, Elie G. (1995): "The Problem of the Empirical Basis", in: A. O'Hear (ed.), *Karl Popper: Philosophy and Problems*, Cambridge.
- Zahar, Elie G. (1998): "Das Duhem-Quine Problem", in: *Logos*, Heft 12, Juni 1998, (Band 5).
- Zahar, Elie G. (2001): *Poincaré's Philosophy: From Conventionalism to Phenomenology*, La Salle, Illinois (especially Chapters 1 & 2).



---

Volker Gadenne

## Bewährung

Der *kritische Rationalismus* ist eine Philosophie, die das menschliche Nichtwissen betont, die *Fehlbarkeit* in der menschlichen Erkenntnis. Es hat auch andere Philosophen gegeben, die das Nichtwissen hervorgehoben haben. Popper selbst zitiert in seinen Werken mehrfach den Vorsokratiker Xenophanes. Es gibt aber keinen anderen Philosophen oder Wissenschaftstheoretiker, der die Fehlbarkeit und die kritische Methode so systematisch ausgearbeitet und in den Mittelpunkt einer Erkenntnis- und Wissenschaftstheorie gestellt hat wie Popper. Dies ist es vor allem, was seine Lehre von anderen Denkrichtungen unterscheidet. Aber kann man denn auf Begründung und Rechtfertigung ganz verzichten? Hat Kritik überhaupt noch einen Wert, wenn sie nicht indirekt dazu beiträgt, zu Erkenntnis in einem positiven Sinne zu gelangen? Ist der kritische Rationalismus etwa eine spezielle Form des *Skeptizismus*? Es ist eindeutig, daß Popper nicht auf einen Skeptizismus hinaus wollte. Er sah es als das Ziel der Wissenschaft an, zu immer besseren Theorien zu gelangen, die der Wahrheit immer näher kommen, die immer zutreffendere Darstellungen der objektiven Realität geben. Bereits in *Logik der Forschung* (Popper 1935/1994a) findet sich ein Begriff, der dazu dient, eine positive Beurteilung einer Hypothese oder Theorie auszusprechen: der Begriff der *Bewährung*. Eine Hypothese oder Theorie kann sich bewähren, indem sie kritischen Prüfversuchen standhält. Was Bewährung genau ist und welche Rolle sie in Poppers Methodologie spielt, wird an verschiedenen Textstellen von *Logik der Forschung* dargelegt.

Kapitel X trägt den Titel „Bewährung“, und im Teil „Neuer Anhang“ gibt es einen Abschnitt (\*IX), in dem es ebenfalls um Bewährung geht. Weiterhin gibt es zahlreiche einzelne, im Text verstreute Bemerkungen. Wichtig zum Verständnis von Poppers Theorie der Bewährung sind auch eine Reihe von Ausführungen aus anderen, später entstandenen Werken. Es ist zweckmäßig, die Gesamtheit dieser Bemerkungen zu systematisieren und folgenden Fragen zuzuordnen: 1) Unter welchen Bedingungen soll einer Hypothese Bewährung zugeschrieben werden, und wovon hängt der Bewährungsgrad ab? 2) Welche Beziehungen bestehen zwischen Bewährung, Wahrscheinlichkeit und Wahrheit? 3) Kann ein negatives Bewährungsurteil (Falsifikation) zurückgenommen und in ein positives umgeformt werden? 4) Welche Beziehung besteht zwischen Bewährung und rationalem Fürwahrhalten?

## 6.1 Bewährung, Prüfbarkeitsgrad und strenge Prüfversuche

Von der Bewährung einer Hypothese oder Theorie wird bereits auf den ersten Seiten der *Logik* gesprochen. Popper stellt dort dar, wie die empirische Prüfung einer Theorie vor sich geht (er bezeichnet eine Theorie hierbei als ein „System“; gemeint ist ein System von Gesetzhypothesen): „Aus dem System werden (unter Verwendung bereits anerkannter Sätze) empirisch möglichst leicht nachprüfbar bzw. anwendbare singuläre Folgerungen („Prognosen“) deduziert und aus diesen insbesondere jene ausgewählt, die aus bekannten Systemen nicht ableitbar sind bzw. mit ihnen in Widerspruch stehen. Über diese – und andere – Folgerungen wird nun im Zusammenhang mit der praktischen Anwendung, den Experimenten usw., entschieden. Fällt die Entscheidung positiv aus, werden die singulären Folgerungen anerkannt, *verifiziert*, so hat das System die Prüfung vorläufig bestanden; wir haben keinen Anlaß, es zu verwerfen. Fällt eine Entscheidung negativ aus, werden Folgerungen *falsifiziert*, so trifft die Falsifikation auch das System, aus dem sie deduziert wurden.

Die positive Entscheidung kann das System immer nur vorläufig stützen; es kann durch spätere negative Entscheidungen immer wieder umgestoßen werden. Solange ein System einge-

henden und strengen deduktiven Nachprüfungen standhält und durch die fortschreitende Entwicklung der Wissenschaft nicht überholt wird, sagen wir, daß es sich *bewährt*.

Induktionslogische Elemente treten in dem hier skizzierten Verfahren nicht auf; niemals schließen wir von der Geltung der singulären Sätze auf die der Theorien. Auch durch ihre verifizierten Folgerungen können Theorien niemals als ‚wahr‘ oder auch nur als ‚wahrscheinlich‘ erwiesen werden“ (1935/1994a, S. 8).

In Kapitel X mit dem Titel „Bewährung“ führt Popper erneut aus (in Anm. \*1), daß die Begriffe *Bewährung* und *Bewährungsgrad* den Grad kennzeichnen, in dem eine Hypothese *strengen Prüfungen* standgehalten hat. Diese Verknüpfung von Bewährung mit der Strenge von Prüfversuchen ist von zentraler Bedeutung innerhalb der Falsifikationstheorie. Angenommen, die Theorie T sei zu prüfen. Aus T und den Randbedingungen A kann die Prüfaussage P deduktiv abgeleitet werden. T ist ein System von allgemeinen Aussagen. (Wir beziehen im folgenden jedoch immer den Grenzfall mit ein, daß mit „T“ eine einzelne Gesetzhypothese gemeint ist.) A und P sind singuläre Aussagen. T könnte z. B. die Gesetzhypothese sein: „Wenn man ein Stück Metall erhitzt, dann dehnt es sich aus.“ A könnte die Aussage sein: „Dieses Stück Metall wurde erhitzt.“ Und P wäre in diesem Fall die Vorhersage: „Dieses Stück Metall wird sich ausdehnen.“

Das Ergebnis eines solchen Prüfversuches kann entweder „A und P“, oder aber „A und Non-P“ sein. Falls der *Basissatz* „A und Non-P“ akzeptiert wird, so hätte dies eine Falsifikation von T zur Folge. Ist der Befund „A und P“ deshalb als *Bewährung* von T zu werten? Nach vielen Auffassungen über die Bestätigung von Theorien würde man die Frage bejahen, aber gerade in diesem Punkt sagt die Falsifikationstheorie etwas anderes und verlangt zusätzliche Bedingungen: Für Bewährung genügt es nicht, daß P aus T zusammen mit A deduziert werden kann; zusätzlich muß „A und P“ das Ergebnis eines *strengen* (oder „ernstzunehmenden“) Prüfversuches sein. Ein solcher Prüfversuch ist z. B. nicht gegeben, wenn mir beim Frühstück ein Honigbrot zu Boden fällt und ich nun auf die Idee käme, dies als erneute Bewährung der Gravitationstheorie Newtons werten zu wollen. Dagegen waren die Bedingungen einer strengen Prü-

fung erfüllt, als man am 29. Mai 1919 Albert Einsteins allgemeine Relativitätstheorie überprüfte: Zwei britische Expeditionen fotografierten während einer Sonnenfinsternis (eine günstige Situation für diesen Test) die Sterne in der Nähe der Sonne, und man kam zu dem Ergebnis, daß das Licht dieser Sterne durch die Gravitation der Sonne um einen bestimmten Winkel abgelenkt wurde – wie es mit Hilfe von Einsteins Theorie vorhergesagt worden war. Es handelte sich um eine kühne, für die Theorie riskante Vorhersage, denn nach herkömmlichem Wissen, nach der Theorie Newtons, hätte diese Vorhersage nicht eintreten dürfen. Bei dem Herabfallen des Frühstücksbrots handelt es sich dagegen um ein Ereignis, das zwar mit T, in diesem Falle mit der Theorie Newtons, vorhersagbar ist, das jedoch in seiner Art schon unzählige Male erfahren worden ist, lange bevor T existierte, und das daher nicht als Prüfstein und Bewährungsinstanz für T gelten kann.

Die Strenge eines Prüfversuches ist das Risiko, mit der die betreffende Theorie in diesem Prüfversuch scheitern könnte. Wovon hängt dieses Risiko ab? Popper nennt vor allem den *Prüfbarkeits-* oder *Falsifizierbarkeitsgrad* einer Theorie, den er mit ihrem *empirischen Gehalt* gleichsetzt. Je höher der empirische Gehalt von T, desto strenger ist T prüfbar. Je umfassender die Klasse der potentiellen empirischen Befunde ist, die T falsifizieren würden, desto größer ist a priori das Risiko, in einem Prüfversuch zu scheitern. Und sofern T nicht falsifiziert wurde, gilt: Je strenger T geprüft worden ist, desto größer ist (unter sonst gleichen Umständen) der Bewährungsgrad von T.

Popper macht die Bewährung einer Theorie weiterhin von der Zahl der Tests abhängig, die sie bestanden hat: „Der Bewährungswert wird mit der Anzahl der bewährenden Fälle zunehmen. Dabei schreiben wir den ersten bewährenden Fällen meist eine weit größere Bedeutung zu als späteren: Ist die Theorie gut bewährt, so erhöhen die späteren Fälle ihren Bewährungswert nur wenig. Diese Bemerkung gilt aber nicht, wenn die ‚späteren‘ Fälle von den ‚früheren‘ sehr verschieden sind, d. h. die Theorien auf einem *neuen Anwendungsgebiet* bewähren; in diesem Fall können sie den Bewährungswert stark erhöhen“ (Popper 1935/1994a, S. 214 f.). Und für Theorien mit hohem empirischem Gehalt gibt es im allgemeinen viele verschiedenartige Anwendungsgebiete.

Die Strenge eines Prüfversuches hängt aber noch von einem anderen Faktor ab, der mit der *Planung* dieses Versuches zu tun hat. Popper verlangt, man solle zur Prüfung von T bevorzugt solche Folgerungen aus T heranziehen, die „aus bekannten Systemen nicht ableitbar sind bzw. mit ihnen in Widerspruch stehen“ (Popper 1935/1994a, S. 8). Hierbei wird es als selbstverständlich vorausgesetzt, daß P keine bereits bekannte Tatsache sein darf, insbesondere keine, zu deren Erklärung T entwickelt worden ist.

In *Vermutungen und Widerlegungen* (1963/1994b) greift Popper diese Idee wieder auf und entwickelt sie ausführlicher: „Eine ernsthafte empirische Prüfung besteht immer in dem Versuch, eine Widerlegung, ein Gegenbeispiel zu finden. Auf der Suche nach einem Gegenbeispiel müssen wir unser Hintergrundwissen benutzen; denn wir versuchen stets zuerst, die *riskantesten* Voraussagen, also die ‚*unwahrscheinlichsten* ... Folgerungen‘ (wie Peirce schon gesehen hat) zu widerlegen; das heißt, daß wir immer an den *wahrscheinlichsten Stellen* nach den *wahrscheinlichsten* Arten von Gegenbeispielen suchen – sehr wahrscheinlich deshalb, weil wir erwarten können, sie dort im Lichte unseres Hintergrundwissens zu finden“ (Popper 1994b, S. 350).

An anderer Stelle desselben Werkes (1963, S. 388 ff.) versucht Popper, die Strenge eines Prüfversuches formal zu definieren. Auch hier benutzt er den Begriff des *Hintergrundwissens*. Dies ist das zum gegebenen Zeitpunkt vorhandene und bei der Prüfung von T nicht problematisierte Wissen. Es umfaßt sowohl singuläre Annahmen als auch Theorien, unter anderem Theorien über die benutzten Meßinstrumente. Popper definiert nun eine Reihe von Wahrscheinlichkeiten, darunter erstens die Wahrscheinlichkeit der Prüfvorhersage P unter Voraussetzung der zu prüfenden Theorie T und des Hintergrundwissens H, zweitens die Wahrscheinlichkeit von P unter Voraussetzung von H allein. Er macht die Strenge des Prüfversuches davon abhängig, daß die erste Wahrscheinlichkeit hoch, die zweite dagegen niedrig ist, und er schlägt eine Reihe entsprechender mathematischer Formeln vor. Diese sind allerdings nur von begrenztem Wert, da es zu unklar geblieben ist, wie man solche Wahrscheinlichkeiten ermitteln könnte. Im Rahmen von Poppers Methodologie kann man die Aussage machen, daß aus T und H die Vorhersage P *deduktiv ableitbar* ist, Popper verfügt aber nicht über einen Wahr-

scheinlichkeitsbegriff, der sich dazu eignen würde, diese Ableitbarkeitsbeziehung zu quantifizieren.

Bereits zuvor hatte Popper versucht, den Bewährungsgrad mit Hilfe formallogischer und mathematischer Methoden zu präzisieren (1935/1994a, Neuer Anhang, \*IX). Wir gehen auch hierauf nicht näher ein, da es sich erwiesen hat, daß die entsprechenden Ergebnisse nicht haltbar sind (Vetter 1967; Kutschera 1972). Ganz allgemein kann man feststellen, daß formale Definitionen in Poppers Denken eher von untergeordneter Bedeutung sind. Die Klarheit von Aussagen und Argumenten war ihm höchst wichtig, nicht aber die Verwendung formaler Sprachen. In diesem Punkt war Popper grundlegend anderer Auffassung als Rudolf Carnap.

Orientieren wir uns also an jenen Ausführungen Poppers, die als Grundlage dafür dienen können, einen qualitativen Begriff der strengen Prüfung einzuführen. Nehmen wir an, aus  $T$  zusammen mit  $A$  sei  $P$  deduzierbar,  $P$  sei jedoch auch aus anderen Theorien deduzierbar, eventuell aus Theorien, die bereits als hochgradig bewährt gelten. In diesem Falle ist es so gut wie ausgeschlossen, daß es zu einer Falsifikation von  $T$  kommt, denn aller Erwartung nach wird ja  $P$  und nicht  $\text{Non-}P$  eintreten.  $T$  steht also gar nicht wirklich auf dem Prüfstand. Kein Risiko, daher auch keine Bewährung. Dieser Fall wäre beispielsweise gegeben, wenn jemand zur Prüfung der allgemeinen Relativitätstheorie eine Vorhersage  $P$  machen würde, die auch aus den Theorien Galileis und Newtons ableitbar ist, z. B. eine Vorhersage über Fallhöhe und Fallzeit eines in Erdnähe frei fallenden Körpers.  $P$  würde auch dann eintreten, wenn die allgemeine Relativitätstheorie falsch und die Theorie Newtons wahr wäre. Die allgemeine Relativitätstheorie würde hier also keinem besonderen Risiko ausgesetzt.

Wenn  $P$  dagegen nur aus  $T$  ableitbar ist, so ist  $T$  einem echten Risiko ausgesetzt. Das Risiko ist besonders hoch, wenn  $T$  einer bekannten und bewährten Theorie  $T'$  widerspricht. Eine Prüfung, bei der eine Theorie  $T$  eine bestimmte Vorhersage  $P$  erlaubt und eine konkurrierende Theorie eine davon abweichende Vorhersage  $P'$ , ist als *experimentum crucis* bekannt. In bezug auf den Erkenntnisfortschritt ist eine solche Prüfsituation besonders günstig, denn es ist auf jeden Fall damit zu rechnen, daß man hinzulernen wird. Entweder wird man frühzeitig auf

einen Fehler innerhalb von T aufmerksam, oder aber man entdeckt, daß das herkömmliche Wissen T' einen Irrtum enthält. Im zweiten Fall ist dies ein Triumph für die neue Theorie T. Ein solcher Triumph stellte sich z. B. für die allgemeine Relativitätstheorie ein, als man sie, wie oben erwähnt wurde, am Tag einer Sonnenfinsternis testete.

In der *Logik* forderte Popper die Nichtableitbarkeit von P aus anderen, bekannten Theorien, in *Vermutungen und Widerlegungen* zählte er diese anderen Theorien zum *Hintergrundwissen* H. Dies erzeugt allerdings ein Problem: Es lassen sich zwei grundlegend verschiedene Fälle unterscheiden. P könnte *erstens* aus Annahmen ableitbar sein, die man zum betreffenden Zeitpunkt bereits als unproblematisch akzeptiert hat. *Zweitens* könnte P aus anderen Theorien (und geeigneten Randbedingungen) ableitbar sein, die mit T *konkurrieren*, die aber nicht sinnvoll Teil von H sein können. In diesem Zusammenhang ist zu bedenken, daß H keine miteinander inkonsistenten Theorien umfassen darf, sonst wäre aus H trivialerweise jede Annahme, also auch P, ableitbar. H darf also keine Theorien enthalten, die untereinander oder mit T konkurrieren. Beseitigt man diese Schwierigkeit, so kann man Poppers Idee eines strengen Prüfversuches durch die drei folgenden Bedingungen bestimmen (vgl. dazu Gadenne 1976, S. 56 ff.; 2004):

- 1) Aus T sowie einer Reihe von akzeptierten Annahmen H (die untereinander und mit T konsistent sind) ist P ableitbar.
- 2) P ist keine bereits akzeptierte Annahme und ist aus H allein nicht ableitbar.
- 3) Es gibt keine andere, bislang vorgeschlagene Theorie T', so daß aus T' sowie einer Reihe von akzeptierten Annahmen H' (die untereinander und mit T' konsistent sind) P ableitbar ist.

Man kann dies als *Minimalforderung* an die Strenge einer Untersuchung betrachten; eine Erhöhung der Strenge um eine Stufe ist möglich, wenn es gelingt, eine Folgerung P zu finden, die überdies einer anderen (bereits anerkannten oder vorgeschlagenen) Theorie *widerspricht*.

Akzeptiert man die vorgeschlagene Interpretation, so gelangt man etwa zu folgendem Verständnis von Bewährung: Der

Bewährungsgrad einer Theorie T gibt an, in welchem Ausmaß T strenge Prüfversuche bestanden hat. Der gesamte Bewährungsgrad resultiert aus den Bewähungen in den einzelnen bestandenen Prüfungen, wobei die ersten Prüfungen mehr zählen als die späteren und Prüfungen auf neuen Anwendungsgebieten besonderes Gewicht haben. In einem einzelnen Prüfversuch hängt der Zuwachs an Bewährung von der Strenge der Prüfung ab (Minimalforderung oder eine Stufe strenger, siehe oben). Zur Bewährung trägt auch der empirische Gehalt von T bei, und zwar auf zweierlei Weise. Erstens gibt es bei hohem empirischem Gehalt zahlreiche Möglichkeiten, strenge Prüfsituationen zu finden. Zweitens ist jeder dieser einzelnen Tests um so strenger und kann einen größeren Zuwachs an Bewährung erbringen, je höher der Gehalt von T ist.

Es erübrigt sich, darauf hinzuweisen, daß sich Bewährung in diesem Sinne nicht in Form einer Maßzahl ausdrücken läßt. Dafür ist sie von zu vielen verschiedenartigen Faktoren abhängig. Nichtsdestoweniger ist dieser Bewährungsbegriff anwendbar: Man kann z. B. von einer Theorie sagen, daß sich ihre Bewährung durch ein bestimmtes Untersuchungsergebnis erhöht hat; man kann sagen, daß eine in bestimmter Weise geplante Untersuchung mehr zusätzliche Bewährung erbringen würde als eine andere usw. Ein Vergleich von (nicht falsifizierten) Theorien ist möglich, wenn sich diese nur in einem relevanten Aspekt unterscheiden, z. B. wenn T gehaltvoller ist als T' und beide eine strenge Prüfung bestanden haben; weiterhin dann, wenn sich Theorien in mehreren Aspekten gleichläufig und in den restlichen nicht unterscheiden, z. B. wenn T gehaltvoller ist als T' und darüber hinaus mehr strenge Prüfungen bestanden hat als T'.

Diese Auffassung stellt an eine Theorie die Forderung, daß sie sich an *neuen*, noch nicht bekannten Tatsachen bewähren muß, am besten an *neuartigen* (Popper 1994b, S. 353). Diese Position macht es von *historischen* Umständen abhängig, ob eine Tatsache zur Bewährung einer Theorie dienen kann oder nicht. In dieser Hinsicht unterscheidet sich Poppers Position grundlegend von induktivistischen Positionen, nach denen die Stützung einer Theorie eine reine Frage der induktiv-logischen Beziehung zwischen T und den anerkannten Beobachtungssätzen ist und völlig unabhängig von der praktischen Frage sein

muß, ob wir über die empirische Evidenz etwas früher oder etwas später verfügen. Musgrave (1974) stellt unter diesem Gesichtspunkt die „historischen“ Theorien der Bestätigung den „logischen“ Theorien gegenüber. Die Idee, daß Bestätigung mit der Neuartigkeit der vorhergesagten Tatsachen zusammenhängt und damit historischer Natur ist, findet man bereits bei Descartes, Leibniz, Whewell und Duhem. Die „logische“ Auffassung, wonach Bestätigung gänzlich unabhängig vom Zeitpunkt der Entdeckung der bestätigenden Tatsachen ist, läßt sich nachweisen bei J. St. Mill, Keynes, Carnap und Hempel. Musgrave zeigt auf, daß auch die historischen Theorien eine bestimmte Schwäche haben: Angenommen, T ist die einzige Theorie (z. B. die allgemeine Relativitätstheorie Einsteins), die eine bestimmte empirische Tatsache E (z. B. die Perihelbewegung des Planeten Merkur) erklären kann. Sollte man dann nicht der Auffassung sein, daß sich T an E bewährt, *obwohl* E bereits vor der Entstehung von T bekannt war? Lakatos (1970, S. 157) schlug zur Lösung dieses Problems vor, eine Tatsache (wie die Perihelbewegung des Merkur), die im Lichte einer neuen Theorie *reinterpretiert* werden kann, als *neue* Tatsache in bezug auf diese Theorie anzuerkennen. Zahar (1973) schlug vor, E dann als *neu* in bezug auf T anzuerkennen, wenn T *nicht* entwickelt worden ist, um E zu erklären. Eine vergleichende Analyse dieser Auffassungen findet man bei Musgrave (1974).

## 6.2 Bewährung, Wahrscheinlichkeit und Wahrheit

Um das Verständnis von Poppers Bewährungskonzeption zu vertiefen, empfiehlt es sich, seine Aussagen über die Beziehungen zwischen Bewährung und anderen methodologischen Begriffen zu betrachten. Von hoher Wichtigkeit war Popper die Beziehung zwischen Bewährung und Wahrscheinlichkeit. Popper macht in diesem Zusammenhang vom Begriff der *logischen Wahrscheinlichkeit* Gebrauch, den er in Kapitel VI der *Logik* einführt. Die logische Wahrscheinlichkeit einer Aussage ist ihrem *empirischen Gehalt* gegenläufig. Wenn T einen höheren empirischen Gehalt hat als T', so hat damit automatisch T' die höhere logische Wahrscheinlichkeit. Eine Theorie, die viel über die Welt

aussagt, hat eine geringe logische Wahrscheinlichkeit. Es gibt viele potentielle Beobachtungen, die ihr widersprechen können. Die größte logische Wahrscheinlichkeit hat die Tautologie. Und Gehalt bedeutet immer Unwahrscheinlichkeit.

Popper hebt nun mehrfach und eindringlich hervor, daß der *Bewährungsgrad* einer Theorie *keine Wahrscheinlichkeit* sein kann, weder eine logische noch eine Wahrscheinlichkeit im Sinne der anderen bekannten Wahrscheinlichkeitstheorien bzw. -interpretationen: Wenn eine Aussage H mehr behauptet als eine Aussage H', wenn sie also einen höheren empirischen Gehalt hat, so wird man ihr a priori immer eine geringere Wahrscheinlichkeit zuschreiben müssen. Beispielsweise wird man der Aussage, daß alle acht Planeten sich auf Ellipsen bewegen, a priori eine geringere Wahrscheinlichkeit zugestehen als der Aussage, daß sich die Erde auf einer Ellipse bewegt. Daraus ergibt sich, daß auch nach Vorliegen bestimmter empirischer Daten, die mit H und H' in Einklang stehen, H eine kleinere Wahrscheinlichkeit erhalten wird als H'. Auch nach Vorliegen dieser Daten ist H immer noch die gewagtere und daher unwahrscheinlichere Behauptung. *Dagegen wird H gerade aus diesem Grund die größere Bewährung erhalten als H'*. Die gehaltvollere Aussage ist die strenger prüfbare und besser bewährbare. Die Idee der Bewährung ist also in ihrem Kern etwas anderes als eine Wahrscheinlichkeit.

Was die Wahrheit von Theorien angeht, so waren zu der Zeit, als Popper seine *Logik* verfaßte, einige Bedenken gegen die Verwendung der Begriffe „wahr“ und „falsch“ vorgebracht worden. Popper betonte daher, man könne auf diese Begriffe verzichten. Allerdings erschien es ihm wichtig, den Unterschied zwischen Wahrheit und Bewährung klar herauszustellen. Wahrheit ist nicht zeitgebunden. Eine Aussage, die gestern wahr gewesen ist, kann nicht heute falsch sein; allenfalls können wir uns gestern geirrt haben. Bewährung dagegen ist immer bezogen auf eine Menge von akzeptierten Basissätzen. „Wir müssen gewissermaßen jedem Bewährungsurteil einen (zeitlichen) Index anhängen, der das vorgegebene System von Basissätzen kennzeichnet, auf das sich die Bewährung bezieht“ (Popper 1935/1994a, S. 220 f.).

Nachdem Popper im Jahre 1935 Alfred Tarski kennengelernt hatte, kam er zu der Auffassung, daß die Bedenken gegen die Verwendung des Wahrheitsbegriffs unbegründet seien. Tarskis

Resultate brachten ihn zu der Überzeugung, daß es unproblematisch sei, die *Korrespondenztheorie* der Wahrheit zu vertreten und Wahrheit so zu verstehen, wie es bereits Aristoteles tat und wie es bis heute die meisten Menschen tun: als *Übereinstimmung mit den Tatsachen*. Später räumte Popper der Wahrheitsidee eine zentrale Stellung in seiner Erkenntnistheorie ein: „Die Idee der Wahrheit allein ist es, die es uns erlaubt, vernünftig über Fehler und rationale Kritik zu sprechen, die uns rationale Diskussion ermöglicht – das heißt eine kritische Diskussion, die nach Fehlern sucht und dabei ernsthaft das Ziel verfolgt, möglichst viele dieser Fehler zu eliminieren, um der Wahrheit näher zu kommen“ (Popper 1994b, S. 334).

Die neue Sichtweise über die Wahrheit als Ziel der Wissenschaft führte auch zu einer neuen Annahme über die Bewährung und ihre Funktion in der Erkenntnis: Bewährung dient als *Indikator* für die *Annäherung an die Wahrheit* (Popper 1973, S. 96).

### 6.3 Bewährung und Falsifikation

In der *Logik* findet sich im Kapitel über Bewährung eine *methodologische Regel*, die vermutlich mehr als jede andere Aussage von Popper der Kritik unterzogen worden ist. Popper schlug die Regel vor, „daß wir einer durch intersubjektiv nachprüfbare Experimente [...] falsifizierten Theorie ein für allemal keinen positiven Bewährungswert mehr zuschreiben wollen“ (S. 213). Und er fährt fort: „Wir betrachten also im allgemeinen eine (methodisch entsprechend gesicherte) intersubjektiv nachprüfbare Falsifikation als endgültig [...] Ein historisch späteres Bewährungsurteil, also ein Urteil nach Hinzutreten später anerkannter Basissätze, kann zwar an Stelle eines positiven Bewährungswertes einen negativen setzen, nie aber umgekehrt“ (S. 214).

Popper vertrat keinen naiven Falsifikationismus: Der falsifizierende Befund muß „methodisch gesichert“ sein, etwa durch wiederholte Experimente und Kontrolle potentieller Fehlerquellen. Und der Ausdruck „im allgemeinen“ läßt darauf schließen, daß Popper sich der Problematik dieser Regel bewußt war. Er hatte dazu auch allen Grund, denn in Kapitel V desselben Textes hatte er ausführlich dargelegt, daß auch Basissätze nicht gesichert werden können; sie schreiben ihren Gegenständen

gesetzesartiges Verhalten zu, sie sind, wie er sagte, „von Theorien durchsetzt“. Und im gesamten Werk betont Popper immer wieder eindringlich die Fehlbarkeit aller Aussagen, wobei Beobachtungsaussagen nicht ausgenommen sind.

Auf die Schwierigkeiten, die sich beim Versuch der Widerlegung einzelner theoretischer Annahmen ergeben, hatte schon Pierre Duhem (1908/1978) hingewiesen. Er hatte klar aufgezeigt, daß man bei der Prüfung einer Theorie eine Reihe von Hilfsannahmen voraussetzen muß, und daß ein widersprechender empirischer Befund keinen eindeutigen Rückschluß darauf zuläßt, bei welcher Annahme der Fehler zu suchen ist.

Später hat Popper die Regel von der Endgültigkeit der Falsifikation abgeschwächt und schließlich ganz zurückgenommen. 1989 sagte er zu diesem Thema, eine Theorie sei niemals falsifizierbar „in dem Sinne, daß die fragliche Theorie endgültig oder zwingend falsifiziert werden kann“ (Popper 1989, S. 84). Er war allerdings nach wie vor der Meinung, Falsifikationen spielten „in der Geschichte der Wissenschaft eine Hauptrolle, trotz ihrer Nicht-Endgültigkeit“ (S. 85). Die Interpretation von Poppers Philosophie wird manchmal durch die Tatsache erschwert, daß er sehr stark dazu neigte, den Eindruck zu erzeugen, es habe niemals wesentliche Änderungen in seinen Auffassungen gegeben, was in Wirklichkeit nicht zutrifft (vgl. dazu Wettersten 1992).

## 6.4 Bewährung, Akzeptanz und Auswahl von Theorien

Der kritische Rationalismus hält rationale Erkenntnis und rationales Handeln für möglich. Die rationale Vorgehensweise ist für Popper die der *kritischen Diskussion*. Immer wieder thematisierte er die Frage, wie man Hypothesen und Theorien am besten kritisieren kann. Eine Lehre vom rationalen Denken und Handeln muß allerdings *auch* Regeln für die *Auswahl* und *Akzeptanz* von Theorien enthalten, sie muß eine Antwort auf die Frage geben können, von welchen Theorien man sich leiten lassen soll. Diese Frage ist um so dringlicher, je mehr man sie auf *praktische* Probleme bezieht. Für praktische Entscheidungen und Handlungen spielen natürlich auch die Bewertungen der Hand-

lungsfolgen eine Rolle. Aber grundsätzlich kann die Frage, welche Handlungsfolgen zu *erwarten* sind, nur auf der Grundlage von Hypothesen bzw. Theorien beantwortet werden, die man zu diesem Zweck auswählt. (Vgl. zum folgenden auch die Beiträge von Musgrave und Schurz in diesem Band.)

Mehrere Jahrzehnte nach dem Erscheinen der *Logik* sah Popper es als dringend notwendig an, sich zu einigen Punkten zu äußern, die mit Induktion, Bewährung und dem Akzeptieren von Theorien zusammenhängen. Die entsprechenden Artikel sind abgedruckt in *Objektive Erkenntnis* (1973). Wichtige Ausführungen zu dieser Thematik finden sich auch im Postscript zur *Logik*, das um 1959 entstand, allerdings erst 1982/83 in drei Bänden erschien.

Popper wendet sich entschieden gegen die Interpretation, ein Bewährungsurteil sei gleichbedeutend mit der Aussage, eine Theorie würde sich auch weiterhin als erfolgreich erweisen: „Der ‚Bewährungsgrad‘ ist ein Bericht über bisherige Leistungen, aufgrund derer gewisse Theorien vielleicht anderen vorgezogen werden. *Aber er sagt nicht das geringste über die zukünftigen Leistungen oder die ‚Verlässlichkeit‘ einer Theorie*“ (1973, S. 30).

Dennoch gibt es *rationale Gründe*, bestimmte Theorien anderen *vorzuziehen*: „Die kritische Diskussion kann nie hinreichende Gründe für die Behauptung erbringen, daß eine Theorie wahr sei; sie kann nie unseren Erkenntnisanspruch ‚rechtfertigen‘. Doch die kritische Diskussion kann, wenn wir Glück haben, hinreichende Gründe für folgende Behauptung erbringen:

Diese Theorie erscheint gegenwärtig, im Lichte einer gründlichen kritischen Diskussion und strengen und erfinderischen Prüfung, bei weitem als die beste (die stärkste, die am besten geprüfte); damit erscheint sie als die der Wahrheit nächste unter den konkurrierenden Theorien.

Um es prägnant zu sagen: man kann nie eine Theorie – das heißt, die Behauptung, man wisse, daß sie wahr sei – rational rechtfertigen; aber wenn man Glück hat, kann man die vorläufige Bevorzugung einer aus einer Menge konkurrierender Theorien rational rechtfertigen: bezüglich des gegenwärtigen Standes der Diskussion“ (1973, S. 96 f.).

Die Frage, welche Theorie das Handeln leiten soll, wird entsprechend beantwortet: „*Vorziehen* als Grundlage für unsere Handlungen sollten wir die bestgeprüfte Theorie“ (1973, S. 34).

Gemeint ist die am strengsten geprüfte, nicht falsifizierte, also die *bestbewährte* Theorie.

Popper gebraucht die Formulierung „der Wahrheit näher“. Er versuchte auch, ein Maß für die *Wahrheitsnähe* oder *Wahrheitsähnlichkeit* zu definieren (1994b, S. 341). Da sich dieses jedoch als nicht haltbar herausgestellt hat, gehen wir hier nicht darauf ein und belassen es bei einem intuitiven Verständnis der Idee, eine Theorie stimme *mit den Tatsachen besser überein* als eine andere. Nach Poppers Auffassung ist z. B. die Theorie Newtons der Wahrheit näher als die Theorien Galileis und Keplers, und die allgemeine Relativitätstheorie Einsteins ist der Wahrheit näher als die Theorie Newtons. In manchen Fällen ist es einigermaßen gut möglich, intuitiv zu verstehen, in welchem Sinne eine Aussage der Wahrheit näher sein kann als eine andere, insbesondere dann, wenn beide von denselben Gegenständen und Größen handeln, die erste aber die tatsächlichen Beziehungen zwischen diesen Größen zutreffender erfaßt. Beispielsweise ist Galileis Fallgesetz eine gute Annäherung für einen Fall aus nicht allzu großer Höhe, aber es ist genaugenommen falsch, weil es eine konstante Fallbeschleunigung voraussetzt. Newtons Theorie ist genauer und kommt den tatsächlichen Verhältnissen näher, da sie angibt, wie sich die Fallbeschleunigung in Abhängigkeit von der Fallhöhe verändert. Und Einsteins Theorie vermag wiederum Newtons Theorie zu korrigieren und aufzuzeigen, inwieweit auch letztere „nur“ eine Annäherung ist. Und es kann sehr wohl sein, daß auch Einsteins Theorie sich eines Tages als korrekturbedürftig herausstellt.

In anderen Fällen konkurrierender Theorien ist es dagegen sehr schwierig, die Idee der Wahrheitsnähe anzuwenden, selbst wenn man es bei einem intuitiven Verständnis beläßt, vor allem dann, wenn zwei Theorien von verschiedenen Entitäten handeln, wenn etwa  $T_1$  das Licht als Korpuskel deutet und  $T_2$  als Welle. Zum Stand der Diskussion über die Problematik der Wahrheitsnähe sei auf Kuipers (1987) verwiesen.

Wenn  $T_2$  alle strengen Prüfungen besteht, die  $T_1$  bestanden hat und darüber hinaus eine strenge Prüfung besteht, die  $T_1$  nicht bestanden hat, so gilt  $T_2$  als besser bewährt als  $T_1$ . Man darf es in diesem Falle als rational gerechtfertigt ansehen, daß  $T_2$  *der Wahrheit näher* ist als  $T_1$ , und man sollte sein Handeln rationalerweise auf  $T_2$  statt auf  $T_1$  gründen.

Man kann also sagen, daß Popper die folgenden beiden Prinzipien WN (für Wahrheitsnähe) und PV (für praktische Vorzugswürdigkeit) akzeptiert:

WN Wenn  $T_2$  besser bewährt ist als  $T_1$ , dann ist es vernünftig anzunehmen, daß  $T_2$  der Wahrheit näher ist als  $T_1$ .

PV Wenn  $T_2$  besser bewährt ist als  $T_1$ , dann ist es vernünftig, sich beim Handeln eher von  $T_2$  leiten zu lassen als von  $T_1$ .

Kurz gesagt, man kann rational begründen, daß eine Theorie *der Wahrheit näher* ist als eine andere und daß sie *praktisch vorzugswürdig* ist. Kann man darüber hinaus eine Theorie vernünftigerweise *für wahr halten*? Musgrave (1993) ist der Auffassung, man könne Popper folgendes Prinzip W (für Wahrheit) zuschreiben:

W Es ist vernünftig, die bestbewährte Theorie als wahr zu akzeptieren (zu glauben).

Tatsächlich hat Popper gelegentlich vorsichtige Äußerungen in dieser Richtung gemacht. Er sagt z. B., wenn er eine Vermutung habe, die kritischen Prüfungen standgehalten habe, dann könne „diese Tatsache als ein recht guter kritischer Grund für die Wahrheit meiner Vermutung angesehen werden“ (1994b, S. 342). Allerdings gibt es weit mehr Textstellen, die dieser Auffassung deutlich widersprechen und mit W nicht in Einklang zu bringen sind (vgl. zu diesen Interpretationsfragen auch den Beitrag von Schurz). Popper schreibt z. B., „daß wir keinerlei positive Rechtfertigung oder positive Gründe für unsere Theorien und Überzeugungen angeben können. Das heißt, wir können keinerlei positive Gründe dafür angeben, unsere Theorien für *wahr* zu halten“ (1983, S. 19). Wollte er vielleicht sagen, daß wir zwar keine „positiven“, jedoch „kritische“ Gründe (siehe oben) nennen könnten, eine Theorie für wahr zu halten? Auch so scheint er es nicht zu meinen: Zu glauben, daß eine Theorie *wahr* sei, dazu gäbe es „ganz einfach *keinen* Grund“ (1983, S. 67; Hervorhebung im Original).

Trotz dieser z. T. gegensätzlichen Bemerkungen läßt sich rekonstruieren, worauf es Popper in diesem Problemzusammenhang *hauptsächlich* ankam. Man muß hierzu seine Ausführun-

gen zu der Frage heranziehen, *warum* es problematisch ist, eine Theorie für wahr zu halten, und man kann dabei drei Gründe identifizieren: Gerade die besten Theorien behaupten so viel, daß die Chance, sie könnten in jeder Hinsicht, in allen ihren Folgerungen zutreffend sein, unermesslich klein erscheinen muß. Und so sehr sie sich auch bewähren sollten, wird man vernünftigerweise immer damit rechnen müssen, daß die bewährte Theorie doch irgendeine falsche Folgerung enthält und eines Tages durch eine bessere überholt werden kann. Zweitens enthalten Theorien zudem Vereinfachungen, Idealisierungen, so daß man auf jeden Fall davon ausgehen muß, daß sie bestenfalls gute *Annäherungen* an die Wirklichkeit sein können (1983, S. 58 f.). Popper führt an, daß Einstein sowohl seine spezielle als auch seine allgemeine Relativitätstheorie nicht für wahr, sondern „nur“ für eine Annäherung gehalten habe (1983, S. 25 f.). Und schließlich ist es mit der grundsätzlichen Fehlbarkeitsannahme besser in Einklang zu bringen, stets damit zu rechnen, daß eine Theorie, die besser als ihre Vorgänger ist, dennoch nicht den Grad an Vollkommenheit erreicht hat, den man ihr mit dem Prädikat „Wahrheit“ zusprechen würde.

Häufig ist darüber diskutiert worden, ob die Prinzipien W, WN und PV eine spezielle Art der Induktion befürworten. Auf einer Tagung in London im Jahre 1965 zum Thema „Induktive Logik“ brachte Salmon (1968) die herausfordernde These vor, Poppers Methodologie komme ohne Induktion nicht aus; die Auswahl aus einer Menge konkurrierender, nicht-falsifizierter Hypothesen erfordere eine Art von Induktion. Lakatos (1968, S. 391) stimmte zu: Es gebe ein Problem der „Annehmbarkeit“ von Theorien, zu dessen Lösung eine Art der Induktion unverzichtbar sei. Popper wies diese Thesen wiederholt zurück und glaubte, daß sie auf einem grundlegenden Mißverständnis beruhten.

Die Antwort auf diese Frage hängt zum Teil davon ab, was man unter Induktion versteht, und es wäre nicht sinnvoll, sich über die Verwendung dieses Wortes zu streiten. Angenommen, man versteht unter Induktion eine der beiden folgenden Möglichkeiten: a) Von den Beobachtungsaussagen E wird auf die Theorie T geschlossen, wobei die Wahrheit von E die Wahrheit von T garantieren soll; b) aufgrund von E wird T eine bestimmte induktive Wahrscheinlichkeit zugesprochen. In bei-

den Fällen kommt man zu dem Ergebnis, daß WN, PV und W *nicht* induktiv sind.

Auf der anderen Seite ist aber auch folgendes klar: Die drei Prinzipien erlauben etwas, das mit deduktiven Schlußregeln allein *nicht* erreicht werden kann. Kein deduktiver Schluß führt von der Annahme, daß T bewährt ist, zu der Annahme, daß T wahr ist, wahrheitsnäher als eine andere Theorie ist oder praktisch bevorzugt werden soll. Wollte man diese Prinzipien durch eine Schlußregel begründen, so müßte es sich um eine *gehaltserweiternde* Schlußregel handeln. Die drei Prinzipien erlauben es, ein Ziel zu erreichen, das Induktivisten mit Hilfe induktiver Regeln zu erreichen suchen: durch Verweis auf die Erfahrung zu begründen, warum eine Hypothese oder Theorie „vernünftigerweise“ akzeptiert oder vorgezogen werden darf, *obwohl* sie über die Erfahrung hinausgeht. Mit Deduktion allein geht dies nicht, auch nicht (allein) mit dem Verfahren der Falsifikation. Methodologische Prinzipien, die über deduktive Regeln hinausgehen, kann man nicht vermeiden, auch nicht dann, wenn man, wie Popper dies (vermutlich) wollte, auf W verzichtet und lediglich WN und PV akzeptiert.

PV enthält ein Problem, das kurz angesprochen sei: Es erscheint einsichtig, daß Bewährung relevant für die Frage ist, ob man eine Theorie praktisch vorziehen soll. Eine bewährte Theorie wurde systematisch auf ihre Schwächen hin geprüft und hat diese Prüfungen bestanden. Dies läßt sie als praktisch verlässlicher erscheinen als eine falsifizierte oder eine wenig geprüfte Theorie. Aber in den Bewährungsgrad geht auch der hohe Gehalt, die Unwahrscheinlichkeit der Theorie ein. Im Bewährungsgrad wird sozusagen die Kühnheit der Behauptung nachträglich belohnt. Und nun kann man fragen, ob die Kühnheit der Behauptung ebenso zur praktischen Vorzugswürdigkeit beizutragen vermag, wie es das Bestehen kritischer Tests zweifellos kann. Worauf würden wir uns praktisch mehr verlassen: daß ein gesuchter Wert 1) in dem Intervall  $50 \pm 2$  liegt oder daß er 2) in dem Intervall  $50 \pm 10$  liegt? Man würde sich ohne Zweifel eher auf die zweite, weniger gehaltvolle und logisch wahrscheinlichere Aussage verlassen. Würden wir uns nicht auch auf die weniger gehaltvolle, wahrscheinlichere Theorie praktisch mehr verlassen, am meisten auf die Tautologie? Wenn man diese Frage bejaht, so akzeptiert man eine Auffassung, nach der nicht Be-

währung (im Sinne Poppers) schlechthin, sondern lediglich eine *Teilkomponente* der Bewährung, nämlich das *Bestehen kritischer Prüfungen*, zur praktischen Vorzugswürdigkeit beiträgt. Diese Auffassung würde natürlich nicht in Widerspruch mit der Annahme stehen, daß die Wissenschaft dennoch Theorien mit hohem Gehalt zu entwickeln versucht.

Poppers nicht ganz eindeutige Äußerungen zum Zusammenhang zwischen Bewährung und Wahrheit haben dazu geführt, daß Vertreter des kritischen Rationalismus teilweise sehr unterschiedliche Überzeugungen darüber gebildet haben, was er wirklich gemeint hat und wie man seine Lehre konsequent weiterdenken müsse (vgl. zu den jüngsten Entwicklungen des kritischen Rationalismus Böhm, Holweg und Hoock, 2002). Während einige (wie Musgrave) Popper das Prinzip W zuschreiben, sind andere der Auffassung, seine Lehre würde keinerlei positive Gründe vorsehen. Agassi (1961) sah in der Konzeption der Bewährung einen Rest von Verifikationismus. Bartley (1987) vertrat einen „pankritischen“ Rationalismus, der die in der Tradition für grundlegend gehaltene Frage „Wie kann man diese Aussage begründen?“ schlichtweg für rational nicht beantwortbar erklärt und durch die Frage ersetzt: „Wie kann man diese Aussage am besten kritisieren?“ – wobei nicht auf dem Umweg über die Kritik doch wieder so etwas wie partielle Begründung oder Bestätigung gewonnen werden soll. Rationalität sei mit Offenheit für Kritik und kritischem Vorgehen gleichzusetzen. Auch Miller (1987; 1994) wendet sich gegen jeglichen Versuch, (vollständige oder unvollständige) Gründe für Aussagen anzugeben. Er hält es im übrigen für einen Irrtum, zu meinen, daß im Zusammenhang mit einer Falsifikation etwas begründet werden müsse: Die empirische Evidenz Non-E, die T widerspricht, wird ohne positive Begründung gegen T angeführt. Jedem, der dies wünscht, steht es frei, eine weitere Annahme anzuführen, die wiederum gegen Non-E spricht usw.

Es ist allerdings schwer einzusehen, worin sich diese Konzeption noch vom *Skeptizismus* unterscheidet. Es ist auch kaum zu verstehen, was es im Rahmen dieser Auffassung überhaupt noch bedeuten kann, daß Wahrheit das Ziel der Wissenschaft sei oder daß diese überhaupt ein Ziel habe. Im Zusammenhang mit einer Rationalitätskonzeption ein Ziel zu haben heißt, bestimmte Vorgehensweisen für zielführend zu halten, und dies

läuft unvermeidlich darauf hinaus, etwas für begründet zu halten, zumindest für besser begründet zu halten als etwas anderes (vgl. Gadenne 2006).

Popper selbst war eindeutig nicht der Auffassung, daß man auf Begründungen jeglicher Art verzichten könnte. Und er war auch nicht der Meinung, daß „Bewährung“ im Grunde eine überflüssige Konzeption sei, ein Relikt aus einer frühen, positivistischen Phase seines Schaffens. Im „neuen Anhang“ bemerkte er zu seinem früheren Text: „Ich glaube, daß diese beiden Begriffe – der des *Gehaltes* und der des *Grades der Bewährung* – die wichtigsten logischen Werkzeuge sind, die in meinem Buch entwickelt wurden“ (Popper 1935/1994a, S. 347).

## Literatur

- Agassi, Joseph (1961): „The role of corroboration in Popper’s methodology“, in: *Australasian Journal of Philosophy* 39, S. 82–91.
- Bartley III, William W. (1987): *Flucht ins Engagement*, Tübingen.
- Böhm, Jan M./Holweg, Heiner/Hook, Claudia (Hrsg.) (2002): *Karl Poppers kritischer Rationalismus heute*, Tübingen.
- Duhem, Pierre (1908/1978): *Ziel und Struktur der physikalischen Theorien*, Leipzig; Reprint Hamburg 1978.
- Gadenne, Volker (1976): *Die Gültigkeit psychologischer Untersuchungen*, Stuttgart.
- Gadenne, Volker (2004): „Was ist ein gut ausgedachter Widerlegungsversuch?“, in: R. Neck / K. Salamun (Hrsg.), *Karl R. Popper – Plädoyer für kritisch-rationale Wissenschaft*, Frankfurt a.M., S. 63–75.
- Gadenne, Volker (2006): „Methodological Rules, Rationality, and Truth“, in: C. Cheyne and J. Worrall, *Rationality and Reality: Conversations with Alan Musgrave*, Dordrecht, S. 97–107.
- Kuipers, Theo A. F. (Hrsg.) (1987): *What is closer-to-the-truth?*, Amsterdam.
- Kutschera, Franz von (1972): *Wissenschaftstheorie*, Bd. 2, München.
- Lakatos, Imre (1968): „Changes in the problem of inductive logic“, in: ders. (Hrsg.), *The problem of inductive logic*, Amsterdam, S. 315–417.
- Lakatos, Imre (1970): „Falsification and the methodology of scientific research programmes“, in: ders. und A. Musgrave (Hrsg.), *Criticism and the growth of knowledge*, Cambridge, Cal.
- Miller, David (1987): „A critique of good reasons“, in: J. Agassi und I. C. Jarvie (Hrsg.), *Rationality: The critical view*, Dordrecht, S. 323–358.
- Miller, David (1994): *Critical Rationalism: A Restatement and Defence*, Chicago.
- Musgrave, Alan E. (1974): „Logical versus historical theories of confirmation“, in: *British Journal for the Philosophy of Science* 25, S. 1–23.
- Musgrave, Alan E. (1993): „Popper on Induction“, in: *Philosophy of the Social Sciences* 23, S. 516–527.

- Popper, Karl R. (1935/1994a): *Logik der Forschung*, 10. Aufl. 1994, Tübingen.
- Popper, Karl R. (1963): *Conjectures and refutations*, London; deutsche Übersetzung: 1994b.
- Popper, Karl R. (1973): *Objektive Erkenntnis*, Hamburg.
- Popper, Karl R. (1983): *The postscript to the logic of scientific discovery*, vol. 1: *Realism and the aim of science*, Totowa.
- Popper, Karl R. (1989): „Falsifizierbarkeit“, in: H. Seiffert und G. Radnitzky, *Handlexikon zur Wissenschaftstheorie*, München, S. 82–85.
- Popper, Karl R. (1994b): *Vermutungen und Widerlegungen*, Bd. I, Tübingen.
- Salmon, Wesley C. (1968): „The justification of inductive rules of inference“, in: I. Lakatos (Hrsg.), *The problem of inductive logic*, Amsterdam, S. 24–43.
- Vetter, Hermann (1967): *Wahrscheinlichkeit und logischer Spielraum*, Tübingen.
- Wettersten, John R. (1992): *The Roots of Critical Rationalism*, Amsterdam.

---

Gunnar Andersson

## Basisprobleme

### 7.1 Terminologie: Fallible Basissätze und schwankende Basis

In *Logik der Forschung* nennt Popper aus geschichtlichen Gründen die Sätze, die verwendet werden, um Theorien empirisch zu prüfen, *Basissätze*. Die Probleme, welche Art von Sätzen diese Basissätze sind und wie sie geprüft werden, nennt er *Basisprobleme*. Diese Bezeichnungen könnten zu der Auffassung verleiten, daß die Wissenschaft eine sichere empirische Basis besitzt. Ein Hauptanliegen von Popper ist es aber zu zeigen, daß Basissätze fallibel sind, daß die Wissenschaft nicht auf Felsenfundament gebaut ist. Deshalb schreibt Popper später, daß das Wort ‚Basis‘ einen ironischen Beiklang besitzt, weil die Basis schwankt, und nennt die Basissätze objektiv kritisierbare *Prüfsätze* [\*Zusatz (1968) zu Kapitel V, (1) und (5)].

### 7.2 Fallibilität der Basissätze

Als Popper die *Logik* schrieb, war es eine weit verbreitete Auffassung, daß Basissätze durch die Erfahrung verifiziert werden können. Er argumentiert (Abschn. 25), daß diese Auffassung zu einem Trilemma führt, zu einer Wahl zwischen (1) Dogmatismus, (2) unendlichem Regreß und (3) Psychologismus. Wenn Basissätze ohne Begründung eingeführt werden, dann werden sie *dogmatisch* behauptet. Wenn Basissätze logisch begründet wer-

den, dann sind andere Sätze als Prämissen notwendig. Sollen die Prämissen nicht dogmatisch eingeführt werden, dann müssen auch sie logisch begründet werden, wozu weitere Prämissen notwendig sind und so weiter ins Unendliche. Der Versuch, Basissätze durch eine logische Begründung zu verifizieren, führt also zu einem *unendlichen Regreß*. Nach J. F. Fries beruht diese Schwierigkeit auf dem „Vorurteil des Beweises“, auf dem Vorurteil, daß Sätze durch andere Sätze begründet werden sollen. Fries behauptet, daß einige Sätze durch unmittelbare Sinneserfahrung begründet werden können (Fries 1828–1831). Um dem Dogmatismus und dem unendlichen Regreß zu entgehen, könnten wir versuchen, die Basissätze durch unmittelbare Erlebnisse zu begründen. Wir könnten argumentieren, daß genügend einfache Sätze nicht durch andere Sätze logisch bewiesen werden müssen, sondern durch Hinweis auf die unmittelbare Erfahrung direkt (ohne Beweis) begründet werden. Popper nennt den Versuch, Basissätze durch unmittelbare Erlebnisse zu begründen, *psychologistisch*.

Falls wir davon ausgehen, daß alle Sätze begründet werden müssen (Prinzip des zureichenden Grundes), so entsteht folgendes echte Trilemma: (1) unendlicher Regreß, (2) Zirkelbeweis, (3) Abbruch des Begründungsverfahrens (Albert 1969, Abschn. 2 über das Münchhausen-Trilemma). Jeder Abbruch des Begründungsverfahrens hebt das Prinzip des zureichenden Grundes willkürlich auf und ist somit dogmatisch. Der Hinweis auf unmittelbare Sinneserfahrungen ist eine spezielle Art, das Begründungsverfahren abzubrechen, eine spezielle Art des Dogmatismus.

Popper argumentiert (Abschn. 25) gegen die Auffassung, daß die unmittelbare Erfahrung darstellende Sätze verifizieren oder begründen könnte. Jeder darstellende Satz verwendet Allgemeinbegriffe oder Universalien, welche die unmittelbare Erfahrung transzendieren, und geht somit über die unmittelbare Erfahrung hinaus („Transzendenz der Darstellung“). Der Basissatz ‚Hier steht jetzt ein Glas Wasser‘ verwendet z. B. die Universalien ‚Glas‘ und ‚Wasser‘, die keine unmittelbaren Erlebnisse bezeichnen, sondern Gattungen physikalischer Körper mit gesetzmäßigem Verhalten. Weil jeder Basissatz über die unmittelbaren Erfahrungen hinausgeht, kann kein Basissatz durch die unmittelbare Erfahrung verifiziert werden. Alle Basissätze sind fallibel und theorienabhängig.

### 7.3 Wiener Kreis: Protokollsätze

In Abschn. 26 setzt sich Popper mit einigen Auffassungen über die empirische Basis auseinander, die im Wiener Kreis aktuell waren, als er *Logik* schrieb. Neurath und Carnap sprechen von Protokollsätzen, in welchen die Forscher ihre Wahrnehmungen protokollieren sollen.

Nach Carnap können in der korrekten formalen Redeweise Protokollsätze nicht durch Vergleich mit Wahrnehmungen oder Sachverhalten begründet werden, sondern nur durch Vergleich mit anderen Sätzen. Die Protokollsätze bedürften aber keiner Begründung durch andere Sätze, weil sie die unmittelbaren Erlebnisinhalte oder Phänomene beschreiben. Carnap bricht also das Begründungsverfahren mit einem Hinweis auf unmittelbare Erfahrungen ab. Seine Lehre ist „der in formale Redeweise übersetzte Psychologismus“ (Abschn. 26).

Nach Neurath sind Basissätze fallibel und können unter Umständen „gestrichen“ werden. Popper betrachtet das Eingeständnis der Fallibilität der Basissätze als einen erheblichen Fortschritt. Neurath gibt aber kein Verfahren für die kritische Diskussion der Basissätze an. Weil er die Willkür der „Streichungen“ von Basissätzen nicht eingrenzt, wird es möglich, jede Theorie dadurch zu verteidigen, daß nicht passende Basissätze einfach gestrichen werden. Damit wirft Neurath, ohne es zu wollen, den Empirismus über Bord (Abschn. 26).

### 7.4 Objektivität der Basissätze: Ausschaltung des Psychologismus

Es ist notwendig, die Fallibilität der Basissätze zuzugeben und gleichzeitig ein Verfahren für die kritische Diskussion der Basissätze anzugeben, das sowohl den Relativismus (etwa bei Neurath) als auch den Psychologismus (etwa bei Fries oder Carnap) vermeidet. In Abschn. 27 deutet Popper an, wie dieses Problem gelöst werden soll. Er schlägt dort vor, daß das Prinzip des zureichenden Grundes durch das Prinzip der kritischen Prüfung ersetzt werden soll. Hypothesen sollen durch Basissätze nicht begründet, sondern kritisch geprüft werden. Ähnlich sollen Basissätze anhand der Erfahrung nicht begründet, sondern kritisch

geprüft werden. Damit ersetzt Popper in seiner Diskussion der Basissätze das Prinzip des zureichenden Grundes durch das Prinzip der kritischen Prüfung (vgl. Albert 1969, Abschn. 5).

Der Versuch, Basissätze mit dem Hinweis auf unmittelbare Erfahrungen zu begründen, führt zum Psychologismus und Subjektivismus. Wenn wir das Prinzip des zureichenden Grundes aufgeben, dann wird es möglich, den Psychologismus auszuschalten und die Objektivität der wissenschaftlichen Sätze zu behaupten. Natürlich sind für Popper wissenschaftliche Sätze nicht in dem Sinne objektiv, daß sie wahr sind. Ausgehend vom Prinzip der kritischen Prüfung behauptet Popper, daß wissenschaftliche Sätze in dem Sinne objektiv sind, daß im Prinzip jedermann sie prüfen kann. Alle wissenschaftlichen Sätze, also auch Basissätze, sollen in dem Sinne *objektiv* sein, daß sie intersubjektiv nachprüfbar sind. Jeder empirisch-wissenschaftliche Satz muß „durch Angabe der Versuchsanordnung u. dgl. in einer Form vorgelegt werden, daß jeder, der die Technik des betreffenden Gebietes beherrscht, imstande ist, ihn nachzuprüfen“ (Abschn. 27).

## 7.5 Logische Form der Basissätze

Es muß gezeigt werden, wie allgemeine Hypothesen und Basissätze kritisch geprüft und gegebenenfalls falsifiziert werden können. In Abschn. 28 wendet sich Popper diesen Problemen zu.

Hat nicht Popper das Problem, wie allgemeine Hypothesen anhand von Basissätzen falsifiziert werden können, schon vor Abschn. 28 gelöst? In Abschn. 18 behandelt er falsifizierende Schlüsse und schreibt, daß sie von falschen Folgesätzen (Konsequenzen, Prognosen) ausgehen. Um Hypothesen zu prüfen, leiten wir aus ihnen mit Hilfe von (singulären) Randbedingungen Prognosen ab. Falls die Prognose falsch ist, wird „das ganze System (die Theorie einschließlich der Randbedingungen) ... falsifiziert“ (Abschn. 18). Durch solche falsifizierenden Schlüsse werden also immer Theorien zusammen mit Randbedingungen falsifiziert, nie Theorien allein.

Um das Problem anschaulich darzustellen, nehmen wir an, daß wir die einfache Hypothese ‚Alle Schwäne sind weiß‘ prüfen wollen. Der erste Schritt in der Prüfung ist die Ableitung einer Prognose aus der allgemeinen Hypothese:

Alle Schwäne sind weiß.	Allgemeine Hypothese ( $H$ )
Hier gibt es jetzt einen Schwan.	Randbedingung ( $R$ )
<hr/>	
Hier gibt es jetzt einen weißen Schwan.	Prognose ( $P$ )

Nehmen wir an, daß es hier keinen weißen Schwan gibt, daß also die Prognose falsch ist. Weil die Konklusion falsch ist, muß mindestens eine Prämisse falsch sein: die allgemeine Hypothese und die Randbedingung können nicht beide wahr sein (Prinzip der Rückübertragung der Falschheit, siehe Popper 1970, S. 116):

Hier gibt es jetzt keinen weißen Schwan. ( $\neg P$ )
<hr/>
Es ist nicht der Fall, daß alle Schwäne weiß sind und daß es hier jetzt einen Schwan gibt. $\neg(H\&R)$

In diesem Fall ist die Konjunktion der Theorie und der Randbedingung falsifiziert. Das Problem, wie eine Theorie allein falsifiziert werden kann, ist noch nicht gelöst. Es muß gezeigt werden, daß es falsifizierende besondere Basissätze ( $B$ ) gibt, so daß  $\neg H$  aus  $B$  logisch folgt:

Basissatz. ( $B$ )
<hr/>
Nicht alle Schwäne sind weiß. ( $\neg H$ )

Dieses Problem muß gelöst werden, damit die Falsifizierbarkeit als ein Abgrenzungskriterium für allgemeine Hypothesen verwendet werden kann. Im Kapitel IV diskutierte Popper die Falsifizierbarkeit unter der später zu untersuchenden Voraussetzung, daß es falsifizierbare Basissätze gibt, die allgemeine Hypothesen falsifizieren können (vgl. Einleitung zu Kap. IV).

In Abschn. 28 untersucht Popper, ob diese Voraussetzung richtig ist, ob es falsifizierbare besondere Sätze gibt, die eine allgemeine Hypothese falsifizieren können. Eine allgemeine Hypothese ist einem Es-gibt-nicht-Satz äquivalent. So ist z. B. ‚Alle Schwäne sind weiß‘ dem Satz ‚Es gibt keinen Schwan, der nicht weiß ist‘ äquivalent. Weiter ist ein Es-gibt-Satz der Negation eines Allsatzes äquivalent. So ist z. B. ‚Es gibt einen Schwan, der nicht weiß ist‘ dem Satz ‚Nicht alle Schwäne sind weiß‘ äquivalent. Deshalb falsifiziert der Es-gibt-Satz ‚Es gibt einen Schwan, der nicht weiß ist‘ die allgemeine Hypothese ‚Alle Schwäne sind weiß‘.

Basissätze können aber nicht als bloße Es-gibt-Sätze bestimmt werden, weil sie dann nicht durch andere Basissätze falsifizierbar sind. Ein Es-gibt-Satz, wie ‚Es gibt einen Schwan, der nicht weiß ist‘, kann durch keinen anderen Es-gibt-Satz falsifiziert werden. Auch wenn ein nicht weißer Schwan bisher nicht beobachtet wurde, so kann immer behauptet werden, daß es irgendwo und irgendwann doch einen Schwan gibt, der nicht weiß ist. Damit der Satz falsifizierbar wird, muß angegeben werden, wo und wann es einen nicht weißen Schwan gibt, z. B. ‚Am 16. Mai 1934 stand ein nicht weißer Schwan zwischen 10 und 11 Uhr morgens vor der Statue der Kaiserin Elisabeth im Volksgarten in Wien‘ (vgl. Popper 1983, S. xx, Übers. G. A.). Dieser Satz hat die logische Form eines (raum-zeitlich) singulären Es-gibt-Satzes: ‚An der Raum-Zeit-Stelle  $k$  gibt es ein  $P$ ‘. Er ist eine Falsifikationsmöglichkeit der allgemeinen Hypothese ‚Alle Schwäne sind weiß‘:

Am 16. Mai 1934 stand ein nicht weißer Schwan zwischen 10 und 11 Uhr morgens vor der Statue der Kaiserin Elisabeth im Volksgarten in Wien. (B)

---

Nicht alle Schwäne sind weiß. ( $\neg H$ )

Popper setzt als formale Forderung an Basissätze fest, daß sie die logische Form eines (raum-zeitlich) singulären Es-gibt-Satzes haben sollen. Sein Motiv für diese Forderung ist klar: Raum-zeitlich singuläre Es-gibt-Sätze können allgemeine Hypothesen falsifizieren und scheinen selbst falsifizierbar zu sein.

Der Schein trügt aber. Wie schon ausgeführt, können Es-gibt-Sätze einander nicht widersprechen. Aber auch *singuläre* Es-gibt-Sätze können einander nicht widersprechen. So besteht z. B. kein Widerspruch zwischen den singulären Es-gibt-Sätzen ‚Am 16. Mai 1934 stand ein weißer Schwan zwischen 10 und 11 Uhr morgens vor der Statue der Kaiserin Elisabeth im Volksgarten in Wien‘ und ‚Am 16. Mai 1934 stand ein nicht weißer Schwan zwischen 10 und 11 Uhr morgens vor der Statue der Kaiserin Elisabeth im Volksgarten in Wien‘. Es ist logisch möglich, daß beide Sätze wahr sind, daß zwei Schwäne vor der Statue standen, ein weißer und ein nicht weißer. Der Basissatz ‚Am 16. Mai 1934 stand ein weißer Schwan zwischen 10 und 11 Uhr morgens vor der Statue der Kaiserin Elisabeth im Volksgarten in

Wien' wird vom singulären Es-gibt-nicht-Satz ‚Am 16. Mai 1934 stand kein weißer Schwan zwischen 10 und 11 Uhr morgens vor der Statue der Kaiserin Elisabeth im Volksgarten in Wien' widerlegt. Allgemein wird ein Es-gibt-Satz von einem Es-gibt-nicht-Satz widerlegt. Aber nach Poppers formaler Forderung an Basissätze sind Es-gibt-nicht-Sätze keine Basissätze. Popper schreibt sogar (Abschn. 28): „... wir müssen die logische Form der Basissätze so bestimmen, daß die Negation eines Basissatzes ihrerseits kein Basissatz sein kann.“

Poppers formale Forderung an Basissätze führt also dazu, daß Basissätze selbst nicht falsifizierbar und damit gemäß Poppers Abgrenzungskriterium unwissenschaftlich sind. Dies ist eine unbeabsichtigte und unerwünschte Konsequenz, denn selbstverständlich müssen die Basissätze selbst wissenschaftlich und falsifizierbar sein, wie Popper auch wiederholt betont.

Poppers formale Forderung an Basissätze ist nicht hinreichend, falls wir verlangen, daß Basissätze selbst falsifizierbar sein sollen. Sie ist auch nicht notwendig. Es gibt Falsifikationsmöglichkeiten allgemeiner Hypothesen, die keine Es-gibt-Sätze sind. Wenn  $a, b, c, \dots$  Individuennamen sind, so ist der Satz ‚ $a$  ist ein Schwan und nicht weiß und befindet sich an der Raum-Zeit-Stelle  $k$ ' auch eine Falsifikationsmöglichkeit zur allgemeinen Hypothese ‚Alle Schwäne sind weiß'. Es ist nicht einzusehen, warum besondere Sätze dieser Art, die keine Es-gibt-Sätze sind, nicht Basissätze sein können.

Basissätze sollen nicht nur allgemeine Hypothesen, sondern auch andere Basissätze falsifizieren können. Deshalb muß die logische Form der Basissätze so bestimmt werden, daß die Negation eines Basissatzes auch ein Basissatz ist. Es ist weiter wünschenswert, daß besondere Sätze über bestimmte Individuen auch Basissätze sind. Die einfachste Lösung dieser Probleme ist es, nur zu verlangen, daß Basissätze raum-zeitlich singuläre besondere Sätze sein sollen. Gemäß dieser revidierten Forderung sind z. B. folgende Sätze Basissätze:

An der Raum-Zeit-Stelle  $k$  gibt es einen Schwan, der nicht weiß ist. (An  $k$  gibt es ein  $P$ .)

An der Raum-Zeit-Stelle  $k$  gibt es keinen Schwan, der nicht weiß ist. (An  $k$  gibt es kein  $P$ .)

Das Individuum  $a$  an der Raum-Zeit-Stelle  $k$  ist ein Schwan.  
 (Das Individuum  $a$  an  $k$  ist ein S.)  
 Das Individuum  $a$  an der Raum-Zeit-Stelle  $k$  ist kein Schwan.  
 (Das Individuum  $a$  an  $k$  ist kein S.)

Popper bestimmt die logische Form von Basissätzen mit prädikatenlogischen Überlegungen, mit Äquivalenzen zwischen Negationen von Allsätzen und Es-gibt-Sätzen. Durch solche Überlegungen gelingt es ihm zu zeigen, daß eine allgemeine Hypothese durch einen Basissatz falsifiziert werden kann. Eine allgemeine Hypothese kann aber auch durch eine Randbedingung und die Negation einer Prognose falsifiziert werden:

An $k$ gibt es keinen weißen Schwan.	Negation der Prognose ( $\neg P$ )
<u>An <math>k</math> gibt es einen Schwan.</u>	Randbedingung ( $R$ )
Nicht alle Schwäne sind weiß.	Negation der Hypothese ( $\neg H$ )

Die allgemeine Hypothese  $H$  kann also durch  $R \& \neg P$  falsifiziert werden:  $R \& \neg P$  ist eine Falsifikationsmöglichkeit der Hypothese  $H$ . Aus  $R \& \neg P$  folgt logisch der falsifizierende Basissatz ‚An  $k$  gibt es einen Schwan, der nicht weiß ist‘ ( $B$ ). Die Umkehrung gilt aber nicht. Aus  $B$  folgt nicht logisch  $R \& \neg P$ . (Es ist logisch möglich, daß es an  $k$  einen weißen Schwan gibt und einen, der nicht weiß ist, und damit, daß  $B$  wahr und  $R \& \neg P$  falsch ist.) Deshalb ist eine Falsifikationsmöglichkeit der Form  $R \& \neg P$  einem Basissatz  $B$  nicht äquivalent, obwohl Popper das behauptet (Abschn. 28).

Wenn Basissätze als raum-zeitlich singuläre besondere Sätze festgelegt werden, dann ist auch eine Falsifikationsmöglichkeit der Form  $R \& \neg P$  ein Basissatz. Es ist am einfachsten, eine Falsifikationsmöglichkeit als eine Konjunktion von Randbedingung(en) und der Negation einer Prognose zu bestimmen, besonders wenn mehrere Randbedingungen und allgemeine Hypothesen notwendig sind, um eine Prognose abzuleiten.

Popper gibt folgendes Beispiel einer Prognosededuktion (Abschn. 12):

Für alle Fäden der (durch Material, Dicke, usw. bestimmten) Struktur  $S$  gibt es ein charakteristisches Gewicht  $w$ , so daß jeder Faden der Struktur  $S$  reißt, wenn er mit  $w$  kg belastet wird. ( $H_1$ )

Alle Fäden der Struktur  $S_1$  haben das charakteristische Gewicht 1 kg. ( $H_2$ )

Dieser Faden hat die Struktur  $S_1$ . ( $R_1$ )

Das Gewicht, das diesen Faden belastet, ist 2 kg. ( $R_2$ )

---

Dieser Faden reißt. ( $P$ )

Um die Theorie ( $H_1 \& H_2$ ) zu prüfen, kann nach dem Prinzip des bedingten Beweises eine bedingte Prognose oder Prüfimplikation abgeleitet werden (Suppes 1957, S. 29; Copi 1973, S. 50–53; Andersson 1988, S. 20–23):

Für alle Fäden der (durch Material, Dicke, usw. bestimmten) Struktur  $S$  gibt es ein charakteristisches Gewicht  $w$ , so daß jeder Faden der Struktur  $S$  reißt, wenn er mit  $w$  kg belastet wird. ( $H_1$ )

Alle Fäden der Struktur  $S_1$  haben das charakteristische Gewicht 1 kg. ( $H_2$ )

---

Wenn dieser Faden die Struktur  $S_1$  hat und mit 2 kg belastet wird, dann reißt er. ( $(R_1 \& R_2) \rightarrow P$ )

Die Prüfimplikation ist falsch genau dann, wenn die Randbedingungen ( $R_1 \& R_2$ ) wahr sind und die Prognose  $P$  falsch ist. Die Negation der Prüfimplikation ist also dem Satz ( $R_1 \& R_2 \& \neg P$ ) logisch äquivalent. Wenn die Konklusion eines gültigen Schlusses falsch ist, dann muß mindestens eine Prämisse falsch sein (Prinzip der Rückübertragung der Falschheit). Wenn also die Prüfimplikation falsch ist, dann muß ( $H_1 \& H_2$ ) falsch sein. Also kann die Theorie ( $H_1 \& H_2$ ) wie folgt falsifiziert werden (Andersson 1988, S. 28):

$R_1, R_2$	Randbedingungen
$\neg P$	Negation der Prognose
$\overline{\neg(H_1 \& H_2)}$	Negation der Theorie

Der Satz ( $R_1 \& R_2 \& \neg P$ ), ‚Dieser Faden der Struktur  $S_1$  wird mit 2 kg belastet und reißt nicht‘, ist also eine Falsifikationsmöglich-

keit der Theorie ( $H_1 \& H_2$ ). Die allgemeine logische Form einer Prognosededuktion ist die folgende:

$$\begin{array}{ll} H_1, H_2, \dots, H_m & \text{Allgemeine Hypothesen} \\ R_1, R_2, \dots, R_n & \text{Randbedingungen} \\ \hline P & \text{Prognose} \end{array}$$

Um die Theorie bestehend aus den allgemeinen Hypothesen zu prüfen, kann man mit dem Prinzip des bedingten Beweises eine bedingte Prognose (Prüfimplikation) ableiten (Andersson 1988, S. 195–197):

$$\begin{array}{ll} H_1, H_2, \dots, H_m & \text{Allgemeine Hypothesen} \\ \hline (R_1 \& R_2 \& \dots \& R_n) \rightarrow P & \text{Prüfimplikation} \end{array}$$

Die Prüfimplikation ist falsch, wenn die Randbedingungen wahr und die Prognose  $P$  falsch ist. Deshalb ist folgender falsifizierender Schluß gültig (Andersson 1988, S. 198 f.):

$$\begin{array}{ll} R_1, R_2, \dots, R_n & \text{Randbedingungen} \\ \neg P & \text{Negation der Prognose} \\ \hline \neg(H_1 \& H_2 \& \dots \& H_m) & \text{Negation der Theorie} \end{array}$$

Dies zeigt, wie Theorien bestehend aus mehreren allgemeinen Hypothesen falsifiziert werden können. Diese Form der Falsifikation ist viel allgemeiner, als die Form, die Popper in Abschn. 18 behandelt. Der singuläre besondere Satz ( $R_1 \& R_2 \& \dots \& R_n \& \neg P$ ) ist eine Falsifikationsmöglichkeit der allgemeinen Theorie ( $H_1 \& H_2 \& \dots \& H_m$ ). Falls Basissätze als singuläre besondere Sätze festgelegt werden, wie oben vorgeschlagen, dann können Randbedingungen, Prognosen, Negationen von Prognosen, Prüfimplikationen und Falsifikationsmöglichkeiten alle als Basissätze aufgefaßt werden.

## 7.6 Inhaltliche Forderung an Prüfsätze: Beobachtbarkeit

Basissätze sollen intersubjektiv nachprüfbar sein. In Abschn. 28 verlangt Popper als materiale oder inhaltliche Forderung an Basissätze, daß sie beobachtbare Vorgänge beschreiben sollen. Da Basissätze bestimmte Vorgänge an bestimmten Plätzen und zu bestimmten Zeitpunkten beschreiben und somit (raum-zeitlich) singular sind, kann sich die Forderung nach Beobachtbarkeit (intersubjektive Nachprüfbarkeit) „nur auf jene ‚nachprüfenden Subjekte‘ beziehen, die sich in entsprechender raumzeitlicher Nähe befinden (eine Frage, auf die wir nicht weiter eingehen)“ (Abschn. 28). Der Satz ‚Hier ist jetzt ein Glas Wasser‘ kann nur von denjenigen Subjekten geprüft werden, die sich jetzt hier befinden.

Popper definiert den Begriff ‚beobachtbar‘ nicht, sondern führt ihn als einen undefinierten, durch den Sprachgebrauch hinreichend präzisierten *Grundbegriff* ein (Abschn. 28). Wassergläser, weiße Schwäne, Fäden bestimmter Struktur, 2 kg-Gewichte usw. sind beobachtbar, obwohl Sätze über sie über die unmittelbare Erfahrung hinausgehen. Diese „Transzendenz“ der Basissätze ist für eine objektivistische Auffassung der empirischen Basis unproblematisch: Basissätze sollen ja nach dieser Auffassung durch die Erfahrung nicht verifiziert, sondern geprüft werden. Der Satz ‚Hier ist jetzt ein Glas Wasser‘ kann durch Beobachtung zwar wegen der oben behandelten „Transzendenz der Darstellung“ nicht verifiziert, jedoch geprüft werden.

## 7.7 Relativität der Basissätze

### 7.7.1 Deduktive Prüfung

Nach Popper kann jeder Basissatz durch Deduktion anderer Basissätze überprüft werden, „wobei unter Umständen die gleiche Theorie wieder verwendet werden muß oder auch eine andere“ (Abschn. 29). Er gibt folgendes Beispiel (Popper 1979, Abschn. 11, S. 125 f.). Falls der besondere Satz ‚Dieses Pulver ist Rotes Präzipitat‘ als problematisch aufgefaßt wird, „so werden

aus dem fraglichen Satz und den chemischen Naturgesetzen *Prognosen* deduziert und überprüft; das Pulver wird zum Beispiel erhitzt, das entweichende Gas mit Hilfe eines glühenden Spans der Sauerstoffprobe unterzogen, usw.“ Um aus einem Basissatz andere Basissätze ableiten zu können, sind *Hilfshypothesen* notwendig. In Poppers Beispiel setzen wir zuerst die *Hilfshypothese* ‚Wenn Rotes Präzipitat stark erhitzt wird, dann entweicht Sauerstoff‘ voraus. Mit dieser *Hilfshypothese* können wir prüfen, ob ein bestimmtes Pulver Rotes Präzipitat ist, nämlich dadurch, daß wir das Pulver stark erhitzen und kontrollieren, ob Sauerstoff entweicht.

Die deduktive Prüfung des problematischen Basissatzes hat folgende logische Struktur:

Dieses Pulver ist Rotes Präzipitat.	Problematischer Basissatz
Wenn Rotes Präzipitat stark erhitzt wird, dann entweicht Sauerstoff.	Hilfshypothese

Wenn dieses Pulver stark erhitzt wird, dann entweicht Sauerstoff.	Neuer Basissatz
--	-----------------

Wenn es unproblematisch ist, durch Beobachtung zu prüfen, ob das Pulver stark erhitzt wird und ob Sauerstoff entweicht, dann ist es uns gelungen, aus einem problematischen Basissatz einen unproblematischen abzuleiten.

Falls auch der neue Basissatz problematisch sein sollte, dann ist es möglich, die Deduktion von Basissätzen fortzusetzen. Nehmen wir z. B. an, daß es problematisch ist, ob das entweichende Gas Sauerstoff ist. Wir können dann weitere Basissätze wie folgt ableiten:

Dieses Gas ist Sauerstoff.	Problematischer Basissatz
Wenn glühende Eisenspäne in Sauerstoff eingeführt werden, dann flammen sie auf.	Hilfshypothese

Wenn glühende Eisenspäne in dieses Gas eingeführt werden, dann flammen sie auf.	Neuer Basissatz
--	-----------------

Poppers Beispiel zeigt, wie Basissätze über Rotes Präzipitat durch Basissätze über Sauerstoff geprüft werden können, und wie wiederum Basissätze über Sauerstoff durch Basissätze über aufflammende Eisenspäne geprüft werden können. Diese Art

der Nachprüfung kann immer fortgesetzt werden. Wir werden aber in der Praxis bei unproblematischen Basissätzen stehenbleiben, bei Basissätzen, deren intersubjektive Nachprüfung „leicht“ ist.

### 7.7.2 Auflösung des Trilemmas

Basissätze können also immer durch andere Basissätze geprüft werden. „[D]ie Kette der Deduktion [ist] grundsätzlich unendlich“ (Abschn. 29). Die Funktion dieser Prüfung ist es nicht, die Basissätze als wahr zu begründen. Deshalb entsteht kein unendlicher Regreß. Die unproblematischen Basissätze, bei denen wir stehenbleiben, bleiben auch nach der Prüfung fallibel. Wer will, kann die Prüfung der Basissätze fortsetzen. Eine solche Prüfung kann sehr wohl zeigen, daß Prüfsätze, die unproblematisch erscheinen, doch problematisch sind. Weil es jedem offensteht, die Prüfung fortzusetzen, werden keine Basissätze dogmatisch behauptet. Die Basissätze werden zwar mit der Erfahrung verglichen, aber sie werden durch diesen Vergleich geprüft, nicht verifiziert. Deshalb ist auch der Psychologismus ausgeschaltet.

Die Funktion der Erfahrung ist es, Basissätze zu prüfen. Wenn von der grundlegenden Idee der kritischen Prüfung ausgegangen wird, entsteht kein Trilemma, keine Wahl zwischen Dogmatismus, unendlichem Regreß oder Psychologismus (vgl. Albert 1969, Abschn. 5).

## 7.8 Anerkennung von Basissätzen

### 7.8.1 Konventionalismus und Kritizismus

Um eine wissenschaftliche Theorie zu falsifizieren oder zu bewähren, müssen Basissätze behauptet werden. Logische Untersuchungen können zeigen, daß eine Theorie bestimmte Falsifikationsmöglichkeiten hat. Um die Theorie zu falsifizieren, muß mindestens eine dieser Falsifikationsmöglichkeiten behauptet werden. So können wir z. B. durch logische Untersuchungen feststellen, daß die allgemeine Hypothese ‚Alle Schwäne sind weiß‘ folgende Falsifikationsmöglichkeiten besitzt: ‚An  $k$  gibt es

einen Schwan, der nicht weiß ist', ‚An *l* gibt es einen Schwan, der nicht weiß ist', ‚An *m* gibt es einen Schwan, der nicht weiß ist' usw. Für eine Falsifikation muß mindestens einer dieser Basissätze tatsächlich behauptet werden. Popper drückt das so aus, daß mindestens einer dieser Basissätze „anerkannt“ oder „ausgezeichnet“ werden muß. Eine Beobachtung an *k* kann z. B. zeigen, daß es dort einen Schwan, der nicht weiß ist, gibt. Der Forscher kann sich dann psychologisch motiviert fühlen, den entsprechenden Basissatz anzuerkennen. Erst nach dieser „Anerkennung“ einer Falsifikationsmöglichkeit ist die allgemeine Hypothese tatsächlich falsifiziert.

Nach Popper sind also Entscheidungen oder Festsetzungen über Basissätze notwendig, um allgemeine Hypothesen prüfen zu können: „*Festsetzungen* sind es somit, die über das Schicksal der Theorie entscheiden“ (Abschn. 30). Popper betont, daß Basissätze in keiner Weise begründet werden, weder durch die Erfahrung noch durch die Entscheidung, sie anzunehmen. Logisch betrachtet seien die Entscheidungen, Basissätze anzuerkennen, *willkürliche Festsetzungen*. „Damit geben wir auf die Frage nach der Auszeichnung eine ähnliche Antwort wie der Konventionalismus“ (Abschn. 30). Nach Popper werden allgemeine Hypothesen durch Basissätze empirisch geprüft, Basissätze dagegen konventionell anerkannt.

Um den Psychologismus auszuschalten und um sich von der Begründungsphilosophie zu distanzieren, behauptet Popper, daß Basissätze durch konventionelle Entscheidungen anerkannt werden. Ist aber der Konventionalismus die einzige Alternative zum Psychologismus und zur Begründungsphilosophie? Paßt Poppers Konventionalismus bezüglich der Basissätze wirklich zu dem „robusten Realismus“ [\*Zusatz (1968) zu Kapitel V, (2)], den er vertreten will? Bartley beklagt Poppers unglückliche Neigung, eine Konvention oder eine irrationale Entscheidung zu fordern, wenn man an einen Punkt gelangt, der nicht begründet werden kann, und schlägt vor, Poppers Anforderung hinsichtlich Entscheidungen, Festsetzungen und Anerkennung als überflüssig zu eliminieren (Bartley 1987, S. 234).

Warum sagt Popper nicht, daß Basissätze mit der Erfahrung verglichen und dadurch kritisch geprüft werden können? Es ist zwar richtig, daß Basissätze durch Erfahrung nicht begründet oder verifiziert werden können. Dies schließt aber nicht aus, daß

Basissätze mit der Erfahrung verglichen und dadurch geprüft werden können. So ist es unproblematisch zu behaupten, daß der Basissatz ‚Am 16. Mai 1934 stand ein weißer Schwan zwischen 10 und 11 Uhr morgens vor der Statue der Kaiserin Elisabeth im Volksgarten in Wien‘ von jemandem mit der Erfahrung verglichen werden kann, der sich zur angegebenen Zeit am angegebenen Ort befand. Durch einen solchen Vergleich wird der Basissatz empirisch geprüft. Es ist weiter unproblematisch zu behaupten, daß eine solche empirische Prüfung zu der Vermutung führen kann, daß der Basissatz wahr ist. Wer das vermutet, zeigt dies ganz einfach dadurch, daß er den Basissatz behauptet. Er muß nicht darüber hinaus noch den Satz „anerkennen“ oder eine Entscheidung oder Festsetzung treffen. (Selbstverständlich muß der Basissatz nicht als wahr festgesetzt werden oder gar, wie Lakatos (1974, S. 104) glaubt, durch Entscheidung unwiderlegbar gemacht werden. Die Wahrheit eines Basissatzes kann durch eine Entscheidung genau so wenig *festgesetzt* werden wie durch einen Faustschlag auf den Tisch.)

Popper spricht in der *Logik* nicht von der Wahrheit der Basissätze, sondern nur von Anerkennung oder Festsetzung. Als er das Buch schrieb, kannte er Tarskis Theorie der Wahrheit noch nicht und wollte wegen ungeklärter Probleme den Wahrheitsbegriff so weit wie möglich vermeiden. Er schreibt (Abschn. 84) sogar, daß er auf den Gebrauch der Begriffe ‚wahr‘ und ‚falsch‘ in seiner Wissenschaftstheorie verzichten kann, bemerkt aber später (Abschn. 84, Anm. \*1), daß er kurz nach der Veröffentlichung der *Logik* das Glück hatte, Alfred Tarskis Wahrheitstheorie kennenzulernen. Nachdem Popper diese Theorie kennengelernt hatte, benutzte er ohne Zögern die Ausdrücke ‚Wahrheit‘ und ‚Falschheit‘ (vgl. Popper 1974, S. 78). Wäre Popper weniger zögernd bezüglich der Wahrheit gewesen, als er die *Logik* schrieb, so wäre seine Diskussion der Basissätze ohne konventionalistische Einschläge gewesen.

Der Vergleich mit der Erfahrung kann auch zu der Vermutung führen, daß ein Basissatz falsch ist. Die empirische Prüfung des Basissatzes führt dann dazu, daß die Negation des Basissatzes behauptet wird, z. B. zur Behauptung: ‚Am 16. Mai 1934 stand kein weißer Schwan zwischen 10 und 11 Uhr morgens vor der Statue der Kaiserin Elisabeth im Volksgarten in Wien‘. Durch

Vergleich mit der Erfahrung können natürlich Basissätze kritisch geprüft und gegebenenfalls falsifiziert werden.

Wenn der Vergleich zwischen Basissatz und Erfahrung problematisch ist, dann kann der problematische Basissatz durch Ableitung eines anderen Basissatzes geprüft werden. Oben wurde der Basissatz ‚Dieses Pulver ist Rotes Präzipitat‘ diskutiert. Nehmen wir an, daß wir bezweifeln, daß das Pulver Rotes Präzipitat ist. Es ist dann möglich, mit Hilfhypothesen Konsequenzen aus dem problematischen Basissatz abzuleiten, um zu prüfen, ob das Pulver wirklich Rotes Präzipitat ist. Wir können, wie oben ausgeführt, das Pulver stark erhitzen und untersuchen, ob Sauerstoff gebildet wird. Falls kein Sauerstoff gebildet wird, obwohl das Pulver stark erhitzt wurde und die Hilfhypothese nicht in Frage gestellt wird, dann ist der problematische Basissatz sogar falsifiziert (vgl. Andersson 1988, S. 112–115):

Wenn Rotes Präzipitat stark erhitzt wird,	Unproblematische
dann entweicht Sauerstoff.	Hilfhypothese
Kein Sauerstoff entwich, obwohl	Neuer Basissatz
<u>dieses Pulver stark erhitzt wurde.</u>	
Dieses Pulver ist kein	Negation des
Rotes Präzipitat.	problematischen Basissatzes

Basissätze können also durch Vergleich mit der Erfahrung geprüft werden. Falls der Vergleich positiv ausfällt, wird der Basissatz behauptet; falls der Vergleich negativ ausfällt, wird die Negation des Basissatzes behauptet. Es ist auch möglich, problematische Basissätze durch Ableitung und empirische Prüfung anderer Basissätze zu prüfen. Dies ist die Methode oder das Verfahren zur kritischen Diskussion der Basissätze.

Wie allgemeine Hypothesen so sind auch Basissätze fallibel und können empirisch geprüft werden. Wie allgemeine Hypothesen können auch Basissätze behauptet werden, solange es keinen Grund gibt zu vermuten, daß sie falsch sind. Obwohl Hypothesen allgemeine Sätze sind und Basissätze singuläre, gibt es keine prinzipiellen Unterschiede in ihrer kritischen Prüfung, jedenfalls keine so schwerwiegenden Unterschiede, daß man behaupten müßte, daß allgemeine Hypothesen aufgrund empirischer Prüfung, Basissätze aber aufgrund konventioneller Entscheidungen behauptet werden. Sowohl allgemeine Hypothesen

als auch singuläre Basissätze sind fehlbare Vermutungen, die aber kritisch geprüft und nach kritischer Prüfung (vorläufig) behauptet werden können. Es ist leichter, einen singulären als einen allgemeinen Satz zu prüfen. Basissätze sollen „beobachtbare“ Vorgänge beschreiben, während Theorien oft Vorgänge beschreiben, die nicht direkt beobachtet werden können. Trotzdem sind sowohl allgemeine Hypothesen als auch singuläre Basissätze fehlbare Vermutungen. Die Wissenschaft besitzt keine absolut sichere Basis, sondern alles ist ein Gewebe von Vermutungen (Vorwort zur dritten deutschen Auflage der *Logik*). Basissätze sind also ebensowenig Konventionen wie allgemeine Hypothesen und werden ebensowenig durch konventionelle Entscheidungen anerkannt wie allgemeine Hypothesen.

Eine typische Konvention ist es, ein Meter als  $1/40\,000\,000$  des Umfangs der Erde zu definieren. Diese Konvention kann zweckmäßig sein oder nicht, ist aber weder wahr noch falsch. Als Konvention kann sie *anerkannt* werden. Dadurch kann ein Maß der Länge *festgelegt* werden. Wenn wir diese Konvention akzeptiert haben, ist es nicht mehr konventionell zu behaupten, daß z. B. die mittlere Entfernung zum Mond 384 403 km ist. Diese Behauptung ist eine *Vermutung*, die wahr oder falsch ist und auf verschiedene Art geprüft werden kann. Wir können uns entscheiden, ein Maß der Länge auf eine bestimmte Art zu definieren; wir können aber durch keine Entscheidung einen Satz über den Abstand zum Mond wahr machen. Poppers Behauptung, daß *Festsetzungen* oder Konventionen über das Schicksal der Theorien entscheiden, muß also zurückgewiesen werden.

### 7.8.2 Schwurgericht

Um zu zeigen, daß Basissätze durch die Erfahrung nicht begründet werden, vergleicht Popper die kritische Diskussion über Basissätze mit der kritischen Diskussion eines Schwurgerichtes. Die Aufgabe der Geschworenen ist es, eine Antwort auf Tatsachenfragen (quid facti?) zu geben. „Durch Beschluß der Geschworenen wird eine Behauptung über einen konkreten Vorgang aufgestellt“ (Abschn. 30). Es ist richtig, daß die Geschworenen sich nach kritischer Diskussion über eine gemeinsame Behauptung, über einen gemeinsamen „Wahrspruch“, einigen

müssen. Dadurch wird der „Wahrspruch“ nicht konventionell, sondern bleibt eine fehlbare Vermutung über tatsächliche Umstände. Popper behauptet, daß der „Wahrspruch“ der Geschworenen „nur darauf geprüft werden kann, ob er *regelrecht* zustande gekommen ist“ (also formal, nicht inhaltlich) (Abschn. 30). In den meisten Rechtssystemen ist es aber möglich, Einspruch gegen das Urteil eines Gerichts zu erheben, insbesondere falls neue tatsächliche Umstände bekannt geworden sind, die einen früheren „Wahrspruch“ in Frage stellen. Es ist deshalb durchaus möglich, „Wahrsprüche“ in Frage zu stellen und auch inhaltlich zu prüfen. Aus praktischen Gründen ist in juristischen Zusammenhängen die Möglichkeit, Einspruch zu erheben, begrenzt; aus praktischen Gründen gibt es eine letzte Instanz, ein höchstes Gericht. Die Wissenschaft unterliegt aber nicht solchen Sachzwängen, sondern in ihr können frühere „Wahrsprüche“ oder Vermutungen immer in Frage gestellt und erneut geprüft werden, ganz gleich ob diese Vermutungen singulär oder allgemein sind, ob es sich um allgemeine Hypothesen oder um singuläre Basissätze handelt.

### 7.8.3 Pfeilerbau der Wissenschaft

Am Ende des fünften Kapitels vergleicht Popper die Wissenschaft mit einem Pfeilerbau, der über einem Sumpfland errichtet ist. Die Pfeiler erreichen keinen Felsengrund, sondern sind nur so weit in den Sumpf getrieben, daß man hoffen kann, daß sie das Gebäude tragen (Abschn. 30).

Basissätze können eine Theorie nicht begründen und eigentlich auch nicht tragen. Dagegen können Basissätze eine Theorie kritisch prüfen. Dabei kann die Theorie sich bewähren oder widerlegt werden. Die Theorie bleibt aber auch nach strenger Prüfung fallibel. Es ist immer möglich, daß sie durch weitere Prüfung widerlegt wird.

Die Basissätze selbst werden durch Erfahrung nicht begründet oder verifiziert, sondern sind im Prinzip immer fallibel. Basissätze können aber an der Erfahrung kritisch geprüft werden. Falls Beobachtungen oder Experimente sie nicht problematisieren, können sie in der kritischen Diskussion benutzt werden, um allgemeine Hypothesen und Theorien zu prüfen.

## 7.9 Ausblick und Zusammenfassung

Thomas Kuhn behauptet, daß Popper zwar die Fallibilität der Basissätze einsieht, aber keine Lösung des Basisproblems anbietet (Kuhn 1974, S. 15). Zusammen mit Feyerabend (1983) behauptet Kuhn (1976, Kap. X) weiter, daß die Theorienabhängigkeit der Erfahrung dazu führt, daß konkurrierende Theorien inkommensurabel sind. Ausgehend von Poppers kritizistischer Lösung des Basisproblems kann aber das Inkommensurabilitätsproblem gelöst werden. Falls bei der Prüfung konkurrierender Theorien eine intersubjektive Einigung über unproblematische Basissätze nicht möglich ist, kann die Deduktion der Prüfsätze fortgesetzt werden, so daß neue und unproblematische Basissätze diskutiert werden können. So können ein Vertreter der Sauerstofftheorie und ein Vertreter der Phlogistontheorie sich vielleicht nicht einigen, ob sich Sauerstoff oder Luft ohne Phlogiston in einem Reagenzglas befindet. Aber sie können sich darüber einig werden, daß glühende Eisenspäne aufflammen, wenn sie in das Reagenzglas eingeführt werden (vgl. Andersson 1988, S. 116–119). Dann kann diskutiert werden, ob diese neuen und unproblematischen Basissätze die beiden diskutierten Theorien widerlegen oder nicht. Die neuen Basissätze erlauben also eine kritische Diskussion und den Vergleich der beiden Theorien und lösen dadurch die angebliche Inkommensurabilität auf (Andersson 1981; ders. 1985).

Können Theorien durch fallible Basissätze falsifiziert werden? Was ist Falsifikation, wenn nicht zwingende Widerlegung (Kuhn 1974, S. 16)? Falls die Basissätze fallibel sind, sind auch die Falsifikationen fallibel. Wenn neue Beobachtungen oder Experimente zeigen sollten, daß bestimmte Basissätze falsch oder problematisch sind, so ist es durchaus möglich, daß frühere Widerlegungen zurückgezogen werden müssen. Für einen konsequenten Fallibilismus ist es natürlich, zu behaupten, daß wir uns auch über Basissätze und Falsifikationen irren können. Dies ist nur dann ein Problem, wenn man glaubt, daß nur absolut sichere Falsifikationen interessant sind. Es gibt aber keinen Grund, Falsifikationen auf diese begründungsphilosophische Art zu deuten (Andersson 1988, S. 109 f.).

Imre Lakatos (1974, S. 104) behauptet, daß Basissätze durch konventionelle Entscheidungen angenommen werden. Oben

wurde argumentiert, daß die konventionalistischen Einschläge in Poppers Diskussion der Basissätze als irreführend und überflüssig eliminiert werden können. Lakatos geht in seiner Diskussion des Basisproblems gerade von diesen irreführenden Elementen aus und erzielt keine Fortschritte.

Im fünften Kapitel der *Logik* kritisiert Popper die frühere begründungsphilosophische und verifikationistische Lösung des Basisproblems und bietet eine neue und kritizistische Lösung des Problems an. Das ist eine überaus interessante und weiterführende Problemlösung, deren Leistungskraft die meisten Wissenschaftstheoretiker bisher noch nicht zur Kenntnis genommen haben.

## Literatur

- Albert, Hans (1969): Traktat über kritische Vernunft, 2. Aufl., Tübingen.
- Andersson, Gunnar (1981): „Sind Falsifikationismus und Fallibilismus vereinbar?“, in: Voraussetzungen und Grenzen der Wissenschaft, hrsg. von G. Radnitzky und G. Andersson, Tübingen, S. 255–276.
- Andersson, Gunnar (1985): „Basic statements and incommensurability“, in: *Methodology and Science: Interdisciplinary Journal for the Empirical Study of the Foundations of Science and Their Methodology* 18, S. 186–198.
- Andersson, Gunnar (1988): Kritik und Wissenschaftsgeschichte: Kuhns, Lakatos' und Feyerabends Kritik des Kritischen Rationalismus, Tübingen.
- Andersson, Gunnar (2001): „Prüfsätze und Erfahrung“, in: *Logos. Zeitschrift für systematische Philosophie* 7 (Neue Folge), No. 1–2, S. 1–13.
- Andersson, Gunnar (2001): „Inkommensurabilität und Interdisziplinarität“, in: *Realismus, Disziplin, Interdisziplinarität*, hrsg. von D. Aleksandrowicz und H. Ruß, Amsterdam, S. 57–71.
- Andersson, Gunnar (2005): „Kritische oder beschreibende Wissenschaftstheorie?“, in: *Deskriptive oder normative Wissenschaftstheorie?*, hrsg. von B. Gesang, Frankfurt a. M., S. 75–90.
- Andersson, Gunnar (2006): „Test Statements and Experience“, in: Karl Popper: *A Centenary Assessment*, hrsg. von I. Jarvie, K. Milford und D. Miller, Aldershot, Vol. II: *Metaphysics and Epistemology*, S. 177–183.
- Bartley III, William W. (1987): *Flucht ins Engagement*, Tübingen.
- Copi, Irving M. (1973): *Symbolic Logic*, 4. Aufl., New York.
- Feyerabend, Paul K. (1983): *Wider den Methodenzwang*, 2. Aufl., Frankfurt/M.
- Fries, Jakob F. (1828–1831): *Neue oder anthropologische Kritik der Vernunft*, Heidelberg.
- Kuhn, Thomas S. (1974): „Bemerkungen zu meinen Kritikern“, in: *Kritik und Erkenntnisfortschritt*, hrsg. von I. Lakatos und A. Musgrave, Braunschweig, S. 223–269.
- Kuhn, Thomas S. (1976): *Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen*, 2. Aufl., Frankfurt/M.

- 
- Lakatos, Imre (1974): „Falsifikation und die Methodologie wissenschaftlicher Forschungsprogramme“, in: Kritik und Erkenntnisfortschritt, hrsg. von ders. und A. Musgrave, Braunschweig, S. 89–189.
- Popper, Karl R. (1970): „Die Logik der Sozialwissenschaften“, in: Der Positivismusstreit in der deutschen Soziologie, hrsg. von H. Maus und F. Fürstenberg, 2. Aufl., Neuwied, S. 103–123.
- Popper, Karl R. (1974): „Autobiography of Karl Popper“, in: The Philosophy of Karl Popper, hrsg. von P. A. Schilpp, La Salle, Ill., S. 1–181.
- Popper, Karl R. (1979): Die beiden Grundprobleme der Erkenntnistheorie, Tübingen.
- Popper, Karl R. (1983): Realism and the Aim of Science, Totowa.
- Suppes, Patrick (1957): Introduction to Logic, New York.



Axel Bühler

# Universalien, Dispositionen und Naturnotwendigkeit<sup>1</sup>

Der ersten englischen Ausgabe der *Logik der Forschung* im Jahre 1959 wurde der Anhang \*X „Universalien, Dispositionen und Naturnotwendigkeit“ beigelegt. Er dient hauptsächlich dazu, den Begriff des Naturgesetzes, der im Text, vor allem in Abschnitt 15, nur als Allsatz charakterisiert worden war, einschränkender zu bestimmen. Sätze, die Naturgesetze ausdrücken, in Poppers Terminologie: „Naturgesetze“, in der hier von mir verwendeten Terminologie: „Gesetzesaussagen“, sind in zu erläuternder Weise logisch stärker als bloße Allsätze.

Der Anhang \*X ist in 17 einzeln nummerierte Abschnitte gegliedert. Die Abschnitte 1–4 (im folgenden: A 1–4) erläutern die These, daß jedes Prädikat, das gesetzmäßiges Verhalten aussagt, die Erfahrung transzendiert. A 5–11 erklären in intuitiver Weise die These, daß bestimmte Sätze, nämlich die Gesetzesaussagen, logisch stärker sind als die entsprechenden allgemeinen Sätze: sie sind naturnotwendig. A 12–14 entwickeln in formaler logischer Weise die zuvor intuitiv erläuterte These der Naturnotwendigkeit und geben eine semantische Charakterisierung naturnotwendiger Sätze. A 15–17 erläutern zusammenfassend die Bedeutung der vorgestellten Thesen. Im folgenden gebe ich einen knappen Überblick. Zu bestimmten Problemen mache ich einzelne kommentierende Bemerkungen (jeweils als „Bemerkung zu ...“ gekennzeichnet): Entweder erläutere ich von Pop-

<sup>1</sup> Für nützliche Hinweise zu früheren Versionen dieses Textes danke ich Manuel Bremer, Klaus-Jürgen Düsberg, Herbert Keuth und Lothar Ridder.

per verwendete Begriffe oder ich skizziere spätere theoretische Entwicklungen zu von Popper abgehandelten Themen oder ich mache darauf aufmerksam, daß und inwiefern Poppers Stellungnahme zu einem Problem umstritten ist.

## 8.1 Zu den Abschnitten 1–4

A 1 kritisiert die Lehre vom Primat der Wiederholungen, die nach Popper allen Induktionstheorien zugrunde liegt. Diese Lehre behauptet, das wiederholte Auftreten einer Erscheinung *berechtige* zum einen zur Annahme eines allgemeinen Satzes, *veranlasse* zum anderen zum Fürwahrhalten eines allgemeinen Satzes. Gegen diese Lehre (in ihren zwei Varianten) richtet Popper zwei Argumente. Das erste weist auf, daß Ähnlichkeit und Ähnlichkeitswahrnehmung die Annahme eines Standpunktes voraussetzen, der seinerseits einer Rechtfertigung bedürftig ist bzw. in seinem Zustandekommen erklärt werden müßte. Das zweite Argument weist auf, daß viele wissenschaftliche Aussagen ihren Gegenständen abstrakte, verborgene oder strukturelle Eigenschaften zuschreiben. Alle Aussagen, gleich ob allgemeine theoretische Aussagen oder solche, die einem einzelnen Gegenstand derartige Eigenschaften zuschreiben, „überschreiten stets den Bereich jeder möglichen Erfahrung“ (376); und das heißt: sind nicht-verifizierbar (378). Schon der Einzelfall eines allgemeinen gesetzmäßigen Zusammenhangs ist also keine sich uns anbietende Erscheinung. Davon, daß eine Erscheinung wiederholt auftreten könne, kann gar nicht die Rede sein. A 2 illustriert die Behauptung der Erfahrungstranszendenz von Sätzen mit der Gegenüberstellung von:

Alle Schwäne sind weiß.

und:

Dieser Schwan hier ist weiß.

Auch der letzte Satz transzendiere die Erfahrung: „Denn wenn wir etwas ‚Schwan‘ nennen, schreiben wir ihm Eigenschaften zu, mit denen wir weit über die reine Beobachtung hinausgehen ...“ (377). Und ganz allgemein gelte: „Es transzendieren also nicht nur die mehr abstrakten, erklärenden Theorien die Erfahrung, sondern auch die gewöhnlichsten Einzelsätze. Denn selbst gewöhnliche singuläre Sätze sind stets *Interpretationen der ‚Tatsa-*

chen‘ im Lichte von Theorien“ (377 f.). Zur Begründung dieser These rekurriert Popper auf das Beispiel aus Abschnitt 25: „Hier steht ein Glas Wasser“ und bemerkt, daß Wörter wie „Glas“ und „Wasser“ gebraucht werden, um das *gesetzmäßige* Verhalten bestimmter Dinge anzuzeigen. Hierbei handele es sich um die Dispositionen der Dinge, in gewisser Weise zu reagieren. A 3 weist daraufhin, daß Dispositionalität eine graduelle Eigenschaft ist: so ist „löslich“ in höherem Ausmaß dispositional als „aufgelöst“. A 4 erläutert, warum wir allgemeine Gesetzesaussagen verwenden: einmal, weil wir sie brauchen (da es keine reine Erfahrung gibt)<sup>2</sup>, zweitens und wichtiger, weil wir erklären wollen und weil Erklärung den Gebrauch solcher Hypothesen verlangt, die über das hinausgehen, was wir erklären wollen.

### 8.1.1 Bemerkung zu Universalien, Individualien, universellen Sätzen und Dispositionen

In Abschnitt 14 hatte Popper zwischen Universalien und Individualien unterschieden (vgl. auch Popper 1979, Abschn. 33 und 35). Für Popper ist diese Unterscheidung grundlegend. Auf sie führt er den Unterschied zwischen universellen Sätzen und singulären (besonderen) Sätzen (39) zurück. Eine Charakterisierung von „Individuale“ und „Universale“ gibt folgende Passage: „Individuale ist ein Begriff, zu dessen Definition Eigennamen – oder äquivalente Zeichen, wie Hinweise u. ä. – unentbehrlich sind; sind hingegen [...] Eigennamen eliminierbar, so ist der Begriff ein Universale“ (37). Die Unterscheidung zwischen Universalien und Individualien führt Popper also für *Begriffe* ein. Unter anderem auf S. 35 spricht er ausdrücklich von Universal- und Individualbegriffen.

Manchmal drückt Popper sich so aus, als betreffe die Unterscheidung zwischen Universalien und Individualien nicht Be-

2 Die Rede von der Erfahrungstranszendenz von Aussagen scheint vorauszusetzen, daß es reine Erfahrung gibt. Wie sollte die Erfahrung sonst transzendent werden? Die Behauptung, daß es keine reine Erfahrung gibt, widerspricht dieser Voraussetzung. Den hier vorliegenden Widerspruch wird man dadurch auflösen müssen, daß die Rede von der „Erfahrungstranszendenz“ nicht wörtlich genommen wird, sondern als Behauptung verstanden wird, daß jede Erfahrung theoretische Elemente *enthält*.

griffe, sondern Arten sprachlicher Ausdrücke (etwa S. 36, Z. 12). Hierbei handelt es sich aber wohl nur um eine mißverständliche Ausdrucksweise. Stellen wie die angegebene lassen sich problemlos so deuten, als ginge es bei Individualien und Universalien um Begriffe.

Manchmal spricht Popper jedoch auch so, als betreffe die Unterscheidung zwischen Universalien und Individualien die Dinge, die Entitäten, *über* die wir sprechen (übrigens ist dies eine in der Philosophie gebräuchliche Verwendung der Ausdrücke „Universale“ und „Individuale“, siehe etwa Loux 1970 und Armstrong 1995): „So ist z. B. ‚mein Hund Lux‘ nicht nur ein *Element* der Klasse (Individuale) ‚Hunde Wiens‘, sondern auch ein Element der Klasse der (Universale) ‚Säugetiere‘“ (36). Was immer Begriffe sind – hier kann dies nicht diskutiert werden –, so wird man offenbar nur sagen können, die Menge der Bestimmungen des Begriffs „Hunde Wiens“ sei in der Menge der Bestimmungen des Begriffs „mein Hund Lux“ als Teilmenge enthalten, nicht aber daß der *Begriff* „Hunde Wiens“ den *Begriff* „mein Hund Lux“ als Element enthalte. Weiter kann man sagen, daß Poppers Hund Lux Element der Klasse der Hunde Wiens ist sowie Element der Klasse der Säugetiere. Dabei müßten wir die Klasse der Hunde Wiens als Individuale identifizieren, die Klasse der Säugetiere als Universale (36). In diesem Fall sind Individuale und Universale nicht selbst Begriffe, sondern jeweils etwas, *worüber* wir sprechen, worauf wir uns mit unseren Begriffen beziehen.

Es scheint jedenfalls, daß der Popperschen Unterscheidung zwischen Individualbegriff und Universalbegriff die Unterscheidung zwischen Arten von Entitäten, auf die wir uns mit Sprache oder Begriff beziehen, zugrunde liegt. Wenn er etwa sagt „Der Versuch, ein Individuum durch universelle Eigenschaften [...] zu kennzeichnen, die anscheinend nur für dieses charakteristisch sind, kann nicht gelingen: nicht ein bestimmtes Individuum wird so gekennzeichnet, sondern stets die universelle Klasse aller jener Individuen, auf die jene Kennzeichnung paßt“ (37), geht es ihm offenbar um einen grundlegenden Unterschied zwischen einzelnen und universellen Entitäten auf der Ebene dessen, *worüber* wir sprechen, *worauf* wir uns mit unseren Begriffen beziehen. Diesen Unterschied auf der ontologischen Ebene verwendet Popper, um Individualbegriffe und Universalbegriffe voneinander abzugrenzen.

Popper bemerkt auch kurz (38, Anm. 5), daß seine Unterscheidung zwischen Individualien und Universalien nicht mit der übereinstimmt, die Russell und Whitehead in den *Principia Mathematica* machen (1925–1927, XIX). Deren Unterscheidung ist nämlich eine grammatische oder syntaktische zwischen zwei Arten prädikatenlogischer Zeichen, die der heute üblichen zwischen allgemeinen und singulären Termen entspricht. Poppers Unterscheidung dagegen ist auf den Inhalt von Ausdrücken bezogen, auf die Begriffe, die wir mit ihnen verbinden.

Poppers Unterscheidung zwischen universellen und besonderen *Sätzen* beruht auf der Unterscheidung zwischen Individualbegriff und Universalbegriff: „Sätze, in denen nur Universalien auftreten, wollen wir ‚universelle Sätze‘ nennen“ (39). Sätze, in denen Individualbegriffe auftreten, sind dann besondere (oder singuläre) Sätze. Innerhalb der Klasse der universellen Sätze unterscheidet Popper weiter zwischen *Allsätzen* und *universellen Es-gibt-Sätzen*. Allsätze sind solche universellen Sätze, die mit bestimmten generellen materialen Implikationen (Konditionalen) äquivalent sind.<sup>3</sup> Umgekehrt gilt nicht, daß generelle materiale Implikationen immer Allsätze sind; denn eine generelle materiale Implikation kann ja (Ausdrücke für) Individualien enthalten (Beispiel: „Alle Bürgerinnen lieben Kohl“). Von Allsätzen unterschieden sind universelle Es-gibt-Sätze: Existenzsätze, die keine Ausdrücke für Individuen enthalten. Allsätze sind falsifizierbar im folgenden Sinne: sie können zu besonderen Sätzen im Widerspruch stehen. Universelle Es-gibt-Sätze dagegen sind verifizierbar im folgenden Sinn: sie folgen aus besonderen (singulären) Es-gibt-Sätzen. Sie können sich mit besonderen Es-

<sup>3</sup> Eine *materiale Implikation* oder ein *materiales Konditional* ist eine wahrheitsfunktionale Verbindung zweier Teilsätze, die insgesamt falsch ist, wenn der erste Teilsatz wahr ist, der zweite aber falsch. Bei anderen Kombinationen von Wahrheitswerten ist die gesamte Verbindung wahr. Der erste Teilsatz einer materialen Implikation heißt „Antezedens“, der zweite Teilsatz heißt „Konsequens“. Ein *offener Satz* entsteht dadurch aus einem gewöhnlichen Satz, der Eigennamen enthält, daß ein Eigennamen durch eine Variable („x“) ersetzt wird. So entsteht aus „Kohl ist Kanzler der BRD“ der offene Satz „x ist Kanzler der BRD“. Eine *generelle materiale Implikation* ist nun ein allgemeiner Satz (ein Satz, der mit einem Allquantor eingeleitet wird), in dem zwei offene Sätze in einer materialen Implikation verbunden sind. Etwa: „Für alle x gilt: wenn x Kanzler ist, dann ist x mächtig.“

gibt-Sätzen nicht im Widerspruch befinden (sind also durch besondere Es-gibt-Sätze nicht falsifizierbar).

Das gesetzmäßige Verhalten bestimmter Dinge nennt Popper die „Disposition dieser Dinge, sich in gewisser Weise zu verhalten“. Die These Poppers (378):

Alle Universalien haben dispositionalen Charakter.  
besagt dann soviel wie:

Alle Universalbegriffe haben dispositionalen Charakter.  
und das heißt dann also:

Alle Universalbegriffe bezeichnen gesetzmäßiges Verhalten von Dingen.

Popper behauptet, daß Universalbegriffe in unterschiedlichem Ausmaß dispositional sein können. Damit ist nicht gemeint, daß die Gesetzmäßigkeiten, die von Universalbegriffen bezeichnet werden, Gradabstufungen zulassen, sondern daß Universalbegriffe *unterschiedlich viele* Gesetzmäßigkeiten bezeichnen können: seien U1 und U2 Universalbegriffe; wenn U1 mehr Gesetzmäßigkeiten bezeichnet als U2, dann ist U1 in höherem Ausmaß dispositional als U2. So bezeichnet – meint Popper – „löslich“ mehr Gesetzmäßigkeiten als „aufgelöst“ und ist deswegen in höherem Ausmaß dispositional. – Mit dieser Lehre von den Dispositionen und ihrer Gradualität weicht Popper von einer üblichen Auffassung ab, die dispositionale Eigenschaften von solchen absetzt, die nicht dispositional sind und für die Dispositionalität keinen graduellen Charakter hat (vgl. McLaughlin 1994). Die übliche Auffassung braucht nicht mit der Auffassung Poppers zu konkurrieren: Die Poppersche Bestimmung von Dispositionalität verweist darauf, daß mit jeder Eigenschaftszuweisung in unterschiedlichem Ausmaß gesetzmäßiges Verhalten zugeschrieben wird. Die übliche Auffassung kann in ontologischer Hinsicht dazu verwendet werden, zwischen Arten von Eigenschaften von Dingen zu unterscheiden, etwa zwischen der nicht-dispositionalen Eigenschaft, ein Verhalten zu zeigen, und der dispositionalen Eigenschaft, unter gewissen Bedingungen ein Verhalten zu zeigen.

## 8.2 Zu den Abschnitten 5–11

A 5 erörtert Kneales These (Kneale 1949, S. 75), Gesetzesaussagen (in Poppers Terminologie: „Naturgesetze“) seien stärker als Allsätze. Popper faßt zusammen: „Obwohl allgemeine Sätze aus Naturgesetzen *ableitbar sind*, sind diese logisch stärker als jene. Ein Naturgesetz behauptet nicht nur ‚Alle Planeten bewegen sich in Ellipsen‘, sondern eher etwas wie ‚Alle Planeten bewegen sich *notwendig* in Ellipsen““ (381)<sup>4</sup>. Es gibt also Allsätze, die keine Gesetzesaussagen sind, sondern zufälligen Charakter haben. Dabei gilt: Aus Gesetzesaussagen folgen Allsätze, aber nicht umgekehrt. A 6 illustriert dies mit dem Beispiel der Moas, Riesenvögeln einer ausgestorbenen Art. Nehmen wir an, ihre biologische Struktur sei so beschaffen gewesen, daß sie unter günstigen Umständen das Alter von 60 Jahren erreichen konnten, daß aber die Lebensbedingungen für die Moas niemals ideal waren (etwa wegen des Vorkommens eines Virus) und daß deswegen kein Moa älter als 50 Jahre wurde. In diesem Fall wäre der Allsatz „Alle Moas sterben, bevor sie das Alter von 50 Jahren erreichen“ wahr, er würde aber kein Naturgesetz ausdrücken, da es möglich ist, daß Moas länger leben. Die Tatsache, daß kein Moa länger gelebt hat, wäre auf zufällige oder kontingente Umstände zurückzuführen. A 7 erläutert Gesetzesaussagen als Prinzipien der Unmöglichkeit. A 8 setzt auseinander, daß Naturnotwendigkeit und logische Notwendigkeit nicht miteinander identifiziert werden dürfen. Auch dürfe Natur*un*möglichkeit nicht mit Undenkbarkeit gleichgesetzt werden. A 9 weist darauf hin, daß Gesetzesaussagen trotz der mit ihnen verbundenen Notwendigkeit kontingent seien. Das heißt, die mit der Behauptung der Gesetzesaussage auch behauptete Naturnotwendigkeit muß nicht vorliegen. In A 10 kritisiert Popper die von ihm „essentialistisch“ genannte Auffassung, Naturgesetze seien nicht kontingent. A 11 zieht zusammenfassend die Konsequenz, daß Naturgesetze stärker als entsprechende allgemeine Sätze sind. Für die Methodologie habe dies zwar keine Folgen (da die Prüfverfahren keine

<sup>4</sup> Das Wort „obwohl“ am Anfang des Zitats (engl.: „although“) muß auf ein Versehen Poppers zurückzuführen sein. Da – auch nach Popper – von zwei Sätzen A und B derjenige logisch stärker ist, aus dem der andere ableitbar ist, sind Gesetzesaussagen stärker als gewöhnliche Allsätze.

anderen sind, ob es sich nun um einen bloßen Allsatz handelt oder eine Gesetzesaussage), es sei aber in Blick auf Metaphysik und Ontologie von Bedeutung.

### 8.2.1 Bemerkung zur Universalität als notwendiger Bedingung für Gesetzesaussagen

Notwendige Bedingung dafür, daß ein Satz eine Gesetzesaussage ist, ist nach Popper, daß der Satz ein Allsatz ist. Denn für Popper sind Gesetzesaussagen immer solche generellen Sätze, in denen keine Individualbegriffe vorkommen. Ausführlicher als unser Text ist Poppers *Note on Natural Laws* (1949, S. 66) mit drei Kennzeichen von Naturgesetzen: 1) Sie seien mit der oft nicht explizit formulierten Redeweise verbunden: „für alle Raumbereiche und Zeitstrecken“, 2) sie enthielten keinen Bezug auf Einzeldinge, einzelne Ereignisse oder einzelne Raum-Zeit-Bereiche, 3) sie behaupteten, daß bestimmte Dinge oder Ereignisse nicht vorkommen.

Diese Charakterisierung hat zur Folge, daß einige Aussagen, die gewöhnlich als Gesetzesaussagen eingestuft werden, nicht als Gesetzesaussagen gelten können. So etwa die Keplerschen Gesetze in der Zeit vor Newton. Zum Beispiel lautet Keplers Erstes Gesetz folgendermaßen: „Alle Planeten bewegen sich in elliptischen Bahnen mit der Sonne im Brennpunkt jeder Ellipse“ (vgl. Nagel 1961, S. 59). Aussagen dieser Art enthalten offenbar Individuenbegriffe („Sonne“). Nun könnte man dies zugestehen und sagen, Aussagen wie die Keplerschen Gesetze seien *gesetzesartige* Aussagen, die aus eigentlichen Gesetzesaussagen (die nur Universalbegriffe enthalten) folgen. Grundlegend sei die Kategorie der Gesetzesaussagen aber deshalb, weil unter Rekurs auf sie die gesamte Menge der gesetzesartigen Aussagen zu definieren sei. Wie Nagel ausführt, ist es aber auch zweifelhaft, ob Gesetzesaussagen, in denen Individuen erwähnt werden, immer aus solchen logisch folgen, die nur Universalbegriffe enthalten, ohne daß zusätzliche Prämissen herangezogen werden müßten, die sich ihrerseits auf Individuen beziehen.

## 8.2.2 Bemerkung zu Notwendigkeit und Kontingenz:

Wie wir gesehen haben, sind für Popper naturnotwendige Aussagen kontingent. Popper klassifiziert Aussagen also in folgender Weise:

Notwendige Aussagen		Zufällige Aussagen (kontingent)
logisch notwendig (nicht kontingent)	naturnotwendig (kontingent)	

Sowohl naturnotwendige Aussagen wie auch zufällige Aussagen sind *kontingent*; d. h., die Dinge könnten sich anders verhalten, als es die Aussage behauptet, sei sie nun naturnotwendig oder zufällig. Kontingent ist auch, ob Naturnotwendigkeit vorliegt oder nicht. Kontingenz ist also nach Popper nicht dasselbe wie Zufälligkeit (obwohl er sich manchmal auch anders ausdrückt).

## 8.2.3 Bemerkung zum „Essentialismus“

„Diese Lehre, daß die Naturgesetze *in keinem Sinne* kontingent sind, halte ich für eine besonders scharfe Ausprägung jener Philosophie, die ich [...] als ‚Essentialismus‘ bezeichnet und kritisiert habe. Denn aus der Lehre von der absoluten Nichtkontingenz der Naturgesetze folgt die Lehre von der Existenz *letzter Erklärungsgründe*“ (385). Diese Lehre ist die Doktrin, daß es erklärende Theorien gibt, die ihrerseits einer weiteren Erklärung weder fähig noch bedürftig sind.

Nun versteht man üblicherweise unter „Essentialismus“ folgendes: „Ein *Essentialist* vertritt die Auffassung, daß einige Gegenstände einige Eigenschaften *wesentlich* besitzen, wo ein Gegenstand *x* eine Eigenschaft *P* wesentlich besitzt dann und nur dann, wenn es nicht möglich ist, daß *x* existiert und *P* nicht hat“ (Plantinga 1991, S. 252). Welche Beziehung besteht zwischen dieser Bestimmung von „Essentialismus“ und der Bestimmung, die Popper vornimmt?

Daß es sich um dieselbe Lehre handelt, ist wohl zweifelhaft; insbesondere ist nicht unmittelbar einsichtig, warum die zuletzt skizzierte Art von Essentialismus tatsächlich die Lehre von der

Existenz letzter Erklärungsgründe implizieren sollte. So könnte etwa die Eigenschaft, von bestimmten Personen als Eltern abzustammen, eine wesentliche Eigenschaft im angegebenen Sinne sein. Eine Person hat diese Eigenschaft notwendigerweise; daß sie diese Eigenschaft hat, könnte aber durchaus Gegenstand einer Erklärung sein (vgl. Kripke 1972, S. 113). Hinsichtlich der Theorien, die hier zur Erklärung herangezogen werden, etwa biologischer, könnte man darüber hinaus auch fragen, wie sie ihrerseits zu erklären sind.

Eine andere Charakterisierung von „Essentialismus“, die Popper gibt, identifiziert den Essentialismus mit dem Universalienrealismus (Popper 1965, S. 22). Dies ist die These, daß es universelle Objekte gibt, die durch Universalbegriffe bezeichnet werden. Aber obzwar sich Popper *expressis verbis* von dieser These distanziert, scheint er doch – wie wir oben gesehen haben – auf sie verpflichtet zu sein, und zwar dann, wenn er in ontologisch motivierter Weise zwischen Universalbegriffen und Individualbegriffen unterscheiden will. Daß der Universalienrealismus die andere Poppersche Form von Essentialismus, also die Lehre von den letzten Erklärungsgründen impliziert, trifft wohl auch nicht zu.

#### 8.2.4 Bemerkung zu Popper 1949 im Vergleich zu Popper 1959

Popper hatte 1949 eine andere Position vertreten als 1959 im Anhang \*X. 1949 stritt er ab, daß Gesetzesaussagen stärker sind als gewöhnliche allgemeine Aussagen (62),<sup>5</sup> und argumentierte gegen die These, Gesetzesaussagen seien logisch stärker als Allsätze. Popper machte auf eine Mehrdeutigkeit subjunktiver Konditionalsätze aufmerksam und geltend, der Unterschied in der logischen Stärke zwischen Gesetzesaussagen und Allsätzen sei nur scheinbar. Ein subjunktiver Konditionalsatz (engl.: „subjunctive conditional“), also ein Satz der Art:

<sup>5</sup> Popper sagt 1959 nicht, daß er seine Position gegenüber dem Aufsatz aus dem Jahre 1949 geändert hat. Wenn er diesen Aufsatz erwähnt, dann tut er es im Zusammenhang mit der semantischen Charakterisierung von Naturnotwendigkeit (siehe weiter unten), nicht in bezug auf seine Argumentation gegen die Behauptung, Gesetzesaussagen seien stärker als bloß universelle Allsätze.

Wenn  $x$  A wäre, dann wäre  $x$  B.

sei mehrdeutig. Denn er könne sowohl als:

(A) Wenn  $x$  eines der As wäre, dann wäre  $x$  eines der Bs.

gelesen werden, wie auch als:

(B) Wenn  $x$  zu den As hinzugefügt würde, dann wäre  $x$  eines der Bs.

Wenn ein genereller Satz der Form:

Alle As sind Bs.

universell sei, dann würden sowohl (A) als auch (B) folgen. Sei der generelle Satz dagegen nur numerisch allgemein (zur numerischen Allgemeinheit siehe Text, Abschn. 13), dann folge zwar (A), aber nicht (B). So müßten nach Popper aus dem Allsatz:

Alle Planeten bewegen sich in elliptischen Bahnen.

sowohl der Satz:

Wenn dieser Fußball ein Planet wäre, dann würde er sich in einer ellipsenförmigen Bahn bewegen.

wie auch der Satz:

Wenn dieser Fußball zu den Planeten hinzugefügt würde, dann würde er sich in einer ellipsenförmigen Bahn bewegen.

folgen. Betrachten wir dagegen den numerisch allgemeinen Satz:

Alle Personen in diesem Raum tragen grüne Bärte.

Hieraus folgt zwar:

Wenn Kohl eine der Personen in diesem Raum wäre, dann trüge er einen grünen Bart.

Es folgt aber nicht:

Wenn Kohl zu den Personen in diesem Raum dazu käme, dann trüge er einen grünen Bart.

Wenn wir einen Satz der Art (B) aus einem bloß numerisch allgemeinen Satz folgern, – meint Popper – begehen wir eine Äquivokation, d. h. einen Fehlschluß der Mehrdeutigkeit. Ein solcher Fehlschluß besteht darin, daß wir ungerechtfertigterweise von einer Bedeutung eines mehrdeutigen Ausdrucks auf die andere Bedeutung des mehrdeutigen Ausdrucks überwechseln. Daß bestimmte subjunktive Konditionalsätze (solche der Art (B)) aus Allsätzen folgen, hinge davon ab, *wie* Ausdrücke in Allsätzen verwendet werden (anders als in numerisch allgemeinen Sätzen), habe aber nichts mit einem besonderen modalen Status dieser Sätze zu tun, also nichts mit einer besonderen Art von Notwendigkeit ihrer Geltung.

Diese Position gibt Popper 1959 auf. Nun sieht er einen Unterschied im modalen Status zwischen Gesetzesaussagen und Allsätzen. Überzeugt haben ihn Beispiele wie das der Moas: naturgesetzliche Möglichkeiten werden aufgrund ‚zufälliger‘ Umstände nicht ausgeschöpft. Warum er seine Argumentation aus dem Jahre 1949 aufgibt, verrät Popper aber nicht.

In diesem Zusammenhang verwundert, daß Popper nicht die Möglichkeit in Betracht zieht, daß der Satz:

(M) Alle Moas sterben, bevor sie 50 Jahre alt werden.

nur eine numerische Allgemeinheit ausdrückt, sich auf eine begrenzte, endliche Anzahl von Individuen bezieht. Schließlich haben in Neuseeland nur endlich viele Moas gelebt. Außerdem waren die zufälligen Umstände (das Auftreten des Virus), die zum frühzeitigen Sterben der Moas führten, auf Neuseeland beschränkt. Was hindert Popper daran, in (M) einen numerisch allgemeinen Satz zu sehen? Warum macht er seine Argumentation aus dem Jahre 1949 nicht geltend? Anhang \*X gibt keine Antworten auf diese Fragen.

### 8.3 Zu den Abschnitten 12–14

Popper entwickelt nunmehr eine Theorie der logischen Eigenschaften des Konditionals (oder der Implikation) der Naturnotwendigkeit. Hierfür definiert er in A 12 zunächst den Begriff des *naturnotwendigen Satzes*: „Ein Satz heißt dann und nur dann physisch notwendig (oder naturnotwendig), wenn er aus einer Satzfunktion ableitbar ist, die in allen jenen Welten erfüllbar ist, welche sich von unserer Welt, wenn überhaupt, nur durch die Randbedingungen unterscheiden“ (387). Eine Erläuterung dieser Definition gebe ich weiter unten. Man beachte jedoch bereits hier, daß Poppers Definition sich nicht nur auf Konditionale bezieht, sondern auf Sätze jeder logischen Form. Aus der Definition (wenn sie zu (\*), siehe unten, korrigiert wird) folgt sofort: Alle Gesetzesaussagen sind naturnotwendig. Nennen wir die Menge aller naturnotwendigen (wahren) Gesetzesaussagen „N“, so gilt also: Alle Gesetzesaussagen und ihre Konsequenzen gehören zu N.

„ $(a \rightarrow_N b)$ “ drücke das nomische (naturnotwendige) Konditional „Wenn a, dann ist es naturnotwendig, daß b“ aus. Nach

Popper sind nomische Konditionale äquivalent mit subjunktiven Konditionalsätzen (389). In A 13 definiert Popper Wahrheit für das *Konditional der Naturnotwendigkeit*<sup>6</sup>:

**D:**  $(a \rightarrow_N b)$  ist dann und nur dann wahr, wenn  $(a \supset b) \in N$ . („ $\in$ “ steht für „ist Element von“; für das materiale Konditional verwende ich das Hufeisen „ $\supset$ “) Unter Voraussetzung dieser Definition gilt:

- 1)  $(a \rightarrow_N b)$  kann falsch sein, wenn  $a$  falsch ist.
- 2)  $(a \rightarrow_N b)$  kann falsch sein, wenn  $b$  wahr ist.
- 3) Wenn  $a$  logisch falsch ist bzw.  $\neg a \in N$ , dann ist  $(a \rightarrow_N b)$  wahr.
- 4) Wenn  $b$  logisch wahr ist oder  $b \in N$ , dann ist  $(a \rightarrow_N b)$  wahr.

*Beweis von (1):* Sei  $a$  falsch. Gehöre  $(a \supset b)$  nicht zur Menge der naturnotwendigen Sätze. Dann ist  $(a \rightarrow_N b)$  wegen D falsch. Analog erfolgt der Beweis von (2). *Beweis von (3):* Gelte  $\neg a \in N$ . Nun folgt  $(a \supset b)$  logisch aus  $\neg a$ . Deswegen gilt:  $(a \supset b) \in N$ . Dann ist  $(a \rightarrow_N b)$  wegen D wahr. Analog erfolgt der Beweis von (4).

In A 14 erläutert Popper den Unterschied zwischen der eben präsentierten Analyse nomischer Konditionalsätze und der früher (Popper 1949, S. 66) vorgelegten: Jede Art von Ereignis, das mit den akzeptierten Gesetzesaussagen vereinbar ist, kommt *tatsächlich* in irgendeinem (endlichen) Raum-Zeit-Bereich vor. Dagegen wendet Popper nunmehr ein: Wir brauchen nicht die starke Annahme zu machen, daß unsere Welt alle physisch möglichen Welten als tatsächlich gegeben irgendwo, zu irgendeiner Zeit enthält.

### 8.3.1 Bemerkung zu Gesetzesaussagen und subjunktiven Konditionalsätzen

Subjunktive Konditionalsätze sind Wenn-Dann-Sätze, die unter Verwendung des Konjunktivs (engl.: „subjunctive“) einen Zusammenhang zwischen zwei Bedingungen herstellen, etwa:

<sup>6</sup> Hier und im folgenden müßten die Formeln, die *erwähnt* werden, in (Quasi-)Anführungszeichen stehen. Aus Gründen der besseren Lesbarkeit verzichte ich aber auf den Gebrauch von Anführungszeichen.

(S) Wenn der Mond ein Planet wäre, dann wäre seine Bahn eine Ellipse.

Popper sondert aus der Menge der subjunktiven Konditionalsätze die kontrafaktischen Konditionalsätze aus. Dies sind subjunktive Konditionalsätze, deren Antezedens falsch ist, d. h., das Antezedens ist falsch, wenn wir es in den Indikativ überführen. Popper läßt zu, daß das Antezedens eines subjunktiven Konditionalsatzes wahr sein kann. Dieses Vorgehen scheint eine Verwendung subjunktiver Konditionalsätze in Überlegungsprozessen zu berücksichtigen. So verwenden wir im Deutschen subjunktive Konditionalsätze manchmal, um auszudrücken, daß wir nicht wissen, ob das Antezedens wahr ist oder nicht (nicht um auszudrücken, daß das Antezedens falsch ist).

Welche Beziehung besteht zwischen Naturgesetzen und subjunktiven Konditionalsätzen? Verbreitet ist die Auffassung, der auch Popper sich anschließt, subjunktive Konditionalsätze folgten logisch aus Gesetzesaussagen.<sup>7</sup> So folgt etwa der Satz (S) aus der Gesetzesaussage „Alle Planeten bewegen sich in elliptischen Bahnen“. Popper meint aber außerdem, daß mit dem Behaupten subjunktiver Konditionalsätze *immer* auch naturnotwendige Zusammenhänge behauptet werden. Aus diesem Grunde sind für ihn subjunktive Konditionalsätze mit Gesetze ausdrückenden, nomischen Konditionalen äquivalent.

Ob nun allgemein zutrifft, daß aus subjunktiven Konditionalsätzen nomische Konditionale folgen, ist jedoch umstritten (vgl. Edgington 1995). So wird zwar mit dem kontrafaktischen Konditionalsatz:

Wenn ich nicht zu viele Muscheln gegessen hätte, dann wäre es mir nicht schlecht geworden.

ein naturnotwendiger Zusammenhang zwischen meinem Verzehr von Muscheln und meiner körperlichen Befindlichkeit ausgedrückt. Betrachten wir dagegen folgenden kontrafaktischen Konditionalsatz:

Wenn ich nicht den Zug um 14.00 Uhr genommen hätte, dann hätte ich den Zug um 15.00 Uhr genommen.

Drückt dieser Satz einen naturnotwendigen Zusammenhang aus? Er scheint eher auf einer institutionellen Regelmäßigkeit,

<sup>7</sup> Die verbreitete Auffassung identifiziert allerdings subjunktive Konditionalsätze mit kontrafaktischen Konditionalsätzen.

die durch Fahrpläne geordnet ist, zu beruhen als auf einem naturgesetzlichen Zusammenhang.

### 8.3.2 Bemerkungen zu Poppers Analyse nomischer Konditionale

Was Popper in A 12 und A 13 vorlegt, ist – wie man heute sagt – eine Mögliche-Welten-Semantik von Sätzen, die Notwendigkeit ausdrücken. In einem ersten Schritt gibt er eine semantische Bestimmung der Menge der naturnotwendigen Sätze einer prädikatenlogischen Sprache. „Semantisch“ ist diese Bestimmung insofern, als es in ihr um Wahrheit bzw. Erfüllbarkeit von Sätzen geht und die Begriffe der Wahrheit und Erfüllbarkeit zentrale Begriffe semantischer Theorien sind. Sodann führt Popper ein neues Verknüpfungszeichen „ $\rightarrow_N$ “ für das Konditional der Notwendigkeit ein. Für Sätze, die dieses Verknüpfungszeichen enthalten, spezifiziert er unter Rekurs auf die Wahrheitsbedingungen des materialen Konditionals eigene Wahrheitsbedingungen (in Definition D). Betrachten wir Poppers Analyse im einzelnen.

Poppers Bestimmung des naturnotwendigen Satzes als eines aus einer Satzfunktion (einem offenen Satz) ableitbaren Satzes, wo die Satzfunktion in allen jenen Welten erfüllbar ist, welche sich von unserer Welt höchstens in den Randbedingungen unterscheiden, ist in der vorgelegten Formulierung nicht sinnvoll, da 1) nach üblichen Definitionen von Ableitbarkeit geschlossene Sätze nicht aus Satzfunktionen ableitbar sind und 2) nicht angegeben wird, welche Beziehung zwischen Satzfunktionen und naturnotwendigen Sätzen eigentlich vorliegen soll. An Stelle der Popperschen Formulierung läßt sich aber folgende Definition geben, die wohl Poppers Intentionen gerecht wird:

(\*) Ein Satz heißt dann und nur dann naturnotwendig, wenn er in all jenen Welten wahr ist, welche sich von der unseren, wenn überhaupt, nur durch die Randbedingungen unterscheiden.

Wie diese Definition für eine modallogische Sprache präziser gemacht werden könnte, skizziere ich im Anhang.

In der Diskussion über subjunktive oder kontrafaktische Konditionalsätze hat man mehrere Theorien (oder Analysen) unter-

schieden (Jackson 1991). In den späten 40er und in den 50er Jahren wurde recht häufig die sogenannte *metasprachliche* Analyse propagiert, die Wahrheitsbedingungen kontrafaktischer Konditionalsätze unter Rekurs auf Sätze angibt, die wahr sein sollen, wenn der kontrafaktische Konditionalsatz wahr ist. In den 60er und den frühen 70er Jahren wurden dann verschiedene Versionen von *Mögliche-Welten-Semantiken* für kontrafaktische Konditionalsätze vorgeschlagen, so vor allem von Stalnaker (1968) und von Lewis (1973). Wie ich im Anhang ausführe, kann auch Poppers Analyse als eine Mögliche-Welten-Semantik subjunktiver (bzw. kontrafaktischer) Konditionalsätze angesehen werden. Die Analysen von Stalnaker und Lewis operieren mit dem Begriff der relativen Ähnlichkeit zwischen möglichen Welten. Dementsprechend sind zwei Welten über eine reflexive Relation  $R$  zugänglich zueinander, wenn sie einander ähnlich sind. Poppers Analyse dagegen beruht auf der Gleichheit der Naturgesetze, die in möglichen Welten gelten. Dementsprechend sind zwei mögliche Welten über die reflexive Relation  $R$  zugänglich zueinander, wenn in ihnen dieselben Naturgesetze herrschen. Da nun aber etwa Lewis einen Maßstab der Ähnlichkeit zwischen möglichen Welten darin sieht, ob in ihnen dieselben Naturgesetze gelten, mag sich Poppers Analyse als ein Spezialfall von der Lewis' ergeben.

#### 8.4 Zu den Abschnitten 15–17

A 15 erläutert die Konsequenzen, die einerseits für nicht-induktivistische, andererseits für induktivistische Methodologien aus dem Unterschied zwischen der Auffassung, daß Gesetzesaussagen Allsätze sind, und der Auffassung, daß sie darüber hinaus naturnotwendig sind, resultieren. Während sich für Nicht-Induktivisten keine besonderen Schwierigkeiten durch naturnotwendige Sätze ergeben, müßten Induktivisten solche Sätze ablehnen, da es noch schwieriger ist, solche Sätze auf Induktion zu gründen als Allsätze. A 16 skizziert vor allem die Verbindung zwischen der Naturnotwendigkeit und Poppers Wahrscheinlichkeitskalkül. Popper erhält dabei u. a. folgendes Resultat: „Wenn der Konditionalsatz  $a \supset b$  notwendig ist, dann ist  $b$  mit Notwendigkeit und unter jeder Bedingung  $c$  zumindest

ebenso wahrscheinlich wie a“ (394). Resultate dieser Art sollen zeigen, daß man nomische Konditionale als „relative Implikationen“ deuten könne, d. h. als Implikationen, die relativ zu den Naturgesetzen gelten. A 17 erläutert, inwiefern Diskussionen über subjunktive Konditionalsätze durch Schwierigkeiten des Phänomenalismus und des Operationalismus motiviert sind.

## Anhang<sup>8</sup>

Zunächst spezifizieren wir eine formale Sprache: die Sprache der Prädikatenlogik Erster Ordnung, zuzüglich des einstelligen Operators für Formeln (d. h. offene und geschlossene Sätze) „ $\Box$ “ und des zweistelligen Formeloperators „ $\rightarrow_N$ “. Wir wollen „ $\Box$ “ als „es ist naturnotwendig, daß“ lesen. „ $\rightarrow_N$ “ steht für das nomische Konditional („wenn A, dann ist es naturnotwendig, daß B“). Wir definieren das nomische Konditional folgendermaßen:

*Def.:* Seien A, B Formeln. Dann  $(A \rightarrow_N B) = \Box(A \supset B)$ .

Sodann definieren wir ein Modell  $M = \langle W, R, D, v \rangle$ , wo W eine Menge von möglichen Welten ist, und D eine Menge von Individuen. R, die sogenannte Zugänglichkeitsrelation, ist eine zweistellige reflexive Relation zwischen Elementen aus W. v ist eine Funktion von der Menge der Individuenvariablen nach D, von der Menge der Prädikatausdrücke in die Menge der Relationen über D und von der Menge der Formeln und der Menge der möglichen Welten in die Menge der Wahrheitswerte  $\{0,1\}$ . v genügt folgenden Bedingungen:

1) für atomare Formeln:

Wenn P ein n-stelliger Prädikatbuchstabe ist, dann gilt:  
 $v((Px_1 \dots x_n), w_i) = 1$ , wenn das geordnete n-tupel der den einzelnen Variablen unter v zugeordneten Gegenstände aus D Element der Relation über  $w_i$  ist, der der Prädikatbuchstabe P unter v zugeordnet ist; sonst gilt:

$v((Px_1 \dots x_n), w_i) = 0$ ;

<sup>8</sup> Obgleich ich im folgenden einige eigentlich unzulässige Vereinfachungen vorgenommen habe (insbesondere in der Modelldefinition durch Auslassen des Interpretationsbegriffs), setzen die folgenden Ausführungen Kenntnisse in der Modallogik voraus und werden für Anfänger nicht völlig nachvollziehbar sein.

- 2) Seien  $A$  und  $B$  Formeln und  $A = \neg B$ . Dann gilt: Für jede Welt  $w_i \in W$ :  $v(\neg B, w_i) = 1$ , wenn  $v(B, w_i) = 0$ ; sonst  $v(\neg B, w_i) = 0$ ;
- 3) Analog für  $C = A \& B$ ;
- 4) Analog für  $C = A \supset B$ ;
- 5) Seien  $A$  eine Formel,  $x$  eine Individuenvariable und  $w_i$  eine beliebige mögliche Welt.  $v(UxA, w_i) = 1$  gdw. für jede Funktion  $v'$ , die sich von  $v$  möglicherweise nur darin unterscheidet, was sie  $x$  zuordnet, gilt:  $v'(A, w_i) = 1$ ; Sonst gilt  $v(UxA, w_i) = 0$ ;
- 6) Sei nun  $A$  eine Formel und  $w_i$  eine mögliche Welt. Dann gilt  $v(\Box A, w_i) = 1$  gdw. für jede mögliche Welt  $w_j$  mit  $w_i R w_j$  gilt:  $v(A, w_j) = 1$ ; sonst gilt:  $v(\Box A, w_i) = 0$ .

Offenbar gilt nun für nomische Konditionale ( $A \rightarrow_N B$ ) ( $= \Box(A \supset B)$ ):  
**NK:**  $v((A \rightarrow_N B), w_i) = 1$  gdw.  $v((A \supset B), w_j) = 1$  für alle möglichen Welten  $w_j$  mit  $w_i R w_j$ ; ansonsten  $v((A \rightarrow_N B), w_i) = 0$ .

Betrachten wir ganz kurz die Klausel (6) unserer Definition. Sie besagt folgendes:  $\Box A$  ist wahr in einer möglichen Welt genau dann, wenn in allen möglichen Welten, die von der gegebenen Welt aus zugänglich sind,  $A$  wahr ist. Alle möglichen Welten, die von einer gegebenen möglichen Welt aus zugänglich sind, sollen aber genau die Welten sein, die bis auf die Randbedingungen gleich sind, es sollen also genau die Welten sein, in denen dieselben Naturgesetze gelten.  $\Box A$  ist also wahr in einer möglichen Welt  $w_i$  genau dann, wenn  $A$  in allen möglichen Welten wahr ist, in denen die gleichen Naturgesetze gelten wie in  $w_i$ . Diese Definition ist nicht zirkulär. Definiert wird nämlich der Ausdruck „Wahrheit eines naturnotwendigen Satzes“, nicht der Ausdruck „Naturnotwendigkeit“ selbst. Der Begriff der Naturnotwendigkeit wird dabei als bekannt vorausgesetzt.

Die Bedingung NK spezifiziert die Wahrheitsbedingungen nomischer Konditionale. Da Popper (siehe oben) nomische Konditionalsätze und subjunktive Konditionalsätze als äquivalent miteinander ansieht, soll NK auch eine Angabe der Wahrheitsbedingungen subjunktiver Konditionalsätze sein.

## Literatur

- Armstrong, David M. (1994): „Universals“, in: J. Kim und E. Sosa (Hrsg.), *A Companion to Metaphysics*, Oxford, S. 502–506.  
 Edgington, Dorothy (1995): „Conditionals. The State of the Art“, in: *Mind*, S. 235–329.

- Jackson, Frank (1991): "Introduction", in: ders. (Hrsg.), *Conditionals*, Oxford, S. 1–7.
- Kneale, William (1949): *Probability and Induction*, Oxford.
- Kripke, Saul A. (1972): *Naming and Necessity*, Cambridge, Mass..
- Lewis, David K. (1973): *Counterfactuals*, Oxford.
- Loux, Michael J. (1970): "The Problem of Universals", in: ders. (Hrsg.), *Universals and Particulars. Readings in Ontology*, Garden City, N. Y., S. 3–15.
- McLaughlin, B. (1994): "Disposition", in: J. Kim und E. Sosa (Hrsg.), *A Companion to Metaphysics*, Oxford, S. 121–124.
- Nagel, Ernest (1961): *The Structure of Science. Problems in the Logic of Scientific Explanation*, London.
- Plantinga, Alvin (1991): "Essentialism", in: A. Burckhardt und B. Smith (Hrsg.), *Handbook of Metaphysics and Ontology*, München, S. 252–255.
- Popper, Karl R. (1949): "A Note on Natural Laws and So-called 'Contrary-to-fact Conditionals'", in: *Mind* 58, S. 62–66.
- Popper, Karl R. (1965): *Das Elend des Historizismus*, Tübingen.
- Popper, Karl R. (1979): *Die beiden Grundprobleme der Erkenntnistheorie*, Tübingen.
- Stalnaker, Robert (1968): "A Theory of Conditionals", *Studies in Logical Theory*, in: *American Philosophical Quarterly*, S. 98–112.
- Whitehead, Alfred N./Russell, Bertrand (1925–1927): *Principia Mathematica*, 3 Bde., 2. Aufl., Cambridge.



---

Peter Schroeder-Heister\*

## Wahrscheinlichkeit

Das Kapitel über Wahrscheinlichkeit ist das mit Abstand längste der *Logik der Forschung*. Zusammen mit den Anhängen II, III und IV, die ebenfalls den Wahrscheinlichkeitsbegriff zum Thema haben, macht es mehr als ein Viertel des Umfangs der ersten Auflage aus. Diese Proportion bleibt erhalten, nimmt man die 20 neuen Anhänge hinzu, die seit der ersten englischen Auflage (1959) hinzugekommen sind. Hier beschäftigen sich insbesondere \*II bis \*VII, \*XIII, \*XVI, \*XVII und \*XX unmittelbar mit der Wahrscheinlichkeit. Mittelbar hängen viele weitere Passagen mit wahrscheinlichkeitstheoretischen Fragestellungen zusammen, so die Überlegungen zur Prüfbarkeit und zur Bewährung.<sup>1</sup> Das zeigt, welche Bedeutung Popper dem Wahrscheinlichkeitsbegriff beigemessen hat.

Leider sind Poppers Überlegungen zur Wahrscheinlichkeit schwer zugänglich, jedenfalls was die Theorie der statistischen Wahrscheinlichkeit angeht, die Hauptthema des Wahrscheinlichkeitskapitels ist. Nicht in erster Linie wegen der erforderlichen mathematischen Vorkenntnisse – diese sind vergleichsweise elementar. Vielmehr hat das Wahrscheinlichkeitskapitel in sehr viel stärkerem Maße als die anderen Kapitel der *Logik*

\* Ich danke Emmanuel Haufe und Herbert Keuth für die kritische Durchsicht des Manuskripts.

<sup>1</sup> Bei einer detaillierten Zuordnung von Textpassagen zu Themen kommt man daher sogar zu einem Anteil der Überlegungen zur Wahrscheinlichkeit in der *Logik* von über 50 % (vgl. Gillies 1995).

(vielleicht mit Ausnahme der – von der Interpretation der statistischen Wahrscheinlichkeit wesentlich abhängigen – Bemerkungen zur Quantenmechanik) einen vorläufigen und un abgeschlossenen Charakter. Das in ihm verfolgte Programm wird aus dem Text der ersten Auflage nicht in nötiger Klarheit deutlich. Erst zusammen mit den in der ersten englischen Auflage hinzugekommenen zahlreichen Fußnoten, dem neuen Anhang \*VI und den Überlegungen im Postscript zur *Logik* (1956) kann man sich ein genaues Bild von dem machen, was Popper ‚eigentlich‘ vorhatte.<sup>2</sup>

Popper wäre sicherlich seinen Lesern entgegengekommen, hätte er das Wahrscheinlichkeitskapitel in *Logik<sub>e</sub>* aus der Anfang der fünfziger Jahre gewonnenen Perspektive komplett revidiert und neu formuliert. Dem stand jedoch<sup>3</sup> die Tatsache entgegen, daß Popper zu diesem Zeitpunkt nicht nur die Einsicht gewonnen hatte, wie das Programm der *Logik* zur Behandlung der statistischen Wahrscheinlichkeit im Rahmen einer Häufigkeitstheorie korrekt durchzuführen sei, sondern zugleich die Einsicht, daß der Grundansatz der Häufigkeitstheorie verfehlt und diese durch eine „Propensitäts“-Interpretation zu ersetzen sei. Für die statistische Wahrscheinlichkeit haben wir dementsprechend ab *Logik<sub>e</sub>* eine in Fußnoten und Anhängen kommentierte, aber grundsätzlich als überholt angesehene Theorie vorliegen. So stellt sich das Gefühl der *prima facie*-Plausibilität, die die Gedankengänge der anderen Kapitel der *Logik* auf viele unbefangene Leser ausüben, bei der Lektüre des Wahrscheinlichkeitskapitels nicht ein.

2 Wenn wir die erste deutsche Auflage von der ersten englischen Auflage unterscheiden wollen, benutzen wir die Kürzel „*Logik<sub>1</sub>*“ bzw. „*Logik<sub>e</sub>*“, wobei wir für Zitate immer die späteren deutschen Auflagen (ab der 2. Aufl. 1966) heranziehen, aus denen der Text von *Logik<sub>1</sub>* und die Zusätze von *Logik<sub>e</sub>* ersichtlich sind und deren Paginierung für die hier diskutierten Teile nicht differiert. (Die Seitenangaben zur 11. Aufl. 2005 werden nach einem „/“ hinzugefügt, z.B. S. 83/97.) Seitenzahlen ohne Quellenangabe beziehen sich immer auf die *Logik*, „Abschn.“ bezieht sich auf deren Abschnittsnumerierung. (Die Abschnittsnumerierung blieb auch in der 11. Aufl. erhalten.) Mit „Postscript“ ist der Band *Realism and the Aim of Science* (1983, verfaßt 1951–56) gemeint. (Auch die Seitenangaben zur deutschen Ausgabe 2002, *Realismus und das Ziel der Wissenschaft*, werden hinzugefügt.)

3 Abgesehen davon, daß Popper in späteren Auflagen der *Logik* den Text von *Logik<sub>1</sub>* als gleichsam klassischen „Urtext“ behandelt und alle Zusätze kenntlich macht.

Die sorgfältige Lektüre unter Hinzuziehung der Ergänzungen aus den fünfziger Jahren zeigt jedoch, daß Popper in der *Logik* eine kohärente und eigenständige Theorie der statistischen Wahrscheinlichkeit entwickelt, die durchaus ihre Qualitäten hat und in der Präzision ihrer Durchführung diejenige der späteren Propensitätstheorie übertrifft. Alle bis heute andauernden kontroversen Diskussionen um adäquate Theorien der statistischen Wahrscheinlichkeit (einschließlich der Propensitätstheorien) haben als Hintergrund Häufigkeitstheorien, zu deren Verständnis Popper in der *Logik* einen bedeutenden Beitrag geleistet hat.

Obwohl in *Logik*<sub>1</sub> die Theorie der statistischen Wahrscheinlichkeit alle anderen Überlegungen zur Wahrscheinlichkeit dominiert, sollen auch die wichtigsten anderen in der *Logik* behandelten Gesichtspunkte zumindest erwähnt werden. Es sind dies Poppers Theorie der logischen Wahrscheinlichkeit, seine Axiomatisierung der Wahrscheinlichkeit sowie seine Bemerkungen zum Verhältnis von subjektiver und objektiver Wahrscheinlichkeit. Die ersten beiden Punkte (logische Wahrscheinlichkeit und Axiomatisierung) sollen dabei am Anfang stehen, während das Thema ‚objektive vs. subjektive Wahrscheinlichkeit‘ nach der Behandlung der statistischen Wahrscheinlichkeit (die den meisten Raum einnimmt) den Abschluß bildet.

## 9.1 Logische Wahrscheinlichkeit

In Abschn. 34 der *Logik* führt Popper im Zusammenhang mit Überlegungen zur Prüfbarkeit von Hypothesen den Begriff der logischen Wahrscheinlichkeit ein.<sup>4</sup> Hierbei handelt es sich um eine Zuordnung von Wahrscheinlichkeitswerten zu Sätzen, die sich umgekehrt zu deren Falsifizierbarkeitsgraden verhält: ein in höherem Maße falsifizierbarer (und damit empirisch gehaltvollerer) Satz ist logisch unwahrscheinlicher, ein in geringerem Maße falsifizierbarer Satz logisch wahrscheinlicher. Hohen empirischen Gehalt haben logisch unwahrscheinliche Theorien,

4 Er schließt dabei an Keynes an, der von der „logischen Natur“ der Wahrscheinlichkeitslehre spricht (Keynes 1926, S. 2 [engl. Orig. S. 4], vgl. *Logik* Abschn. 34, S. 83n/97n.)

d. h. Theorien, die viel verbieten. Eine weitergehende Definition gibt Popper in *Logik*<sub>1</sub> nicht, insbesondere macht er keine Aussage zur numerischen Bestimmung von logischen Wahrscheinlichkeiten konkreter Sätze. Aus der Parallelisierung von Falsifizierbarkeit und logischer Wahrscheinlichkeit ergibt sich, daß die logische Wahrscheinlichkeit den Bereich der Falsifizierbarkeitsklassen (Klassen falsifizierender Basissätze) metrisiert, wobei für die Struktur dieses Bereichs die (eher exemplarischen) Überlegungen Poppers zum Falsifizierbarkeitsgrad (Prüfbarkeitsgrad) heranzuziehen sind. Und natürlich muß angenommen werden, daß die logische Wahrscheinlichkeit die üblichen mathematischen Eigenschaften einer Wahrscheinlichkeitsbewertung hat.

Popper greift dabei<sup>5</sup> auch auf den Begriff des logischen Spielraums eines Satzes zurück, den er als die Klasse der von dem Satz erlaubten Basissätze versteht. Die logische Wahrscheinlichkeit ist damit ein direktes Maß für diesen Spielraum. Abgesehen von ihrer Anschaulichkeit erlaubt es nach Popper die Spielraum-Interpretation der logischen Wahrscheinlichkeit, eine Beziehung zwischen logischer und statistischer Wahrscheinlichkeit herzustellen (vgl. Abschn. 72). Die von Popper bevorzugte Interpretation der logischen Wahrscheinlichkeit, die in Abschn. 48 erwähnt wird, bezieht sich jedoch auf ihre zweistellige Variante  $p(a,b)$  als Wahrscheinlichkeit von  $a$ , gegeben  $b$ . Sie stellt wahr-scheinlichkeitstheoretisch eine bedingte Wahrscheinlichkeit dar und soll die „logische Nähe“ (Waismann 1930, S. 235) von  $a$  und  $b$  ausdrücken, d. h. einen Grad des deduktiven Zusammenhangs von  $a$  und  $b$ . Das entspricht ganz R. Carnaps späterer Idee der bedingten logischen Wahrscheinlichkeit als partieller logischer Implikation<sup>6</sup> und läßt sich gut durch die Spielraumstheorie motivieren. Inwieweit die logischen Spielräume (als Mengen von Zustandsbeschreibungen, wobei diese selbst wieder Klassen von einander unabhängiger atomarer Sätze sind) auf Basissätze im spezifisch Popperschen Sinne zurückgreifen, ist dabei unabhängig vom formalen Konzept der logischen Wahrscheinlichkeit.

5 Vor allem im Anschluß an Waismann 1930, vgl. *Logik* Abschn. 37, 72; auch Wittgenstein wird erwähnt (LdF, S. 108 n./129n.).

6 Carnap 1950, § 55, S. 297, Carnap/Stegmüller 1959, S. 156f., vgl. Schroeder-Heister 1984a und Vetter 1967.

Kontrovers geblieben zwischen Popper und Carnap (und anderen Vertretern der induktiven Logik) ist vor allem das Verständnis von logischer Wahrscheinlichkeit als ‚induktiver Wahrscheinlichkeit‘. Formal gesehen handelt es sich bei der induktiven Wahrscheinlichkeit um eine durch zusätzliche Axiome erweiterte logische Wahrscheinlichkeit, wobei diese zusätzlichen Axiome insbesondere die Idee fassen sollen, daß die Wahrscheinlichkeit, die man einer Hypothese zuschreibt, aufgrund gemachter Erfahrungen steigt. Solche Prinzipien sind z. B. Annahmen über die Uniformität der Welt (vgl. Carnap 1950, 1952). Gegen eine solche induktive Logik hat Popper zahlreiche wahrscheinlichkeitstheoretische Argumente vorgebracht. Dabei hat er unter anderem folgendes betont:

1. Die logische Wahrscheinlichkeit  $p(a,b)$  drückt eine Beziehung zwischen Sätzen aus, die durch ihren logisch-semantischen Inhalt gegeben ist und die selbst nicht empirisch prüfbar ist. Sie entspricht in dieser Hinsicht einer deduktiv-logischen Beziehung, ist jedoch insofern allgemeiner, als sich logisch-deduktive Beziehungen als Grenzfälle von logisch-wahrscheinlichkeitstheoretischen Beziehungen deuten lassen. Man könnte sie als *verallgemeinerte Tautologien* bezeichnen. Dieses Verständnis ergibt sich unmittelbar aus der Beziehung der logischen Wahrscheinlichkeit zum Prüfbarkeitsgrad von Theorien, der auf der Beziehung von Sätzen zu ihren Falsifikationsmöglichkeiten beruht und sich somit nicht durch die Art verändert, mit der man Sätze einer Prüfung unterwirft.<sup>7</sup> Entsprechend beschreibt die logische Wahrscheinlichkeit die Prüfbarkeit, bewertet also nicht Sätze unter dem Gesichtspunkt der unternommenen Prüfungen. Carnaps Verschärfung der logischen Wahrscheinlichkeit zu einem Maß der Bestätigung von Theorien durch empirische Evidenz verfälscht nach Popper die Idee der logischen Wahrscheinlichkeit.

2. Ein adäquates Maß für die Bewertung von Hypothesen oder Theorien im Hinblick auf unternommene Prüfungen ist nicht nur keine *logische* Wahrscheinlichkeit, sondern überhaupt keine Wahrscheinlichkeit. Anders als Carnaps Bestätigungsfunktionen verletzt der Poppersche Bewährungsgrad  $C(h,e)$  (‚der Grad

<sup>7</sup> Keynes 1926 (S. 191 [engl. Orig. S. 225] und passim) benutzt in diesem Zusammenhang den Ausdruck „apriorische Wahrscheinlichkeit“.

der Bewährung der Hypothese  $h$  in bezug auf die Evidenz  $e$ ) die Axiome der Wahrscheinlichkeitstheorie.<sup>8</sup> Allerdings geht in seine Definition die logische Wahrscheinlichkeit ein.<sup>9</sup>

3. Eine etwaige wahrscheinlichkeitstheoretische Stützung von Theorien, die nach dem vorigen Punkt von Bewährung zu unterscheiden ist, beruht nicht auf einem *nicht-deduktiven* (induktiven<sup>4</sup>) methodischen Verfahren. Vielmehr läßt sich jede wahrscheinlichkeitstheoretische Stützung einer Theorie  $h$  durch die Evidenz  $e$ , d. h. eine Erhöhung der Wahrscheinlichkeit von  $h$  bei Vorliegen von  $e$  [ $p(h,e) > p(h)$ ] einer *deduktiven* Komponente der Beziehung zwischen  $h$  und  $e$  zuschreiben. Dieses Argument hat Popper gemeinsam mit D. Miller erstmals 1983 entwickelt. Es wird in Anhang \*XIX zur *Logik* wiederholt.<sup>10</sup>

## 9.2 Axiomatik der Wahrscheinlichkeit

Man kann davon ausgehen, daß Carnaps Adäquatheitsbedingungen für die logische Wahrscheinlichkeit<sup>11</sup> auch für Popper gelten, insbesondere die Invarianz gegenüber logischer Äquivalenz sowie das allgemeine Multiplikations- und das spezielle Additionsprinzip:

(Log)  $p(a,b) = p(a',b)$ , falls  $a$  und  $a'$  logisch äquivalent  
 $p(a,b) = p(a,b')$ , falls  $b$  und  $b'$  logisch äquivalent

(Mult)  $p(a \wedge b,c) = p(a,c) \cdot p(b,a \wedge c)$

(Add)  $p(a \vee b,c) = p(a,c) + p(b,c)$ , falls  $a \wedge b \wedge c$  nicht erfüllbar

8 Das ist Gegenstand einer mehrjährigen Kontroverse mit Carnap (vgl. Michalos 1971). Die Popperschen Argumente sind teilweise in Anhang \*IX der *Logik* wiederabgedruckt und ergänzt worden.

9 Poppers Begriff der ‚Hypothesenwahrscheinlichkeit‘, der an mehreren Stellen der *Logik* auftritt, ist dabei nicht mit der logischen Wahrscheinlichkeit zu verwechseln (wie es der natürliche Sprachgebrauch erwarten ließe), sondern entspricht dem Bewährungsgrad, wie sich aus den jeweiligen Kontexten klar ergibt (z. B. *Logik*, S. 106/126, Abschn. 80–83). Es kann sich also (gerade nach Popper) gar nicht um eine Wahrscheinlichkeit handeln. Popper war sich in *Logik*<sub>1</sub> offensichtlich noch nicht darüber im klaren, daß ein Bewährungsgrad keine Wahrscheinlichkeit ist.

10 Vgl. Popper/Miller 1983, 1987. Die (inzwischen recht umfangreiche) Diskussion zu diesem Argument kann hier nicht referiert werden.

11 Carnap 1950, § 53, S. 285, Carnap/Stegmüller 1959, S. 150ff.

Betrachtet man gängige Axiomatisierungen, die diesen Bedingungen genügen, z. B. Carnaps Definition regulärer Bestätigungsfunktionen<sup>12</sup>, dann stellt man in der Regel folgendes fest:

(1) Der Begriff der logischen Äquivalenz und damit die deduktive Logik wird vorausgesetzt.

(2)  $p(a,b)$  ist nur dann definiert, wenn  $p(b) \neq 0$ .<sup>13</sup>

Eigenschaft (1) geht damit einher, daß man die Bedingungen (Log) zu Axiomen macht. Eigenschaft (2) ergibt sich daraus, daß man sich an der Definition  $p(a,b) = p(a \wedge b)/p(b)$  für einen (einstelligen) Begriff der absoluten Wahrscheinlichkeit  $p(x)$  orientiert, was nur für  $p(b) \neq 0$  sinnvoll ist.

Beides ist für Popper untragbar. Eigenschaft (1) widerspricht seiner Vorstellung von logischer Wahrscheinlichkeit als verallgemeinerter Form einer logisch-deduktiven Beziehung; denn dazu müßte man sie unabhängig von solchen Beziehungen axiomatisieren.<sup>14</sup> Eigenschaft (2) läuft Poppers Intention entgegen,  $p(a,b)$  auch dann sinnvoll verwenden zu können, wenn  $p(b) = 0$  ist. Dieser Fall tritt insbesondere dann auf, wenn  $b$  ein universelles Naturgesetz ist. Solche Gesetze haben für Popper<sup>15</sup> die absolute logische Wahrscheinlichkeit 0, da sie durch keine endliche Konjunktion von Instanzen verifizierbar sind.<sup>16</sup> Der durchaus sinnvolle wahrscheinlichkeitstheoretische Vergleich zweier Theorien  $t_1$  und  $t_2$  durch  $p(t_2, t_1)$  wäre also genausowenig möglich wie die Bewertung empirischen Tatsachenmaterials  $e$  relativ zu einer Theorie  $t$  durch  $p(e, t)$ .<sup>17</sup> Letztere Idee geht z. B. in Poppers Definition des Bewährungsgrads einer Theorie ein.<sup>18</sup>

Entsprechend entwickelt Popper das Programm einer Axiomatik der (bedingten) Wahrscheinlichkeit, für die gilt, daß sie (1) „autonom“, d. h. insbesondere logikunabhängig ist, (2) „sym-

12 Carnap 1950, § 55, Carnap/Stegmüller 1959, S. 155 ff.

13  $p(b)$  steht hier für  $p(b, T)$ , wobei  $T$  eine beliebige Tautologie ist.

14 Vgl. Postscript, S. 292–294/335–338.

15 Jedenfalls in einem unendlichen Universum und sofern sie nicht-tautologisch sind – zur Begründung vgl. Anhang \*VII der *Logik*. Diese These ist nicht unbestritten – vgl. Howson 1973 und die Diskussion in Gillies 1995.

16 Dies gilt in ähnlicher Weise auch bei Carnap; vgl. Carnap 1950, § 110, S. 571, Carnap/Stegmüller 1959, S. 228, vgl. Vetter 1967, S. 84–86, und Schroeder-Heister 1984a.

17 Vgl. *Logik* Anhang \*IV, S. 272/323.

18 Vgl. *Logik* Anhang \*IX.

metrisch“ ist, d. h. mit  $p(b,a)$  auch immer  $p(a,b)$  als sinnvoll ansieht, und schließlich (3) „formal“ im Sinne beliebiger Interpretierbarkeit ist. Insbesondere darf die logische Deutung, die zu ihrer Motivation diene, nicht die einzig mögliche sein. In den Anhängen \*IV und \*V zur *Logik* wird dieses Programm tatsächlich durchgeführt<sup>19</sup> einschließlich einer Ableitung der Axiome der Booleschen Algebra (in geeigneter Interpretation), was für Popper den Erweis der Wahrscheinlichkeitslogik als Verallgemeinerung der deduktiven Logik bedeutet.<sup>20</sup>

### 9.3 Statistische Wahrscheinlichkeit

Das wahrscheinlichkeitstheoretische Hauptthema der *Logik* ist die statistische Wahrscheinlichkeit, d. h. der Wahrscheinlichkeitsbegriff, der (wie etwa der Begriff der Kraft oder der Länge) Bestandteil einer empirischen Hypothese oder Theorie sein kann. Anders als der Begriff der logischen Wahrscheinlichkeit, der ein Begriff der Metasprache von (empirischen) Theorien ist, indem er Sätzen Maßzahlen zuordnet, deren Wert aus *logisch-semantischen* Gründen festgelegt ist, benutzt die Prüfung statistischer Hypothesen *statistische* Methoden, daher der Terminus. Popper selbst spricht in der *Logik* von „Ereigniswahrscheinlichkeit“ (LdF, S. 106/126). Später (z. B. im Postscript) bezeichnet er mit „statistischer Wahrscheinlichkeit“ die Häufigkeitskonzeption der Wahrscheinlichkeit, wie er sie in der *Logik* vertreten

19 Vorher hatte Popper 1955 sowie in Anhang \*II der *Logik*, der eine Arbeit von 1938 wieder abdruckt, schon eine Theorie der absoluten Wahrscheinlichkeit mit entsprechenden Eigenschaften entwickelt. Vgl. LdF, S. 268 n/318n sowie Leblanc 1982. Bemerkenswert ist dabei auch, daß die ersten Ansätze von 1938 in Unkenntnis der Axiomatisierung von Kolmogorow 1933 entworfen worden waren (vgl. LdF, S. 259/309) und von Popper später auch als Konkurrenz dazu verstanden werden.

20 Eine zusammenfassende Darstellung gibt Leblanc 1989. Von H. Field, W. H. Harper und H. Leblanc ist auf der Basis von Poppers Arbeiten eine „probabilistische Semantik“ als eine Alternative zur Tarskischen modelltheoretischen Semantik entwickelt worden, in der der Wahrscheinlichkeitsbegriff (in einer an Popper anschließenden Axiomatisierung) anstelle des Wahrheitsbegriffs zur Grundlage der Semantik der deduktiven Logik gemacht wird (vgl. ebd. S. 358ff., sowie Leblanc 2001). Die technische Möglichkeit dieser Interpretation gesteht Popper zu, bezeichnet sie jedoch als nichtintendiert (vgl. Popper/Miller 1994).

hatte, im Unterschied zur Propensitätsdeutung. Wir verwenden die heute übliche Terminologie, nach der man von Häufigkeitsdeutung und Propensitätsdeutung der statistischen Wahrscheinlichkeit redet.

Das Wahrscheinlichkeitskapitel der *Logik* gliedert sich in zwei Hauptteile: Nach allgemeinen Vorbemerkungen (bis Abschn. 48) wird in Abschn. 49–64 eine Version der Häufigkeitstheorie der statistischen Wahrscheinlichkeit entwickelt, die von vorliegenden Theorien in wesentlichen Punkten abweicht. Dieser Teil ist eher logisch-mathematischer Natur. In Abschn. 65–68 wird dann das wissenschaftstheoretische Problem der empirischen Anwendung von Wahrscheinlichkeitssätzen, insbesondere das der Prüfung statistischer Hypothesen behandelt, gefolgt von diversen Überlegungen zu Einzelfragen (Abschn. 69–72). Entsprechend sieht Popper zwei „Aufgaben“: „(1) Neubegründung der Wahrscheinlichkeitsrechnung“ und „(2) Aufklärung der Beziehungen zwischen Wahrscheinlichkeit und Erfahrung“ (LdF, S. 106/126). Die Argumentationen in beiden Teilen sind keinesfalls unabhängig voneinander. Die Argumentation im ersten Teil ist wesentlich von den erkenntnistheoretischen Punkten des zweiten Teils mitbestimmt, wie natürlich umgekehrt die erkenntnistheoretische Problematik der statistischen Wahrscheinlichkeit auf dem im ersten Teil entwickelten Begriff von Wahrscheinlichkeit aufbaut. Wie schon erwähnt, müssen die Anhänge der *Logik*, die späteren Fußnoten und das Postscript mit herangezogen werden.

Das philosophische Problem, das Popper im Aufbau der Wahrscheinlichkeitsrechnung (wie man die Wahrscheinlichkeitstheorie damals meistens nannte) sieht, besteht darin, daß es in ihr einerseits um zufällige Ereignisse geht, d. h. Ereignisse, die prinzipiell nicht prognostizierbar sind, auf die man andererseits jedoch einen Formalismus anwenden kann, der mathematische Gesetze beinhaltet. Popper versteht seinen Vorschlag zur begrifflichen Fassung des Wahrscheinlichkeitsbegriffs als einen Ansatz zur Lösung dieses „Grundproblems der Zufallstheorie“ (Abschn. 49), dem in den existierenden Ansätzen nicht hinreichend Rechnung getragen sei,<sup>21</sup> auch nicht bei von Mises, an

21 Auch seine spätere Wendung zur Propensitäts-Interpretation begründet er unter anderem als Lösung dieses „Grundproblems“ (Postscript, S. 372).

den er grundsätzlich anschließt. Grob gesprochen wirft er von Mises vor, mit der Annahme eines „Grenzwertaxioms“ die Gesetzmäßigkeit in der Regellosigkeit (Zufälligkeit) definitorisch festzusetzen anstatt sie zu begründen. Entsprechend schlägt Popper ein modifiziertes Verständnis von Regellosigkeit vor, aus dem sich Gesetzmäßigkeit begründen läßt.

### 9.3.1 Die von Misessche Häufigkeitstheorie

Richard von Mises<sup>22</sup> formulierte 1919 eine Begründung der Theorie der statistischen Wahrscheinlichkeit, die als „Häufigkeitsdeutung“ bekannt geworden ist. Weitere Verbreitung erfuhr sie durch seine Vorlesungen „Wahrscheinlichkeit, Statistik und Wahrheit“ (1928), einem Meisterwerk der populären Darstellung mathematischer Theorie. An diesem Ansatz hielt von Mises auch nach Kolmogorows (1933) Axiomatisierung des Wahrscheinlichkeitsbegriffs fest, der auf einen Einbau der Wahrscheinlichkeitstheorie in die durch Borel (1909) begründete Maßtheorie hinauslief. Grund dafür war unter anderem die Tatsache, daß er die Wahrscheinlichkeitstheorie nicht bloß als mathematischen Formalismus auffassen wollte, sondern als anwendungsbezogene Theorie.<sup>23</sup>

Von Mises' grundlegende Idee, der Popper in der *Logik* uneingeschränkt folgt, besteht darin, Wahrscheinlichkeit nicht als Eigenschaft von Einzelereignissen, sondern von „Massenerscheinungen oder Wiederholungsvorgängen“ (1928, S. 11) aufzufassen. Beispiele sind die Eigenschaft, eine bestimmte Zahl zu würfeln (bei einer unbegrenzten Anzahl von Würfelwürfen), oder die Eigenschaft, in einem bestimmten Lebensjahr zu sterben (in bezug auf eine als unbegrenzt angenommene Menge von Individuen) oder gewisse Parameter bewegter Moleküle (in bezug auf eine indefinite Menge von Molekülen). Die Rede von der Wahrscheinlichkeit eines Einzelereignisses ist danach nur als abkürzende Rede über die Massenerscheinung oder den Wiederholungsvorgang sinnvoll, als dessen Bestandteil das Einzel-

22 Für Biographisches und Bibliographisches zu von Mises vgl. Schroeder-Heister 1984b.

23 Vgl. von Mises 1936, S. 126f.

ereignis aufgefaßt wird.<sup>24</sup> Die Massenerscheinung oder den Wiederholungsvorgang, dessen Einzelergebnis nicht vorhersehbar ist, nennt von Mises im Anschluß an eine durch G. T. Fechner geprägte Tradition auch „Kollektiv“<sup>25</sup>.

Mathematisch kann man sich auf die Betrachtung unendlicher Ergebnisfolgen beschränken, da man sich die Einzeleigenschaften von Individuen in einer Masse als Resultate einer (als unbegrenzt fortsetzbar angenommenen) Folge von Beobachtungen vorstellen kann. Für viele Überlegungen ist es dabei ausreichend, sich auf das Vorliegen bzw. Nichtvorliegen eines einzigen Merkmals zu beschränken und damit auf Folgen, die nur aus Nullen und Einsen bestehen (man mag dabei an Folgen von Münzwürfen denken, die nur zwei Ergebnisse haben können). Eine zufällige 0-1-Folge ist ein *Alternativ* (als Spezialfall von Kollektiv). Im folgenden beschränken wir uns durchweg auf Alternative.<sup>26</sup> Eine 0-1-Folge wie z. B.

01010101010...

die man nicht als Folge von Resultaten eines *zufälligen* Wiederholungsvorgangs ansehen kann, ist demnach kein Alternativ. Vielmehr muß ein Alternativ nach von Mises zwei Bedingungen genügen, der Forderung der „Existenz der Grenzwerte“ und der Forderung der „Regellosigkeit der Zuordnung“ (1919, S. 55, 57). Popper folgend sprechen wir von „Grenzwertaxiom“ und „Regellosigkeitsaxiom“.<sup>27</sup>

Das *Grenzwertaxiom* besagt, daß ein Alternativ einen Grenzwert der relativen Häufigkeit der Eins („Häufigkeitsgrenzwert“) besitzen muß.<sup>28</sup> Die relative Häufigkeit der Eins unter den ersten  $n$  Gliedern der Folge ist dabei  $m/n$ , wobei  $m$  die Anzahl der

24 Popper spricht in diesem Zusammenhang von „formalistischen“ Wahrscheinlichkeitsaussagen, die wie Aussagen über Einzelereignisse aussehen, aber implizit auf eine Bezugsklasse verweisen, der das entsprechende Ereignis entnommen ist (Abschn. 71).

25 Einen detaillierten Überblick über die Entwicklung vom „Kollektivbegriff“ bei G. Rümelin über die Fechnersche „Kollektivmaßlehre“ zur Häufigkeitstheorie von Mises' gibt Heidelberger 1993 (Kap. 7).

26 Wie Popper benutzen wir „Alternative“ und „Kollektive“ als Pluralformen, von Mises benutzt „Alternativs“ und „Kollektivs“.

27 Popper schließt damit an die in der Literatur übliche Terminologie an, von Mises benutzt den mißverständlichen Terminus „Axiom“ nicht.

28 Damit besitzt sie natürlich auch einen Häufigkeitsgrenzwert für die 0. Wir setzen im folgenden immer voraus, daß die 1 der ausgezeichnete Wert ist.

Einser unter den  $n$  Gliedern ist. Die Existenz eines Häufigkeitsgrenzwerts ist nicht für jede 0-1-Folge erfüllt: Da relative Häufigkeiten zwischen 0 und 1 liegen, die Folge also beschränkt ist, wissen wir zwar, daß sie Häufungspunkte besitzt;<sup>29</sup> es muß jedoch keineswegs nur einen einzigen solchen Häufungspunkt geben. Das Grenzwertaxiom postuliert also deren Eindeutigkeit.

Das *Regellosigkeitsaxiom* besagt, daß der Häufigkeitsgrenzwert invariant gegenüber willkürlichen Auswahlen von Teilfolgen aus der ursprünglichen Folge ist. Zum Beispiel hat die Folge 01010101... den Häufigkeitsgrenzwert  $1/2$ , die Teilfolge, die man erhält, wenn man aus dieser Folge alle Glieder mit ungerader Stellenzahl auswählt (d. h. 1. Glied, 3. Glied, 5. Glied, ...) den Häufigkeitsgrenzwert 0, und die Teilfolge, die man erhält, wenn aus ihr alle Glieder mit gerader Stellenzahl auswählt, den Häufigkeitsgrenzwert 1. Die gegebene Folge ist demnach (wie zu erwarten ist) kein Alternativ. Die Idee der Regellosigkeit wird also dadurch ausgedrückt, daß der Häufigkeitsgrenzwert nicht verändert werden kann, indem man auf bestimmte (aber natürlich unendlich viele) Elemente der Ausgangsfolge ‚setzt‘ und dadurch eine (unendliche) Teilfolge herstellt. Von Mises formuliert das auch als „Prinzip vom ausgeschlossenen Spielsystem“ (1928, S. 26): Jede systematische Auswahl von Stellen der Folge führt zum selben Häufigkeitsgrenzwert. Im Beispiel des Roulettes: Auf lange Sicht macht es keinen Unterschied, ob man ohne Unterbrechung oder nur bei ausgewählten Spielen (etwa in Abhängigkeit von vorhergehenden Ergebnissen) auf eine bestimmte Zahl setzt: Der Häufigkeitsgrenzwert des Auftretens dieser Zahl bleibt gleich ( $1/37$  beim idealen Roulette).

Offenbar sind die beiden Axiome nicht unabhängig voneinander. Das Regellosigkeitsaxiom baut auf dem Grenzwertaxiom auf, insofern es fordert, daß zu einer Folge *mit Häufigkeitsgrenzwert* auch geeignet gewählte Teilfolgen einen Häufigkeitsgrenzwert haben, und zwar denselben. Es ist also nicht so, daß erst einmal regellose Folgen definiert und aus diesen dann diejenigen mit Häufigkeitsgrenzwert bestimmt werden könnten. Vielmehr ist Regellosigkeit eine nähere Spezifikation einer Folge mit Häufigkeitsgrenzwert.

29 Nach dem Satz von Bolzano/Weierstraß, vgl. LdF, S. 140 f./168.

Der Aufbau der Wahrscheinlichkeitsrechnung gestaltet sich bei von Mises jetzt so, daß Häufigkeitsgrenzwerte von Alternativen (oder allgemeiner Kollektiven) als Wahrscheinlichkeiten verstanden werden. Durch gewisse Umformungsoperationen auf Kollektiven lassen sich dann neue Kollektive mit neuen Wahrscheinlichkeiten gewinnen. Die „ausschließliche Aufgabe“ der Wahrscheinlichkeitsrechnung besteht darin, „aus gegebenen Wahrscheinlichkeiten innerhalb gewisser Ausgangskollektive die Wahrscheinlichkeiten innerhalb eines aus jenen abgeleiteten Kollektivs zu berechnen“.<sup>30</sup> Die genauere Durchführung dieser Theorie ist für unsere Zwecke unwesentlich (vgl. von Mises 1931, 1964).

Zahlreiche Autoren, die im Prinzip der von Misesschen Theorie zustimmten, haben Anstoß am Regellosigkeitsaxiom genommen. Anders als das Grenzwertaxiom ist es nicht mathematisch präzise formuliert, da nicht festgelegt ist, welche möglichen Auswahlen von Teilfolgen in Betracht gezogen werden sollen. Die Formulierung vom ausgeschlossenen Spielsystem legt nahe, nur ‚systematische‘ oder ‚gesetzmäßige‘ Auswahlen zuzulassen, aber was ‚systematisch‘ oder ‚gesetzmäßig‘ hier heißen könnte, war bis in die dreißiger Jahre hinein nicht klar. Damit stand auch noch für Popper die Frage im Raum, ob es überhaupt Kollektive (oder Alternative) gebe, d. h., ob die von Misesschen Axiome widerspruchsfrei seien. Diese Frage wurde insbesondere von E. Kamke 1932 und 1933 gestellt, worauf sich Popper bezieht (LdF, S. 127/152).<sup>31</sup>

30 Von Mises 1928, S. 31; vgl. 1919, S. 59.

31 Vgl. Martin-Löf 1969 für eine Geschichte der von Misesschen Theorie bis zum Vorschlag von Church 1940, im Regellosigkeitsaxiom nur effektiv berechenbare Auswahlen zuzulassen und so den Begriff des *Spielsystems* zu präzisieren, und bis zur Arbeit von Ville 1939 (angekündigt in Ville 1936), die das ursprüngliche von Misessche Programm erschütterte. Ville konstruierte Kollektive, die Häufigkeitsgrenzwerte nur von oben approximieren, also nicht der intuitiven Idee zufälliger Oszillationen um den Häufigkeitsgrenzwert herum entsprechen. Bei von Lambalgen 1987 findet sich eine ausgezeichnete Darstellung der Versuche, den Begriff der Zufallsfolge zu definieren, unter Einschluß neuerer Ansätze; von Lambalgen 1990 unternimmt eine Axiomatisierung der von Misesschen Theorie auf logischer Grundlage.

### 9.3.2 Poppers Kritik am Grenzwertaxiom

Popper übernimmt den von Misesschen Grundansatz, Wahrscheinlichkeiten als Grenzwerte relativer Häufigkeiten von Merkmalen in unendlichen Zufallsfolgen zu verstehen. Ebenso wie die zeitgenössische Diskussion sieht er die Problematik des Regellosigkeitsaxioms. Für „nicht viel weniger bedenklich“ hält er jedoch das Grenzwertaxiom, das in der mathematischen Diskussion der von Misesschen Theorie eher unkontrovers ist, weil es auf dem mathematisch präzisen Begriff des Grenzwerts beruht. Während er die Verbesserung des Regellosigkeitsaxioms als „eine mehr mathematische Angelegenheit“ ansieht, fordert Popper die „Ausschaltung des Grenzwertaxioms“ aus „einem erkenntnistheoretischen Bedürfnis“ heraus (alles Abschn. 51).

An der Stelle, an der er dies formuliert (S. 113/135), gibt er kein solches erkenntnistheoretisches Argument an, sondern verweist auf eine im Wiener Kreis geäußerte These (Waismann 1930), der Grenzwert einer Folge sei eine Eigenschaft ihres Bildungsgesetzes. Daher könne man nicht vom Grenzwert einer regellosen Folge (d. h. einer Folge ohne Bildungsgesetz) sprechen. Dieses Argument ist recht schwach, macht es doch Anleihen bei einem mathematischen Konstruktivismus, der im Gegensatz steht zur eigenen Unbedenklichkeit, mit der die klassische (nichtkonstruktive) Mathematik benutzt wird.

Am Schluß von Abschn. 66, auf dessen erkenntnistheoretische Diskussion Popper in Abschn. 51 verweist, findet sich dann allerdings folgendes Argument: Das Grenzwertaxiom ist ein nichtfalsifizierbarer Allsatz. Daß die Folge  $\alpha$  einen Häufigkeitsgrenzwert hat, bedeutet ja: Es gibt einen Wert  $p$  derart, daß für jedes  $\varepsilon > 0$  eine Zahl  $n$  angegeben werden kann derart, daß die relative Häufigkeit ab dem  $n$ -ten Glied der Folge von  $p$  einen Abstand  $< \varepsilon$  hat. Für empirische Folgen kann  $n$  als Funktion von  $\varepsilon$  nicht angegeben werden, da man relative Häufigkeiten für beliebig große  $n$  prüfen müßte, was nicht möglich ist.<sup>32</sup> Demnach ist die Annahme der Existenz eines Häufigkeitsgrenzwerts einer empirischen Folge ein metaphysischer Satz. Genau einen solchen Satz müssen wir jedoch als Hypothese aufstellen, wenn wir annehmen, eine empirisch gegebene Folge sei ein Kollektiv

32 Meine Rekonstruktion von Poppers Argument basiert auf Fn. 2 zu S. 148/177.

im Sinne von von Mises. Der Ausweg, es handle sich um einen *sinnvollen* metaphysischen Satz – eine Möglichkeit, die bei Popper aufgrund seiner Unterscheidung zwischen Sinnkriterium und Abgrenzungskriterium grundsätzlich besteht –, bietet sich im vorliegenden Fall nicht an (S. 149f./178f.).

Poppers Kritik am Grenzwertaxiom besteht also darin, daß

- (1) für mathematische Folgen, unter denen Popper Folgen mit Bildungsgesetz versteht (Abschn. 57, S. 124/148), der Begriff des Häufigkeitsgrenzwerts zwar sinnvoll ist, diese Folgen aber dann nicht regellos im von Mises'schen Sinne sind,
- (2) für empirische Folgen die Annahme der Existenz eines Grenzwerts metaphysisch ist.

### 9.3.3 Poppers Gegenvorschlag: Regellosigkeit von Anfang an

Poppers Lösung des Problems des Grenzwertaxioms besteht darin, den von Mises'schen allgemeinen Regellosigkeitsbegriff einzuschränken und nur solche Folgen zu betrachten, die diesem eingeschränkten Begriff genügen. Diese Folgen nennt er „zufallsartig“. Damit erledigt sich Poppers erster Kritikpunkt: Es ist jetzt möglich, überhaupt von Grenzwerten zu reden, da die betrachteten zufallsartigen Folgen nicht regellos in einem absoluten Sinne sind (vgl. S. 124f./148f., 129f./155). Ferner vermutet Popper, daß man von zufallsartigen Folgen deduktiv *zeigen* kann, daß sie Häufigkeitsgrenzwerte besitzen (Abschn. 63, S. 138/165f.). Wenn diese Vermutung richtig ist, dann verschwindet auch Poppers zweiter Kritikpunkt: Da zufallsartige Folgen *per se* Häufigkeitsgrenzwerte *haben*, muß man im Fall empirischer Anwendung auch nicht mehr *annehmen*, daß Häufigkeitsgrenzwerte existieren. Schließlich löst sich für Popper das Problem der Widerspruchsfreiheit des Häufigkeitsansatzes, da Beispiele regelloser Folgen im eingeschränkten Sinn konstruiert werden können (Abschn. 58).

Die Idee, die Existenz von Häufigkeitsgrenzwerten aus der Annahme der Zufallsartigkeit zu deduzieren, ist konzeptionell nur sinnvoll, wenn die Eigenschaft der Zufallsartigkeit unabhängig vom Problem der Existenz von Häufigkeitsgrenzwerten formuliert werden kann. Die Abschwächung der Regellosigkeits-

forderung bedeutet für Popper also nicht einfach, daß die Invarianz von Häufigkeitsgrenzwerten gegenüber systematischen Auswahlen von Teilfolgen nur in bezug auf eine *beschränkte* Klasse von Auswahlen gefordert wird, sondern daß eine Bedingung angegeben wird, die Zufallsartigkeit ganz ohne Grenzwertbegriff definiert. Das unterscheidet Poppers Ansatz, der allerdings erst in *Logik<sub>e</sub>* konsequent durchgeführt wird, grundsätzlich von anderen zeitgenössischen Ansätzen, die (teilweise sehr ähnlich wie Popper) die zugelassenen Auswahlregeln einschränken, jedoch die Idee der Regellosigkeit als Invarianz von Häufigkeitsgrenzwerten gegenüber Auswahlen von Teilfolgen beibehalten.<sup>33</sup>

Ferner muß verlangt werden, daß der (unabhängig definierte) Begriff der Zufallsartigkeit einer Folge der empirischen Prüfung zugänglich ist. Hierzu gehört die Annahme, daß die Zufallsartigkeit schon durch Betrachtung von endlich vielen Gliedern der Folge beurteilt werden kann. Daher ist es nur folgerichtig, daß Popper Zufallsartigkeit zunächst für endliche Folgen definiert und diesen Begriff dann für unendliche Folgen verallgemeinert.

Für endliche 0-1-Folgen (behandelt in Abschn. 52–56) stellt sich kein Grenzwertproblem. Hier definiert Popper einen Begriff von *n-Nachwirkungsfreiheit*. Danach ist eine Folge *n-nachwirkungsfrei*, wenn die relative Häufigkeit der Eins invariant ist gegenüber Auswahlen von Teilfolgen, die Glieder in Abhängigkeit von den *n* unmittelbar vorangehenden Werten der Ausgangsfolge auswählen (in der Terminologie der Glücksspiele: die auf Werte ‚setzen‘, gegeben eine bestimmte Ergebnisfolge bei *n* unmittelbar vorangehenden Spielen). Offenbar ist wegen der Endlichkeit der Folge die Eigenschaft der *n-Nachwirkungsfreiheit*<sup>34</sup> entscheidbar. Umgekehrt lassen sich *n-nachwirkungsfreie* endliche Folgen konstruieren. In Anhang IV zur *Logik* gibt Popper ein solches Konstruktionsverfahren für den Fall der Gleichverteilung an. Die erzeugende „Periode“ einer so konstruierten „kürzesten“ *n-nachwirkungsfreien* Folge hat die Länge  $2^{n+1}$ . Auf diese Weise erhält Popper ein Maß für den Grad der Zufälligkeit *endlicher* 0-1-Folgen  $\alpha$  mit Gleichverteilung (das sich auf belie-

33 Zu solchen Ansätzen vgl. Martin-Löf 1969.

34 Welche *m-Nachwirkungsfreiheit* für jedes  $m < n$  impliziert.

bige Verteilungen verallgemeinern läßt): das größte  $n$ , so daß  $\alpha$  mindestens die Länge  $2^{n+1}$  hat und  $n$ -nachwirkungsfrei ist.<sup>35</sup>

Der Übergang zu unendlichen Folgen (behandelt in Abschn. 57–64) ergibt sich dann in *Logik<sub>e</sub>* wie folgt: Eine zufallsartige 0-1-Folge  $\alpha$  mit Wahrscheinlichkeit  $p$  ist eine Folge, deren Anfangsabschnitte kürzeste endliche zufallsartige Folgen mit Häufigkeit  $p$  sind, also  $n$ -nachwirkungsfrei für größtmögliches  $n$  sind. Die Idee ist also, daß sich die Zufallsartigkeit mit Wahrscheinlichkeit  $p$  schon *von Anfang an* manifestiert. Die Folge soll *in allen ihren Anfangsabschnitten* maximalen Zufälligkeitsgrad haben, was bedeutet, daß der Grad der Nachwirkungsfreiheit mit der Länge der Anfangsabschnitte wächst. Popper spricht bei den Folgen mit dieser Eigenschaft von einem „Idealtypus regelloser Alternative“ (Anhang \*VI, S. 311/368). Daß solche Folgen  $\alpha$  mit Wahrscheinlichkeit  $p$  dann auch  $p$  als Häufigkeitsgrenzwert haben, ist nahezu trivial, da die relativen Häufigkeiten der Anfangsabschnitte festliegen. Poppers Rede vom „Idealtypus“, d. h. von etwas, das empirisch nur *näherungsweise* realisiert sein muß, ist dabei sehr ernst zu nehmen, da die Fixierung aller Anfangsstücke auf maximale Regellosigkeit eine drastische Einschränkung der Regellosigkeit bedeutet, die über alles hinausgeht, was in der Debatte um das Regellosigkeitsaxiom jeweils vorgeschlagen wurde.<sup>36</sup>

Popper definiert wie zuvor von Mises die Zufallsartigkeit (Regellosigkeit) relativ zu einem Wert  $p$ , der dann als Wahrscheinlichkeitswert verstanden wird. Nur wird von diesem Wert  $p$  nicht *vorausgesetzt*, daß er ein Häufigkeitsgrenzwert ist und

35 Miller 1994 (S. 180) liest Poppers Definition als erstmaligen Versuch, einen Grad der Zufälligkeit *endlicher* Folgen zu definieren, eine Idee, die in neuerer Zeit auf gänzlich anderem Hintergrund im Rahmen der algorithmischen Komplexitätstheorie äußerst erfolgreich verfolgt wird (vgl. Li/Vitányi 1993). Bei Popper findet sich zwar keine direkte Formulierung, wonach der maximale Grad der  $n$ -Nachwirkungsfreiheit als Komplexitätsmaß aufzufassen ist, die Interpretation Millers ist jedoch plausibel.

36 Verwandte Konstruktionen von Folgen, die regellos erscheinen, finden sich auch bei Copeland 1928, von Mises 1933 und bei Good 1946, worauf Popper später selbst hinweist (Postscript, S. 363f./417; Autobiographie, Anm. 150). Von Mises hat es dabei immer strikt abgelehnt, „durch eine Rechenvorschrift darstellbare Folgen“ als Kandidaten ‚genuiner‘ Zufallsfolgen anzusehen (vgl. von Mises 1936, S. 117).

daß Stellenauswahlen zum selben Häufigkeitsgrenzwert  $p$  führen, sondern von  $p$  wird nur eine Eigenschaft verlangt, die von (allen) endlichen Anfangsabschnitten gilt und somit falsifizierbar ist. Das heißt, Popper gibt für unendliche Folgen eine Definition von ‚regellos mit Wahrscheinlichkeit  $p'$  als Extrapolation des für endliche Folgen definierten Begriffs ‚regellos mit relativer Häufigkeit  $p'$ .

In *Logik<sub>1</sub>* sieht Popper den in *Logik<sub>e</sub>* beschrittenen Weg noch nicht. Obwohl er in *Logik<sub>1</sub>* schon den Zufälligkeitsgrad für endliche Folgen über den Begriff der  $n$ -Nachwirkungsfreiheit definiert hat, nutzt er ihn nicht weiter aus bei der Definition von zufallsartigen unendlichen Folgen durch Betrachtung der endlichen Anfangsabschnitte. Vielmehr definiert er Zufallsartigkeit als Invarianz des Häufigkeitsgrenzwerts gegenüber Aussonderungen nach beliebigen  $n$ -Tupeln (Abschn. 59). Das heißt, er benutzt einen Begriff der Nachwirkungsfreiheit für *unendliche* Folgen, der den Begriff des Häufigkeitsgrenzwerts voraussetzt. Das entspricht noch ganz dem Vorgehen von H. Reichenbach, von dem der Begriff der Nachwirkungsfreiheit für unendliche Folgen stammt.<sup>37</sup> Die Beziehung zwischen dem Begriff der  $n$ -Nachwirkungsfreiheit für endliche Folgen und der Betrachtung von Anfangsabschnitten unendlicher Folgen hat Popper erst später gesehen. Entsprechend gelingt es Popper in *Logik<sub>1</sub>* auch nicht eigentlich, auf das Grenzwertaxiom zu verzichten. An seine Stelle setzt er die mathematisch gleichwertige Forderung der Eindeutigkeit der Grenzwerte (Abschn. 64), von der er zugibt, daß sie nicht falsifizierbar ist, aber doch nützlich sein soll in einem Sinne, in dem es die Grenzwertannahme nicht ist. Die diesbezüglichen Erläuterungen in Abschn. 64 sind schwer nachzuvollziehen.<sup>38</sup>

37 Reichenbach 1932, S. 600 und 1935, § 28. Poppers Abgrenzung, im Gegensatz zu Reichenbach bietet er einen induktiven Begriff ( $n$ -nachwirkungsfrei für jedes  $n$ , vgl. LdF, S. 134/161, Fußn. 2) wirkt schwach.

38 Poppers Überlegungen in *Logik<sub>1</sub>* zur Regellosigkeit unendlicher Folgen sind in die mathematische Diskussion der von Misesschen Theorie eingegangen. Hierzu gehören neben den erwähnten Arbeiten von Reichenbach und Copeland vor allem Wald 1937. (Wald ist durch einen Vortrag Poppers im mathematischen Kolloquium K. Mengers zur Entwicklung seiner Theorie motiviert worden, vgl. Autobiographie, Abschn. 20.)

Poppers Alternative zum von Misesschen Ansatz besteht in *Logik<sub>e</sub>* also darin,

- (1) Regellosigkeitsgrade für endliche Folgen zu definieren,
  - (2) ideale Modelle zufallsartiger unendlicher Folgen zu konstruieren, deren endliche Anfangsabschnitte maximal regellos im Sinne von (1) sind und
  - (3) deren Häufigkeitskonvergenz aus ihrer Definition folgt.
- Erkauft wird diese Alternative mit einer starken Einschränkung der Idee der Regellosigkeit.

### 9.3.4 Die Überprüfung von Wahrscheinlichkeits- hypothesen

Wie wir gesehen haben, hängt das erkenntnistheoretische Problem der empirischen Prüfung von Wahrscheinlichkeitsaussagen für Popper eng mit dem Problem der Begründung der Wahrscheinlichkeitstheorie zusammen. Die Kritik am von Misesschen Grenzwertaxiom und die entsprechende Neufassung des Regellosigkeitsaxioms verfolgt das Ziel, eine Regellosigkeitsannahme durch Beobachtung einer empirisch gegebenen Folge prüfen zu können. In Abschn. 65–68 geht es darüber hinaus um das Problem, Annahmen über bestimmte Wahrscheinlichkeitswerte, d. h. *Wahrscheinlichkeitshypotesen* zu prüfen. Popper nennt es „Entscheidbarkeitsproblem“. Die Überlegungen beziehen sich auf die Position von *Logik<sub>1</sub>*, gelten aber in zentralen Punkten auch für *Logik<sub>e</sub>*.

Das Ausgangsproblem ist die Feststellung, daß Wahrscheinlichkeitshypothesen nicht falsifizierbar sind. „... die Wahrscheinlichkeitshypothese verbietet nichts Beobachtbares, der Wahrscheinlichkeitsansatz kann mit keinem Basissatz, also auch mit keiner Konjunktion von endlich vielen Basissätzen (mit keiner endlichen Beobachtungsfolge) in logischem Widerspruch stehen ...“ (Abschn. 65, S. 144 f./173f.). Jede *beliebige* endliche Folge kann Anfangsabschnitt<sup>39</sup> einer zufallsartigen unendlichen Folge mit *beliebigem* Häufigkeitsgrenzwert sein.<sup>40</sup> Und da man nur end-

39 Oder auch ein beliebiger Zwischenabschnitt.

40 Es ist kontrovers, ob auch jede *unendliche* Folge (z. B. 11111 ...) mit jedem Häufigkeitsgrenzwert (z. B. 1/2) verträglich sein sollte. Dieses Argument wurde

lich viele Beobachtungen durchführen kann, ist *jede* Wahrscheinlichkeitshypothese mit *jeder* Beobachtungsfolge logisch verträglich. Das gilt nicht nur für den von Mises'schen Begriff der Zufallsfolge, sondern gleichermaßen für den Begriff der Zufallsfolge in *Logik*<sub>1</sub>. Das Bestehen von n-Nachwirkungsfreiheit für alle n für einen Häufigkeitsgrenzwert p ist mit *beliebigen* Anfangsabschnitten logisch verträglich. Popper drückt das auch so aus, daß er die Dimension einer Wahrscheinlichkeitshypothese als (abzählbar) unendlich ansieht. Das heißt, man würde eine unendliche Konjunktion von Basissätzen benötigen, um sie zu widerlegen. Da die Dimension einer Hypothese umgekehrt proportional zu ihrem empirischen Gehalt ist, würde dies bedeuten, daß Wahrscheinlichkeitshypothesen keinen empirischen Gehalt besitzen.

Dem steht die Praxis der empirischen Wissenschaften, insbesondere der Physik entgegen, bestimmte Beobachtungen als Falsifikation von Wahrscheinlichkeitshypothesen zuzulassen. Diese praktische Falsifikation beruht auf der *Vernachlässigung des Unwahrscheinlichen*. Obwohl das Auftreten einer bestimmten endlichen Anfangsfolge mit jeder Wahrscheinlichkeitshypothese logisch verträglich ist, ist dies im Lichte mancher Hypothese so *unwahrscheinlich*, daß man diese Hypothese durch die Anfangsfolge als falsifiziert ansieht. Offensichtlich ist die Festlegung dessen, was man für zu unwahrscheinlich halten soll, ein methodologischer Beschluß. Popper fragt nun, wie dieser sich rechtfertigen läßt, insbesondere ob und wie sich eine Grenze (in Form eines Wahrscheinlichkeitswerts) festlegen läßt, bei der Unwahrscheinlichkeit beginnt (S. 146/174).

Für die Position von *Logik*<sub>e</sub> stellt sich das Problem wie folgt: Hier ist zwar der Begriff der Zufallsartigkeit unendlicher Folgen eine falsifizierbare Eigenschaft, aber in einer solchen Art, daß empirische Folgen ihn *zu leicht* verfehlen. Zum Beispiel ist die viergliedrige endliche 0-1-Folge  
0000

schon von Fréchet 1938 (S. 26f.) gegen die Häufigkeitstheorie vorgebracht und von Wald 1938 (S. 92 f.) und von Mises 1938 (S. 61 f.) diskutiert und zurückgewiesen. Auch Stegmüller 1973 (S. 34–39, 222) benutzt es als entscheidendes Argument gegen die Häufigkeitstheorie. Eine Bewertung dieses Arguments müßte das Verhältnis zwischen maßtheoretischer und häufigkeitstheoretischer Auffassung von Wahrscheinlichkeit diskutieren, was hier nicht geleistet werden kann. Für von Mises' Position hierzu vgl. von Mises 1964, S. 43–49.

nicht 2-nachwirkungsfrei in bezug auf die angenommene Wahrscheinlichkeit  $1/2$ , würde also eine entsprechende Wahrscheinlichkeitshypothese für eine unendliche Folge mit dieser endlichen Folge als Anfangsabschnitt falsifizieren, da die unendliche Folge nicht *von Anfang an* maximal regellos wäre. Das ist unplausibel: Man würde viermal Wappen am Beginn einer unbegrenzten Folge von Würfeln mit einer Münze noch tolerieren, ohne sogleich die Münze für asymmetrisch zu halten – es sei denn, die Tendenz zum Wappen bliebe bei einer längeren Anfangsfolge bestehen. Poppers Definition der Zufallsartigkeit in *Logik<sub>e</sub>* kann also kein *strenges* Kriterium für empirische Folgen sein. Vielmehr ist es nach eigener Beschreibung ein Modell, das von empirischen Folgen *approximiert* werden sollte. Um wirklich von einer Falsifikation reden zu können, müßte man festlegen, wann eine endliche empirische Folge der Länge  $n$  als Approximation eines Anfangsabschnitts der Länge  $n$  einer idealen zufallsartigen Folge gelten kann. Wie Popper zugesteht, macht dies ähnliche methodologische Festlegungen nötig: „Das Entscheidbarkeitsproblem verwandelt sich dadurch in folgendes Problem: da man von empirischen Folgen nur *Annäherung* an kürzeste zufallsartige Folgen erwarten kann – was kann man als Annäherung akzeptieren und was nicht?“ (S. 146 n/174 n)

Als eine absurde Konsequenz der These der Nichtfalsifizierbarkeit von Wahrscheinlichkeitshypothesen sieht Popper die von ihm so genannte „Wahrscheinlichkeitsmetaphysik“ an, die das Bestehen jeglicher Gesetzmäßigkeit überhaupt leugnet und behauptet, jede vermeintliche Gesetzmäßigkeit sei eine Anhäufung von Zufällen (Abschn. 67). Sie argumentiert nach Popper wie folgt: Gegeben sei eine regellose 0-1-Folge  $\alpha$  mit bestimmtem Häufigkeitsgrenzwert. Dann kann man (bei allen plausiblen Fassungen von ‚Regellosigkeit‘) zu einer beliebigen endlichen 0-1-Folge  $\alpha'$  und zu jedem beliebig nahe bei 1 liegenden Wahrscheinlichkeitswert  $p$  ein  $n$  angeben, so daß innerhalb der ersten  $n$  Glieder von  $\alpha$  der Abschnitt  $\alpha'$  mit der Wahrscheinlichkeit  $p$  als Teilfolge vorkommt. Popper führt folgendes inhaltliches Beispiel an: Die das Gravitationsgesetz stützenden Beobachtungen werden dadurch erklärt, daß wir uns in der betrachteten Weltperiode gerade in einem dem Gravitationsgesetz entsprechenden regelmäßigen endlichen Abschnitt  $\alpha'$  einer schon sehr lange bestehenden Zufallsfolge  $\alpha$  (d. h. einen regelmäßigen Abschnitt des

grundsätzlich chaotischen Weltverlaufs) befinden. Die Möglichkeit einer solchen Position macht für Popper die Notwendigkeit geeigneter Beschlüsse zur Falsifikation von Wahrscheinlichkeitsaussagen augenfällig.

Diese in *Logik*<sub>1</sub> vorgebrachte Argumentation ist offensichtlich ebenfalls für *Logik*<sub>e</sub> signifikant. Denn selbst wenn zufallsartige Folgen  $\alpha$  erst dann vorliegen, wenn alle endlichen Anfangsabschnitte regellos in einem bestimmten Sinne sind ( $n$ -nachwirkungsfrei), kann bei genügend großem  $n$  die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten einer festen endlichen Teilfolge  $\alpha'$  innerhalb der ersten  $n$  Glieder beliebig groß gemacht werden.<sup>41</sup> Die Teilfolge  $\alpha'$  kann zwar nach Definition dieser Form von Zufallsartigkeit nicht als *Anfangs*abschnitt auftreten, aber sehr wohl als *späterer* Abschnitt, und zwar desto wahrscheinlicher, je länger man die Folge  $\alpha$  betrachtet. Der oben erwähnte methodologische Beschluß, empirische Folgen als Approximationen von idealen Zufallsfolgen aufzufassen, beinhaltet also insbesondere den Beschluß, davon auszugehen, daß man sich am *Anfang* der Folge befindet.<sup>42</sup>

Popper spricht von „Wahrscheinlichkeitsmetaphysik“ deshalb, weil die Hypothese, sich in einem regelmäßigen endlichen Abschnitt eines regellosen Weltverlaufs zu befinden, nicht falsifizierbar ist. Es handelt sich also um Metaphysik im strengen Sinne der *Logik*. „... man muß ... [die] metaphysische Verwendung [von Wahrscheinlichkeitstheorien] ausschließen, wenn man sie empirisch brauchbar machen will“ (Abschn. 67, S. 152 oben/181).

Daraus ergibt sich für Popper in Abschn. 68 der „methodologische Beschluß, Effekte, reproduzierbare Gesetzmäßigkeiten niemals auf gehäufte Zufälle zurückzuführen“ (S. 153/183). Die beiden Argumente, die Popper in Abschn. 11 zur Rechtfertigung methodologischer Regeln vorgebracht hatte:

1. Regeln sind so einzurichten, daß Falsifikation nicht verhindert wird (S. 26/31)
2. Übereinstimmung mit den Intentionen der empirischen Forschung ist anzustreben (S. 27/32)

41 Für die in Anhang IV konstruierten idealen zufallsartigen Folgen mit Gleichverteilung gilt: Im Anfangsabschnitt der Länge  $2^{n+1}+n$  tritt jede endliche Folge der Länge  $n+1$  mindestens einmal auf (vgl. S. 121/144).

42 Darauf hat Miller 1994, S. 180 f. hingewiesen.

zieht er auch hier heran: es muß vermieden werden „daß Wahrscheinlichkeitshypothesen durch unbeschränkte Anwendung völlig nichtssagend werden“ sowie „Der Physiker wird sie in dieser Weise auch nicht verwenden“ (S. 153/183).

Diese methodologische Regel geht über diejenige des Verbots von *ad hoc* Hypothesen (Abschn. 20) hinaus. Die Hypothese, ein beobachteter Vorgang sei ein regelmäßiger Abschnitt eines regellosen Ablaufs, ist nicht einfach *ad hoc*, sondern selbst nicht prüfbar. Entsprechendes gilt für die Annahme gemäß *Logik<sub>1</sub>*, daß man sich in einem besonders späten Abschnitt einer Zufallsfolge befindet. Sie entspricht auch nicht dem Verbot nichtreproduzierbarer Effekte (S. 19/22f.). Wir nehmen in jedem Fall an, daß die beobachteten Effekte (endliche Folgen bestimmter Art) reproduzierbar sind. Das Verbot, Nichtreproduzierbares als Effekt anzusehen, beruht auf der Idee, Nichtreproduzierbares als unwahrscheinlich zu betrachten. Hier geht es jedoch umgekehrt darum, etwas, das in hohem Maße unwahrscheinlich ist, als nichtreproduzierbar anzusehen, d. h. einen unwahrscheinlichen, aber reproduzierbaren Effekt als Falsifikation einer Wahrscheinlichkeitshypothese aufzufassen.<sup>43</sup> Man könnte in bezug auf statistische Hypothesen also die methodologische Forderung der Reproduzierbarkeit von Effekten und die Regel der Vernachlässigung des Unwahrscheinlichen in der Gleichsetzung „reproduzierbar = nicht sehr unwahrscheinlich“ aufeinander beziehen. Dann gehen beide Regeln ineinander über.<sup>44</sup>

Popper unternimmt gewisse Ansätze, die Regel der Vernachlässigung des Unwahrscheinlichen zu präzisieren. In *Logik<sub>1</sub>* (Abschn. 68) diskutiert er das Problem, eine Wahrscheinlichkeit  $\epsilon$  anzugeben, die man als vernachlässigbar klein ansehen kann. Er betrachtet kontinuierliche physikalische Effekte, deren Intervall gefundener Meßwerte von der angenommenen kritischen Wahrscheinlichkeitsgrenze  $\epsilon$  abhängt und schlägt vor,  $\epsilon$  eine solche Größenordnung zu geben, daß dieses Intervall im Rahmen der Meßgenauigkeit möglichst unempfindlich gegenüber Schwankungen von  $\epsilon$  ist. Dieses Verfahren ist offenbar nur in Spezial-

43 „Unwahrscheinlich“ heißt hier: „unwahrscheinlich in bezug auf die zu prüfende Hypothese“.

44 Auf die Dualität beider Regeln hat Miller 1994, S. 181f. hingewiesen.

fällen anwendbar und wird von Popper später als überholt angesehen (S. 155n./185n.).

In *Logik<sub>e</sub>* macht Popper den Vorschlag, die Nähe einer beobachteten Folge zu einer idealen Zufallsfolge im Rahmen seiner Theorie der Bewährung zu behandeln und verweist gleichzeitig auf die Verwandtschaft dieser Überlegungen zur mathematischen Statistik (S. 146n./174n.). In der Tat würde sich die statistische Testtheorie, in der man Kriterien zur Verwerfung bzw. Akzeptanz von statistischen Hypothesen formuliert, als ein naheliegender Themenkomplex anbieten, der aus der gewonnenen Perspektive zu diskutieren wäre. Popper geht in der *Logik* nicht weiter darauf ein, verweist allerdings in einem Zusatz von 1975 (S. 373/443) auf Gillies 1973, der (aus Sicht der Propensitätsinterpretation) die Beziehung des Falsifikationsproblems statistischer Hypothesen zur statistischen Testtheorie herstellt.<sup>45</sup> Sehr viel mehr als die Regel der Vernachlässigung des Unwahrscheinlichen findet sich also in der *Logik* nicht.<sup>46</sup>

Wenn man sowohl in *Logik<sub>1</sub>* wie auch in *Logik<sub>e</sub>* nur mit Hilfe von methodologischen Regeln zur Falsifikation von Wahrscheinlichkeitshypothesen kommt, die grundsätzlich dieselbe Idee beinhalten, nämlich die Vernachlässigung des Unwahrscheinlichen, was ist dann noch das Besondere von *Logik<sub>e</sub>* gegenüber *Logik<sub>1</sub>*? Die Antwort ist, daß alle Überlegungen des vorigen Abschnittes (9.3.3) hier weiter gelten. Bei der Prüfung einer statistischen Hypothese, d. h., beim Versuch ihrer Widerlegung prüft man ja nicht nur einen Grenzwert relativer Häufigkeiten, sondern nimmt gleichzeitig an, daß es sich um den Grenzwert einer *regellosen* Folge handelt. Zur Prüfung der Regellosigkeit ist die Bestimmung der Nähe zu einer idealen Zufallsfolge, über deren Anfangsabschnitte man etwas weiß, das in *Logik<sub>e</sub>* vorgeschlagene Verfahren, das kein Gegenstück in *Logik<sub>1</sub>* hat. Im Beispiel: Ein beobachteter endlicher Anfangsabschnitt 010101..... von hundert Gliedern ist mit ei-

45 Im Unterschied zur Theorie von Neyman und Pearson (vgl. Schroeder-Heister 1996), nach der man statistische Hypothesen nur gegen (Klassen von) Alternativhypothesen testen kann, macht Gillies 1971 und 1973 einen Vorschlag zu einer Falsifikationsregel, die ohne den Bezug zu Alternativhypothesen auskommt.

46 Abgesehen von einigen von 1958 datierenden Erwägungen zum Bewährungsgrad statistischer Hypothesen in Anhang \*IX (dort S. 359–369).

nem Häufigkeitsgrenzwert von  $1/2$  sehr gut verträglich, aber nicht mit der Annahme eines Häufigkeitsgrenzwerts von  $1/2$  einer *zufälligen* Folge. Ohne diese Zufälligkeitsannahme, die Wahrscheinlichkeitshypothesen zugrunde liegt, kann man keinerlei *statistische* Annahmen machen, die für die Prüfung des Grenzwerts benötigt werden. Die Möglichkeit, eine beobachtete relative Häufigkeit in bezug auf eine statistische Hypothese zu interpretieren (insbesondere als besonders unwahrscheinlich und damit als Falsifikationsinstanz der Hypothese), besteht nur dann, wenn man von der Annahme ausgehen kann, daß tatsächlich ein zufälliger und kein gesetzmäßiger Ablauf hinter der Folge von Beobachtungen steht. Selbst wenn es sich hier meist um eine Hintergrundhypothese handelt, muß sie im Prinzip falsifizierbar sein.

Der Ansatz von *Logik<sub>e</sub>* steht und fällt also mit der Möglichkeit, den Grad der Abweichung einer empirischen Folge von einer idealen zufallsartigen Folge zu präzisieren. Aus heutiger Sicht müßte man zur Ausschöpfung des Potentials der Popperschen Theorie den kruden Begriff der Nachwirkungsfreiheit aufgeben und nicht nur die statistische Testtheorie, sondern die moderne Theorie der Kolmogorow-Komplexität zur Messung des Informations – (und damit auch Regelmäßigkeits-) Gehalts endlicher Zeichenketten heranziehen (siehe Fußn. 35), die der Popperschen Definition der Zufallsartigkeit endlicher Folgen weit überlegen ist.

Die in diesem Abschnitt diskutierte Problematik ist auch durch die Neuorientierung Poppers zur Propensitätstheorie nicht überholt. Selbst wenn der Anspruch der Propensitätstheorie, Einzelfallwahrscheinlichkeit zur Geltung zu bringen, ohne Kollektive als Bezugsklassen im Hintergrund mitzumeinen, zu Recht besteht, so sind doch Propensitäten immer nur über beobachtete relative Häufigkeiten prüfbar, so daß sich das Problem der Falsifikation von Wahrscheinlichkeitshypothesen dort erneut stellt.<sup>47</sup>

47 Für Poppers Wendung zur Propensitätstheorie sei auf das Postscript (S. 347–401/399–460) verwiesen, wo Popper die Geschichte der von Misesschen Theorie bis zum Vorschlag Churchs, nur effektiv berechenbare Auswahlen zuzulassen, aus seiner Sicht behandelt und die Gründe für seine Neuorientierung angibt, insbesondere auch im Zusammenhang mit seiner Interpretation der maßtheoretischen Wahrscheinlichkeit als eines mathematischen Pendants der Propensitätstheorie.

## 9.4 Subjektive und objektive Wahrscheinlichkeit

Der Streit um Subjektivismus und Objektivismus in der Wahrscheinlichkeitstheorie bezieht sich auf die Frage, ob Wahrscheinlichkeiten den Grad unseres rationalen Glaubens an das Eintreffen bestimmter Ereignisse angeben oder ob Wahrscheinlichkeit ein metrischer Begriff ist, der eine Eigenschaft physikalischer Systeme beschreibt. Dabei geht es nicht darum, ob es neben objektiven Wahrscheinlichkeiten auch subjektive Wahrscheinlichkeiten gibt, sondern ob Wahrscheinlichkeit durchweg als subjektive Wahrscheinlichkeit zu interpretieren ist. Die Protagonisten des Subjektivismus in diesem Jahrhundert, der wegen bestimmter methodischer Hilfsmittel auch *Bayesianismus* heißt, sind vor allem F. Ramsey und (unabhängig davon) B. de Finetti, deren Ideen allerdings erst weit nach dem Erscheinen von *Logik*<sub>1</sub> wirksam wurden (vgl. Fine 1973, von Plato 1994). Auch wenn es daher nur in späteren Auflagen der *Logik* verstreute Stellungnahmen dazu gibt, ist Poppers Position schon in *Logik*<sub>1</sub> klar: Er ist dezidiert Objektivist in dem Sinne, daß die statistische Wahrscheinlichkeit eine objektive Wahrscheinlichkeit ist. Grenzwerte relativer Häufigkeiten sind objektive Eigenschaften von Kollektiven. Entsprechendes gilt auch für die spätere Propensitätsinterpretation, wonach Wahrscheinlichkeit etwa als Eigenschaft von Versuchsanordnungen verstanden wird und deren *objektive Tendenz* ausdrückt, bestimmte Ergebnisse hervorzubringen (vgl. Gillies 2000). Popper bestreitet dabei natürlich nicht, daß man aus objektiven Wahrscheinlichkeiten subjektive Konsequenzen ziehen kann, etwa aus der Tatsache, daß der Häufigkeitsgrenzwert eines Alternativs  $p$  beträgt, die Konsequenz, daß es rational ist, mit dem Grad  $p$  den Ausgang eines Einzelereignisses zu erwarten. Dieses Verständnis ist jedoch nur sekundär, d. h. aus dem primären objektiven Verständnis abgeleitet. Es ist die einzige Brücke, die für Popper zwischen objektiver und subjektiver Wahrscheinlichkeit besteht (Abschn. 71).

In der *Logik* hat allerdings auch ‚echte‘ subjektive Wahrscheinlichkeit ihren Platz, und zwar als logische Wahrscheinlichkeit im Gegensatz zur objektiven statistischen Wahrscheinlichkeit. Die Einordnung der logischen Wahrscheinlichkeit in *Logik*<sub>1</sub> als subjektiv, die Popper in einer in *Logik*<sub>2</sub> hinzugefügten Fußnote noch bekräftigt (S. 108/128f.), ist verwunderlich, da die logische Wahrscheinlichkeit einen Tautologie-ähnlichen Status hat und eine

objektive Charakteristik von Sätzen ist. Ein historischer Grund mag darin liegen, daß die Idee der logischen Wahrscheinlichkeit auf Keynes zurückgeht, der eine subjektive Wahrscheinlichkeitsphilosophie vertritt.<sup>48</sup> Ein systematischer Grund ist aus der Stelle im Postscript, auf die Popper in der genannten Fußnote verweist,<sup>49</sup> nicht ersichtlich – dort spricht er lediglich von der subjektiven *Interpretation* der logischen Wahrscheinlichkeit und davon, daß die subjektive Theorie die logische Theorie als Basis nehmen muß (Postscript, S. 296/341). Die anti-subjektivistischen Bemerkungen in späteren Auflagen der *Logik* (z. B. S. 359 ff./426ff., Anhang \*XVII) richten sich jedenfalls nicht gegen die logische Wahrscheinlichkeit, sondern gegen die induktive Logik, die Popper als einen mit dem Bayesianismus eng zusammenhängenden Theoriekomplex auffaßt. Popper versteht seine Argumente gegen die induktive Logik (vgl. oben 9.2) zugleich als Argumente gegen den Wahrscheinlichkeitstheoretischen Subjektivismus.

## Literatur

- Borel, Émile (1909): „Les probabilités dénombrables et leurs application arithmétiques“, in: Rendiconti del Circolo matematico di Palermo 27, p. 247–271.
- Carnap, Rudolf (1950): *Logical Foundations of Probability*, Chicago.
- Carnap, Rudolf (1952): *The Continuum of Inductive Methods*, Chicago.
- Carnap, Rudolf/Stegmüller, Wolfgang (1959): *Induktive Logik und Wahrscheinlichkeit*, Wien.
- Church, Alonzo (1940): „On the concept of a random sequence“, in: *Bulletin of the American Mathematical Society* 46, p. 130–135.
- Copeland, Arthur H. (1928): „Admissible numbers in the theory of probability“, in: *American Journal of Mathematics* 50, p. 535–552.
- Fine, Terrence L. (1973): *Theories of Probability: An Examination of Foundations*, New York.
- Fréchet, Maurice (1938): „Exposé et discussion de quelques recherches récentes sur les fondements du calcul des probabilités“, in: *Les fondements du calcul des probabilités, Actualités scientifiques et industrielles* 735, Paris, p. 23–55.
- Gillies, Donald A. (1971): „A falsifying rule for probability statements“, in: *British Journal for the Philosophy of Science* 22, p. 231–261.
- Gillies, Donald A. (1973): *An Objective Theory of Probability*, London.
- Gillies, Donald A. (1995): „Popper’s contribution to the philosophy of probability“, in: A. O’Hear (ed.), *Karl Popper: Philosophy and Problems*, Royal Institute of Philosophy Supplement: 39, Cambridge, p. 103–120.

48 Andererseits wendet sich Waismann 1930 (S. 238), an den Popper ebenfalls anschließt, ausdrücklich gegen die subjektive Lesart.

49 Postscript, S. 281–300/323–345, vgl. auch Popper 1957.

- Gillies, Donald A. (2000): *Philosophical Theories of Probability*, London.
- Good, Irving J. (1946): „Normal recurring decimals“, in: *Journal of the London Mathematical Society* 21, p. 167–169.
- Heidelberger, Michael (1993): *Die innere Seite der Natur: Gustav Theodor Fechners wissenschaftlich-philosophische Weltauffassung*, Frankfurt/M.
- Howson, Colin (1973): „Must the logical probability of laws be zero?“, in: *British Journal for the Philosophy of Science* 24, p. 153–163.
- Kamke, Erich (1932): *Einführung in die Wahrscheinlichkeitstheorie*, Leipzig.
- Kamke, Erich (1933): „Über neuere Begründungen der Wahrscheinlichkeitsrechnung“, in: *Jahresbericht der Deutschen Mathematikervereinigung* 42, S. 14–27.
- Keynes, John M. (1926): *Über Wahrscheinlichkeit*, Leipzig (engl. *A Treatise on Probability*, London 1921).
- Kolmogorow, Andrej N. (1933): *Grundbegriffe der Wahrscheinlichkeitsrechnung*, Berlin.
- Lambalgen, Michiel van (1987), „Von Mises' definition of random sequences reconsidered“, in: *Journal of Symbolic Logic* 52, p. 725–755.
- Lambalgen, Michiel van (1990): „The axiomatization of randomness“, in: *Journal of Symbolic Logic* 55, p. 1143–1167.
- Leblanc, Hughes (1982): „Popper's 1955 axiomatization of absolute probability“, in: *Pacific Philosophical Quarterly* 63, p. 133–145.
- Leblanc, Hughes (1989): „Popper's formal contributions to probability theory“, in: M. A. Notturmo (ed.), *Perspectives on Psychologism*, Leiden, p. 341–367.
- Leblanc, Hugues (2001): „Alternatives to standard first-order semantics“, in: D. M. Gabbay / F. Guenther (eds.), *Handbook of Philosophical Logic*, 2<sup>nd</sup> Edition, Vol. 2, Dordrecht, p. 53–131.
- Li, Ming/Vitányi, Paul (1993): *An Introduction to Kolmogorov Complexity and its Applications*, 2nd ed., New York 1997.
- Martin-Löf, Per (1969): „The literature on von Mises' Kollektivs revisited“, in: *Theoria* 35, p. 12–37.
- Michalos, Alex C. (1971): *The Popper-Carnap Controversy*, The Hague.
- Miller, David (1994): *Critical Rationalism: A Restatement and Defence*, Chicago.
- Mises, Richard von (1919): „Grundlagen der Wahrscheinlichkeitsrechnung“, in: *Mathematische Zeitschrift* 5, S. 52–99.
- Mises, Richard von (1928): *Wahrscheinlichkeit, Statistik und Wahrheit*, Wien.
- Mises, Richard von (1931): *Wahrscheinlichkeitsrechnung und ihre Anwendung in der Statistik und theoretischen Physik*, Leipzig.
- Mises, Richard von (1933): „Über Zahlenfolgen, die ein Kollektiv-ähnliches Verhalten zeigen“, in: *Mathematische Annalen* 108, S. 757–772.
- Mises, Richard von (1936): *Wahrscheinlichkeit, Statistik und Wahrheit*, 2., neubearb. Aufl., Wien.
- Mises, Richard von (1938): „Quelques remarques sur les fondements du calcul des probabilités“, in: *Les fondements du calcul des probabilités, Actualités scientifiques et industrielles* 735, Paris, p. 57–66.
- Mises, Richard von (1964): *Mathematical Theory of Probability and Statistics* (ed. H. Geiringer), New York.
- Plato, Jan von (1994): *Creating Modern Probability: Its Mathematics, Physics and Philosophy in Historical Perspective*, Cambridge.
- Popper, Karl R. (1934/1994): *Logik der Forschung*, 10. Aufl., Tübingen (Abkürzung: „*Logik*“), 11. Aufl. 2005, herausgegeben von Herbert Keuth).

- Popper, Karl R. (1955): „Two autonomous axiom systems for the calculus of probabilities“, in: *British Journal for the Philosophy of Science* 6, p. 51–57.
- Popper, Karl R. (1956/1983): *Realism and the Aim of Science: From the Postscript to the Logic of Scientific Discovery* (ed. W. W. Bartley III), London (Abkürzung: „Postscript“), dt.: *Realismus und das Ziel der Wissenschaft*, Tübingen 2002.
- Popper, Karl R. (1957): „Probability magic or knowledge out of ignorance“, in: *Dialectica* 11, p. 354–373.
- Popper, Karl R. (1974/1994): *Ausgangspunkte. Meine intellektuelle Entwicklung*, Hamburg (engl. *Autobiography of Karl Popper*, in: P. A. Schilpp (ed.), *The Philosophy of Karl Popper*, 1974) (Abkürzung: „Autobiographie“).
- Popper, Karl R./Miller, David W. (1983): „A proof of the impossibility of inductive probability“, in: *Nature* 302, p. 687 f.
- Popper, Karl R./Miller, David W. (1987): „Why probabilistic support is not inductive“, in: *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, A*, 321, p. 569–591.
- Reichenbach, Hans (1932): „Axiomatik der Wahrscheinlichkeitsrechnung“, in: *Mathematische Zeitschrift* 34, S. 568–619.
- Reichenbach, Hans (1935): *Wahrscheinlichkeitslehre. Eine Untersuchung über die logischen und mathematischen Grundlagen der Wahrscheinlichkeitsrechnung*, Leiden.
- Schroeder-Heister, Peter (1984a): „Logik, induktive“, in: J. Mittelstraß (Hrsg.), *Enzyklopädie Philosophie und Wissenschaftstheorie*, Bd. II, Mannheim, S. 662–666.
- Schroeder-Heister, Peter (1984b): „Mises, Richard von“, in: J. Mittelstraß (Hrsg.), *Enzyklopädie Philosophie und Wissenschaftstheorie*, Bd. II, Mannheim, S. 901 f.
- Schroeder-Heister, Peter (1996): „Statistik“, in: J. Mittelstraß (Hrsg.), *Enzyklopädie Philosophie und Wissenschaftstheorie*, Bd. IV, Stuttgart, S. 82 f.
- Stegmüller, Wolfgang (1973): *Probleme und Resultate der Wissenschaftstheorie und Analytischen Philosophie*. Bd. IV: *Personelle und Statistische Wahrscheinlichkeit*, 2. Halbbd.: *Statistisches Schließen, Statistische Begründung, Statistische Analyse*, Berlin.
- Vetter, Hermann (1967): *Wahrscheinlichkeit und logischer Spielraum. Eine Untersuchung zur induktiven Logik*, Tübingen.
- Ville, Jean-André (1936): „Sur les suites indifférentes“, in: *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences (Paris)*, 202, p. 1393–1394.
- Ville, Jean (1939): *Études critique de la notion de collectif (= Thèses présentées à la faculté des science de Paris ...*, 1re Thèse), Paris.
- Waismann, Friedrich (1930): „Logische Analyse des Wahrscheinlichkeitsbegriffs“, in: *Erkenntnis* 1, S. 228–248.
- Wald, Abraham (1937): „Die Widerspruchsfreiheit des Kollektivbegriffes der Wahrscheinlichkeitsrechnung“, in: *Ergebnisse eines mathematischen Kolloquiums* 8, S. 38–72.
- Wald, Abraham (1938): „Die Widerspruchsfreiheit des Kollektivbegriffes“, in: *Les fondements du calcul des probabilités, Actualités scientifiques et industrielles* 735, Paris, p. 79–99.



Klaus Jürgen Düsberg

## Bemerkungen zur Quantenmechanik<sup>1</sup>

Wie schon der Titel „Bemerkungen zur Quantenmechanik“ ausweist, geht es im IX. Kapitel der *Logik der Forschung*, anders als in den sonstigen Kapiteln, nicht nur um eine spezielle Wissenschaft, die Physik, sondern – eingeschränkter noch – um eine spezielle Theorie dieser Wissenschaft, die sogenannte Quantenmechanik. Daß gerade die Quantenmechanik eine solche Vorzugsbehandlung erfährt, kommt nicht von ungefähr. Sie ist der wissenschaftshistorisch singuläre Fall einer Theorie, deren außerordentlicher empirischer Erfolg bei allen bisherigen Überprüfungen und Anwendungen zwar außer Frage steht, deren Interpretation (Was besagt sie? Über was für Gegenstände behauptet sie was?) aber schon seit ihrer Entdeckung in den 20er Jahren dieses Jahrhunderts Rätsel aufgibt und bis auf den heutigen Tag kontrovers ist.<sup>2</sup> Das Kapitel IX, samt den zugehörigen

1 Ich danke Gabriela Chioralia und Frank Riebandt fürs Anfertigen der Abbildung zum Doppelspalt-Experiment (ausgehend von Figure 1.6 in Albert 1992, S. 13). Einige Verbesserungsvorschläge verdanke ich Axel Bühler. Die unten angesprochenen Interpretationsprobleme der Quantenmechanik habe ich in einem anderen Aufsatz (Düsberg 1997) etwas ausführlicher behandelt.

2 Eine ausgezeichnete, fast keine Vorkenntnisse in Mathematik und Physik erfordernde Einführung in die Problematik bieten die ersten vier Kapitel von Albert 1992. Gut verständlich ist auch der Beitrag von J. Audretsch, „Eine andere Wirklichkeit: Zur Struktur der Quantenmechanik und ihrer Interpretation“, zu Audretsch/Mainzer 1990. Einen kürzeren Überblick gibt Shimony 1989. Die wissenschaftshistorischen Zusammenhänge berücksichtigt Whitaker 1996. Anspruchsvoller ist Redhead 1987. Eine der besten ausführlicheren Darstel-

Anhängen V, VI, VII zur *Logik* und einem etwa gleichzeitig publizierten Artikel, ist Poppers früher Beitrag zu dieser Kontroverse.

### 10.1 Zum Text der *Logik der Forschung*

Das IX. Kapitel beginnt mit einigen programmatischen Ankündigungen. Die in den vorausgegangenen Kapiteln erzielten Resultate, vor allem die Klärung dessen, wie „Wahrscheinlichkeit“ zu interpretieren ist, sollen nun dazu dienen, „einige recht dunkle Punkte der modernen Quantenphysik mit den Mitteln der logischen Analyse aufzuhellen“ (167). Im einzelnen möchte Popper folgendes zeigen: 1) die sogenannten Heisenbergschen Unbestimmtheitsrelationen sind nichts anderes als „statistische Streuungsrelationen“; 2) als solche können sie der Genauigkeit beliebiger Messungen von beliebigen Größen keine Beschränkung auferlegen; 3) daß sie das doch könnten, ist eine zusätzliche Annahme, die aus der Theorie selber nicht folgt; 4) man kann (Gedanken-)Experimente angeben, die diese zusätzliche Annahme widerlegen.

Im Abschnitt 73 („Das Heisenbergsche Programm und die Unbestimmtheitsrelationen“) stellt Popper in knapper Form die Position vor, gegen die er im folgenden zu argumentieren gedenkt. Es handelt sich um die – schon damals vorherrschende – Interpretation der Quantenmechanik, die unter dem Titel „Kopenhagener Deutung“ bekannt geworden ist und die Popper zu jener Zeit in erster Linie mit dem Namen Heisenbergs verbindet. Von zentraler Bedeutung sind dabei die nach Heisenberg benannten Unbestimmtheitsrelationen. Diesen liegt nach Popper die Überlegung zugrunde, daß jede physikalische Messung auf einer Wechselwirkung zwischen Meßobjekt und Meßinstrument beruhe und der Zustand des Meßobjekts durch diese Wechselwirkung eine – bei atomaren Objekten nicht vernachlässigbare – Störung erfahre. „Die Messung läßt sich zwar so einrichten, daß gewisse Zustandsgrößen (etwa der *Impuls* des Teilchens) nicht gestört werden, aber nur auf Kosten anderer Zustandsgrößen (in

lungen der Problematik findet sich in Hughes 1989. Die Standardwerke sind immer noch Jammer 1974 und d’Espagnat 1976.

diesem Fall der *Lage* des Teilchens), die dann durch diese Messung um so stärker gestört werden. Für zwei in dieser Weise einander zugeordnete Zustandsgrößen gilt also der Satz, daß sie nicht gleichzeitig genau gemessen werden können (obwohl jede allein genau gemessen werden kann): je genauer die eine Zustandsgröße, etwa die Impulskomponente  $p_x$  gemessen wird, also je kleiner der Genauigkeitsspielraum  $\Delta p_x$  wird, um so ungenauer muß die Messung der Ortskoordinate  $x$ , um so größer muß der Spielraum  $\Delta x$  ausfallen. Die größte erreichbare Genauigkeit ist dabei nach Heisenberg durch die Relation  $\Delta x \cdot \Delta p_x \geq h/4\pi$  festgelegt: das Produkt der Ungenauigkeiten ist mindestens von der Größenordnung von  $h$  ( $h$  ist das Plancksche Wirkungsquantum). Aus dieser Formel folgt, daß eine völlig exakte Messung einer Größe mit völliger Unbestimmtheit der anderen erkaufte werden müßte.“ (S. 169 f., Hervorhebung im Original) Allerdings, so Popper, schwanke die Literatur zwischen einer subjektiven Deutung (es gibt unüberschreitbare Grenzen unseres *Wissens* um die betreffenden Größen) und einer objektiven Deutung dieser Zusammenhänge (die betreffenden Größen *haben* keine bestimmten Werte).

Im Abschnitt 74 bringt Popper seine zentrale These vor, daß die Quantenmechanik als eine statistische Theorie aufzufassen sei. Er beruft sich dabei auf Borns statistische Interpretation der sogenannten Wellenfunktion: „[...] die Schrödingersche Wellengleichung kann so gedeutet werden, daß sie die *Wahrscheinlichkeit* dafür angibt, das Elektron an einem bestimmten Ort anzutreffen. (Diese Wahrscheinlichkeit ist bestimmt durch das Quadrat der Wellenamplitude.)“ (172 f.) Sodann wendet sich Popper gegen jeden Versuch, „die statistische Interpretation der Quantenmechanik darauf zurückzuführen, daß die Meßbarkeit der physikalischen Größen in atomaren Dimensionen durch die Heisenbergschen Unbestimmtheitsrelationen beschränkt ist“ (173). Es verhalte sich gerade umgekehrt: da die Grundgleichungen der Theorie, etwa die Schrödinger-Gleichung, als statistische Aussagen zu deuten sind, müssen auch die Unbestimmtheitsrelationen, die aus diesen Grundgleichungen ableitbar sind, in demselben Sinne interpretiert werden.

Der demnach erforderlichen „statistischen Umdeutung der Unbestimmtheitsrelationen“ ist der Abschnitt 75 gewidmet. Der sonst üblichen Interpretation als prinzipielle Genauigkeitsbe-

schränkungen auch in jedem Einzelfall setzt Popper seine eigene, „statistisch-objektive“ entgegen: „Nimmt man an einer Menge von Partikeln eine physikalische Aussonderung jener Partikel vor, denen zu einem gewissen Zeitpunkt mit vorgeschriebener Genauigkeit eine bestimmte Ortskoordinate  $x$  zugeschrieben werden kann, dann werden die Impulskomponenten in der  $x$ -Richtung innerhalb eines Bereiches  $\Delta p_x$  zufallsartig streuen; der Streuungsbereich  $\Delta p_x$  wird dabei um so größer sein, je enger  $\Delta x$ , d. h. der Genauigkeitsspielraum der Ortsaussonderung, vorgeschrieben wurde. Und umgekehrt: Nimmt man eine physikalische Aussonderung jener Partikel vor, deren Impulskomponenten in der  $x$ -Richtung innerhalb eines vorgegebenen Spielraumes  $\Delta p_x$  fallen, dann werden die Lagekoordinaten innerhalb eines Spielraumes  $\Delta x$  zufallsartig streuen, der um so größer sein wird, je enger  $\Delta p_x$ , d. h. der Genauigkeitsspielraum der Impulsaussonderung, vorgeschrieben wurde. Und schließlich: Sondert man jene Partikel aus, die sowohl das Merkmal  $\Delta x$  als auch das Merkmal  $\Delta p_x$  haben, so läßt sich eine solche Aussonderung nur dann physikalisch durchführen, wenn man die beiden Spielräume hinreichend groß wählt, so daß  $\Delta x \cdot \Delta p_x \geq h/4\pi$  ist. – Wir werden die so interpretierten Heisenberg-Formeln *statistische Streuungsrelationen* nennen.“ (175) Mit anderen Worten, die Unbestimmtheitsrelationen sagen nichts über den jeweiligen Einzelfall, sondern nur etwas über statistische Gesamtheiten, sogenannte Ensembles (sei es eine „Menge von Partikeln“, sei es eine „Menge von Wiederholungen eines Experiments, das mit *einem* Teilchen angestellt wird“, siehe Anm. \*1): je weniger sich die Elemente eines Ensembles in bezug auf die eine Größe, z. B. den Ort, unterscheiden, desto mehr werden sie in bezug auf die andere Größe, z. B. den Impuls, differieren.

Der Abschnitt 76 befaßt sich mit einigen Konsequenzen aus dieser statistischen Interpretation von Quantentheorie und Unbestimmtheitsrelationen. Dabei steht für Popper an erster Stelle das Resultat, daß die Unbestimmtheitsrelationen nicht mehr als Genauigkeitsbeschränkungen für irgendwelche Messungen gelesen zu werden brauchen. Sie doch als solche zu deuten, laufe deshalb auf eine zusätzliche Annahme hinaus, die unabhängig von der Theorie selber sei. Zudem hält Popper diese Annahme für unberechtigt. Es gebe nämlich Situationen, in denen klarerweise einem Teilchen zugleich ein genauer Ort und ein

genauer Impuls zukommen, so etwa, wenn zuerst eine Ortsmessung und unmittelbar darauf eine Impulsmessung vorgenommen wird: für die Zeit zwischen beiden Messungen sind dann die Orte und Impulse genau bestimmt. Darüber hinaus sei die beliebige Genauigkeit von (Orts- und Impuls-)Messungen eine notwendige Bedingung dafür, die als statistische Streuungsrelationen interpretierten Unbestimmtheitsrelationen überhaupt empirisch überprüfen zu können. Denn sie besagen ja z. B., daß dann, wenn Ortsmessungen für eine Anzahl von Teilchen (beinahe) übereinstimmende Ergebnisse geliefert haben, bei jeweils anschließenden Impulsmessungen *deren* Werte breit streuen werden. „Dies ist nun eine Prognose, die wir durch *Messung der einzelnen Impulse* und Feststellung ihrer statistischen Verteilung nachprüfen müssen. Diese Messungen der einzelnen Impulse [...] werden in jedem einzelnen Fall beliebig präzise Resultate ergeben und jedenfalls sehr viel präzisere als  $\Delta p$ , d. h. die mittlere Streubreite.“ (Anm. \*1) „Die statistisch interpretierte Theorie steht daher mit der Möglichkeit exakter Einzelmessungen nicht nur nicht in Widerspruch, sondern sie wäre gar nicht nachprüfbar, sie wäre ‚metaphysisch‘, wenn diese Möglichkeit nicht bestünde.“ (180)<sup>3</sup>

Schließlich erfährt ein weiteres Problem, das in den Debatten über die Grundlagen der Quantenmechanik bis heute im Vordergrund steht, nach Popper eine einfache Auflösung: das Problem der sogenannten Reduktion (des „Kollapses“) des Wellenpakets, ausführlicher: das Problem der abrupten, diskontinuierlichen Änderung des Zustands eines Quantenobjekts im Meßprozeß, kurz auch das quantenmechanische Meßproblem ge-

3 Auf die in diesem Absatz angesprochenen Punkte werde ich weiter unten nicht mehr eingehen. Deshalb hier nur ein Kurz-Kommentar. 1) Man kann zwar beliebige Messungen in beliebiger Abfolge vornehmen, z. B. erst eine Orts-, dann eine Impulsmessung. Aber es ist *unzulässig*, in diesem Fall, wenn also eine Ortsmessung (die ein bestimmtes Ergebnis erbracht hat) vorangegangen ist, aus dem Resultat der unmittelbar darauf folgenden Impulsmessung auf den Zustand in der Zeit zwischen den beiden Messungen zu schließen. Die Situation ist hier eine prinzipiell andere als bei zwei Orts- oder bei zwei Impulsmessungen hintereinander. 2) Es ist gar keine Frage, daß man im Prinzip jede einzelne Messung jeder einzelnen Größe beliebig genau machen kann. Die Frage ist vielmehr, ob man die Messung zweier verschiedener Größen am selben Objekt zur selben Zeit beliebig genau machen kann, falls es sich um nicht-kompatible Observablen (Größen) handelt, wie z. B. Ort und Impuls.

nannt (*Meßproblem* deshalb, weil sich die Frage der Kompatibilität mit dem dynamischen Grundgesetz der Quantenmechanik, der zeitabhängigen Schrödinger-Gleichung, stellt). Popper betrachtet dazu das Beispiel eines Lichtquants (Photons), das sich auf einen halbdurchlässigen Spiegel zubewegt. Die Wahrscheinlichkeit, daß es den Spiegel durchquert, ist gleich  $\frac{1}{2}$ , ebenso wie die Wahrscheinlichkeit, daß es reflektiert wird. Trifft das Photon nun auf den Spiegel „und stellen wir nachher durch einen Versuch [eine Messung] fest, daß das Lichtquant reflektiert wurde, so ‚ändern‘ sich die Wahrscheinlichkeiten scheinbar sprunghaft: Vor dem Versuch ‚waren‘ sie gleich  $\frac{1}{2}$ , nach der Feststellung der Reflexion ‚werden‘ sie plötzlich gleich 1 bzw. gleich 0.“ (184) Aber das sei eine irreführende Darstellung des wirklichen Sachverhalts. Es seien ja gar nicht *dieselben* Wahrscheinlichkeiten, die durch die Messung plötzlich andere Werte bekommen, sondern es seien *verschiedene* Wahrscheinlichkeiten, die – was nicht wundernehmen könne – verschiedene Werte haben: die Wahrscheinlichkeit, daß ein Photon reflektiert, und die Wahrscheinlichkeit, daß es nicht reflektiert wird, bleiben nach wie vor gleich  $\frac{1}{2}$ ; gleich 1 bzw. gleich 0 waren und sind hingegen die Wahrscheinlichkeiten dafür, daß ein reflektiertes Photon reflektiert bzw. nicht reflektiert wird. Die Situation sei prinzipiell die gleiche wie in einem anderen, schon im Abschnitt 71 besprochenen Beispiel. Die Wahrscheinlichkeit, mit einem unverfälschten Würfel eine Fünf zu werfen, ist und bleibt gleich  $\frac{1}{6}$ , ob man nun de facto eine Fünf wirft oder nicht. Und natürlich ist und bleibt die Wahrscheinlichkeit, in einem Fünfer-Wurf eine Fünf zu werfen, gleich 1; und es ist und bleibt die Wahrscheinlichkeit, in einem Fünfer-Wurf keine Fünf zu werfen, gleich 0. Damit löse sich das Problem der sprunghaften Zustandsänderung im Meßprozeß auf: es gehe in Wahrheit um eine „fast trivial(e)“ (184) Beziehung zwischen Wahrscheinlichkeiten, die in keiner Weise spezifisch ist für die Quantenmechanik (siehe dazu aber die Fußnote 10, unten).

Wie Popper am Anfang von Abschnitt 77 resümiert, sind bis dahin die Punkte (1) und (2) und, wie er in der Fußnote \*1 hinzufügt, auch schon der Punkt (3) des in der Einleitung zum Kapitel angekündigten Programms durchgeführt. Der damit begonnene Abschnitt sollte jetzt noch den Punkt (4) einlösen. Nach Poppers eigener späterer Einschätzung (siehe Anm. \*) ist

er jedoch nur noch von historischem Interesse, d. h. nur noch insofern relevant, als er eine damalige – schon bald preisgegebene – Auffassung Poppers dokumentiert. Den Kern des Abschnitts bildet die Skizze eines (Gedanken-) Experiments, das zwischen der statistischen Interpretation Poppers und der Heisenbergschen (Kopenhagener) Interpretation der Quantenmechanik soll entscheiden können. Die frühen Einwände, die Einstein (siehe Anhang \*XII) und von Weizsäcker dagegen erhoben, haben Popper zu der Überzeugung gebracht, daß das Experiment so wie von ihm intendiert nicht realisierbar ist und deshalb seine Ausführungen im vorliegenden Abschnitt ihren Zweck verfehlen. Wie er aber in der später eingefügten Anmerkung \*4 betont (192 f.), sei er auf das von ihm ersonnene Experiment gar nicht mehr angewiesen, sondern könne sich nunmehr „auf ein *schwächeres*, aber dafür *gültiges* Argument“ stützen: auf das von Einstein, Podolsky und Rosen. Die Konklusion dieses Arguments stimme mit dem überein, was er habe zeigen wollen: ein Teilchen „*habe*“ sowohl einen scharfen Ort als auch einen scharfen Impuls“<sup>4</sup>.

Der Abschnitt 78 enthält eine Kritik an der „indeterministischen Metaphysik“, die im Gefolge der Quantenmechanik Verbreitung gefunden hat. Aus der Tatsache, daß sich probabilistische Gesetzaussagen bewähren, lassen sich nach Popper keine indeterministischen Schlüsse ziehen, derart daß es in solchen Fällen keine strikten (deterministischen) Kausalgesetze mehr geben könnte. Weder der Determinismus noch der Indeterminismus, d. h. weder die positive noch die negative Antwort auf „die Frage: Ist die Welt von strengen Gesetzen beherrscht oder

4 Der Artikel, auf den Popper sich beruft, ist das sog. EPR-Papier: Einstein u. a. 1935 (EPR: die Initialen der Verfasser-Namen; die zugrunde liegende Idee schildert Einstein in dem Brief, den er im September 1935 an Popper geschrieben hat und der im Anhang \*XII zur *Logik* abgedruckt ist). Dies ist sicher eine der wichtigsten und einflußreichsten Publikationen im Zusammenhang mit den Diskussionen um die Quantenmechanik. Aber nur wenige würden sich der Schlußfolgerung der Autoren so vorbehaltlos anschließen, wie Popper das tut. Es herrscht vielmehr die Einschätzung vor, besonders im Anschluß an das Bellsche Theorem und die damit zusammenhängenden experimentellen Resultate (siehe unten), daß – entgegen der Intention der Verfasser – mit den sog. EPR-Korrelationen und dem darauf beruhenden sog. EPR-Paradoxon nicht irgendein Mangel der Quantentheorie, sondern eine der besonders fremdartigen Eigenheiten der Quantenwelt aufgedeckt wurde: die Existenz von sog. verschränkten Systemen.

nicht?“ (195), sei eine empirisch überprüfbare Hypothese, sondern beide seien Bekundungen einer metaphysischen Einstellung. Aber im Gegensatz zum Indeterminismus sei die „Kausalitätsmetaphysik [...] die typische metaphysische Hypostasierung einer *berechtigten* methodologischen Regel – des Entschlusses des Forschers, das Suchen nach [strikten] Gesetzen nicht aufzugeben. Insofern ist die Kausalmetaphysik in ihren Auswirkungen viel fruchtbarer als eine indeterministische Metaphysik“ (195 f.). Deshalb sei die Forderung berechtigt: „Versuchen wir, strenge, beschränkende Gesetze, Verbote aufzustellen, die an der Erfahrung scheitern können; die Forschung durch Verbote zu beschränken, sollten wir unterlassen“ (197). – In diesem Punkt hat Popper seine Meinung insofern revidiert, als er später selber für den Indeterminismus eingetreten ist, allerdings aus anderen Gründen als den hier kritisierten (siehe Anm. \*2).

## 10.2 Über die *Logik der Forschung* hinaus

Demselben Thema, der Deutung der Quantenmechanik, hat sich Popper in den Jahrzehnten nach der Erstveröffentlichung der *Logik* immer wieder zugewandt. Der wichtigste spätere Beitrag ist sicher die Arbeit „Quantum Mechanics without ‘The Observer’“ aus dem Jahre 1967.<sup>5</sup> Besonders zu erwähnen ist außerdem der dritte Band des Postscript zur *Logik* (Popper 1982), der den bezeichnenden Titel „Quantum Theory and the Schism in Physics“ trägt (gemeint ist das Schisma zwischen Realisten wie Einstein, Schrödinger oder de Broglie auf der einen und Instrumentalisten wie Bohr, Heisenberg oder Pauli auf der anderen Seite), und darin insbesondere das „Preface 1982: On a Realistic and Commonsense Interpretation of Quantum Theory“.

Haben sich in diesen späteren Publikationen die von Popper in der *Logik* vorgetragenen Auffassungen in wesentlichen Punkten gewandelt? Auf einen kurzen Nenner gebracht lautet die Antwort: Ebenso wie bei fast allen anderen Themen, mit denen sich Popper in seinen Schriften beschäftigt hat, begegnet man

<sup>5</sup> Ursprünglich erschienen in Bunge 1967; in revidierter und erweiterter Fassung wiederabgedruckt als „Introduction“ zu Popper 1982.

auch hier einer erstaunlichen Kontinuität von den Anfängen bis zum Ende. Was die Interpretation der Quantenmechanik angeht, hat Popper seine Position seit der Erstveröffentlichung der *Logik* im Kern unverändert beibehalten. Die einzige relevante Änderung betrifft, abgesehen von der Frage des Indeterminismus, nicht die Quantenmechanik im besonderen, sondern den Wahrscheinlichkeitsbegriff im allgemeinen: an die Stelle der Häufigkeits- tritt die Propensitäts-Interpretation. Ansonsten kann man die späteren Publikationen als den Versuch ansehen, die schon in der *Logik* vertretene Deutung der Quantenmechanik zu präzisieren und gegen Einwände zu verteidigen.

Was in diesen späteren Veröffentlichungen vielleicht noch deutlicher wird, ist Poppers Insistieren darauf, daß die Quantenmechanik als eine statistische Theorie und als solche in strikter Analogie nicht zur klassischen Partikel-Mechanik, vielmehr zur klassischen statistischen Mechanik zu verstehen sei. Ihre Gegenstände seien zwar Partikeln,<sup>6</sup> ihre Aussagen hätten aber nicht deren individuelles, sondern deren kollektives bzw. statistisches Verhalten zum Inhalt. Das zu verkennen, sei der Kardinalfehler der orthodoxen Kopenhagener Interpretation der Quantenmechanik. Aus dem wiederum resultiere das „große Quanten-Durcheinander“ („the great quantum muddle“: Popper 1982, S. 50): die Konfundierung der Eigenschaften von statistischen Gesamtheiten mit denen von einzelnen Elementen solcher Gesamtheiten. Zusammen mit einer unangemessenen subjektivistischen Deutung der Wahrscheinlichkeit als eines Maßes für den Grad des Glaubens oder Wissens habe das zum „Eindringen des Beobachters, oder des Subjekts, in die Quantentheorie“ (ebd.) geführt. Wenn man den Fehler jedoch erkenne und dazu sich auf die Propensitäts-Auffassung von „Wahrscheinlichkeit“ stütze, wonach diese eine Disposition der gesamten experimentellen Anordnung ist, dann verliere die Quantenmechanik alles Mysteriöse und werde zu einer normalen statistischen

6 Partikeln (Teilchen, Korpuskeln) im strikten, von Popper unterstellten (aber sonst nicht immer so streng ausgelegten) Sinne sind Entitäten, deren Größen zu jedem Zeitpunkt einen *bestimmten* Wert *haben*, z. B. den Wert +1 *oder* den Wert -1 (und zwar ungeachtet dessen, ob man diesen Wert auch *erkennen*, etwa durch Messung ermitteln kann oder nicht): sie befinden sich zu jedem Zeitpunkt an einem bestimmten Ort, sie bewegen sich auf einer bestimmten Bahn mit einer bestimmten Geschwindigkeit etc.

Theorie wie ähnlich schon die (klassische) statistische Mechanik – was hier ebenso wie dort die Bezugnahme auf irgendwelche Beobachter überflüssig mache.

### 10.3 Kritischer Kommentar

Die von Popper vertretene statistische Interpretation der Quantenmechanik ist bis auf den heutigen Tag eine Außenseiterposition geblieben. Unstrittig ist natürlich, daß die Quantenmechanik eine probabilistische Theorie ist, d. h. eine Theorie, die Aussagen über die Wahrscheinlichkeiten von Ereignissen macht. Mehr oder weniger unstrittig ist auch noch, daß es sich dabei um objektive Wahrscheinlichkeiten handelt, in welcher Interpretation auch immer: Häufigkeit, Propensität oder sonstwas. Und unstrittig ist klarerweise, daß Aussagen über objektive Wahrscheinlichkeiten nur statistisch getestet werden können, an Hand von empirisch ermittelten relativen Häufigkeiten also. Aber weder folgt daraus (was Popper zugesteht), noch gibt es sonst zwingende Argumente dafür, daß sich die Aussagen der Quantenmechanik nur auf Ensembles (statistische Gesamtheiten) von Quantenobjekten beziehen, nicht jedoch auf einzelne Quantenobjekte (Elektronen, Protonen, Neutronen etc.).

Was speziell die Heisenbergschen Unbestimmtheitsrelationen betrifft, so steht zwar fest, daß sie statistisch überprüft werden müssen und insofern *auch* statistische Streuungsrelationen im Sinne Poppers beinhalten. Aber es ist eine ganz andere Frage, ob sie, wie Popper meint, *nur* statistische Streuungsrelationen sind und als solche *nur* etwas über Ensembles aussagen. Nach „herrschender Meinung“ sind sie vielmehr Behauptungen über einzelne Quantensysteme: daß z. B. ein einzelnes Elektron, wenn an einem bestimmten Ort lokalisiert, einen unbestimmten Impuls hat – unabhängig davon, ob dies nun auf eine Störung durch Messung zurückzuführen ist oder nicht.<sup>7</sup> Da die

<sup>7</sup> Eine *Erklärung* der Unbestimmtheitsrelationen durch eine „Störung“ des Meßobjekts infolge der Wechselwirkung mit dem Meßinstrument ist in der Tat problematisch: siehe die kurze Kritik der „Disturbance Theory of the uncertainty relations“ in Redhead 1987, S. 67 ff., sowie die dort angegebene Literatur (vgl. auch Anm. 9, unten). Das tangiert aber nicht deren *Interpretation* als Bestimmtheits- oder Genauigkeitsbeschränkungen auch im Einzelfall.

Unbestimmtheitsrelationen nicht zu den Grundannahmen (Axiomen) der Quantenmechanik gehören, sondern zu den Theoremen, muß gleiches auch für diese, die Axiome, und die in ihnen vorkommenden Begriffe gelten, etwa für die Schrödinger-Gleichung und die Wellenfunktion (den Zustandsvektor): sie beziehen sich primär nicht auf Ensembles, sondern auf Einzelsysteme.

Fragwürdig ist vor allem Poppers Behauptung, daß ein adäquates Verständnis von „Wahrscheinlichkeit“ (fast) schon ausreiche, die Interpretationsprobleme der Quantenmechanik zu lösen. Das genaue Gegenteil dürfte richtig sein: die Interpretationsprobleme der Quantenmechanik fangen erst da an, wo diejenigen der Wahrscheinlichkeitstheorie aufgehört haben. Dies läßt sich am Beispiel des sogenannten Doppelspalt-Experiments verdeutlichen, das besonders gut dazu geeignet ist, Merkwürdigkeiten der Quantenmechanik zu demonstrieren (zum folgenden siehe die Abbildung am Schluß dieses Beitrags).

Die Versuchsanordnung besteht aus drei Teilen: der Quelle Q, die in der Richtung auf einen Schirm hin einen gleichmäßigen Strom von Elektronen aussendet, alle präpariert im selben Zustand mit – beinahe – genau bestimmtem Impuls; dem Schirm, der zwei Löcher aufweist, den Spalt 1 und den Spalt 2, ansonsten jedoch für Elektronen undurchlässig ist; und dem Detektor, der in einiger Entfernung hinter dem Schirm registriert, an welchen Stellen Elektronen in welchen Anzahlen auf ihn treffen. Dabei sei der Elektronen-Strom aus der Quelle Q so schwach, daß jedes einzelne der Elektronen schon am Detektor angekommen ist, bevor erst das nächste Q verläßt, und daß somit vom Detektor zum selben Zeitpunkt immer nur ein einziger Treffer an genau einem Ort verzeichnet wird. In einem ersten Versuch (A) wird eine Zeitlang der Spalt 2 im Schirm geöffnet, der Spalt 1 hingegen verschlossen gehalten. In einem zweiten Versuch (B) wird für die gleiche Zeit der Spalt 2 verschlossen gehalten und der Spalt 1 geöffnet. Die zugehörigen Treffer-Statistiken sind in der Abbildung eingetragen; an den senkrechten Abständen der Kurvenpunkte von den Stellen auf dem Detektor läßt sich ablesen, wie viele Elektronen an diesen Stellen registriert werden. Die Versuche (A) und (B) sind Ein-Spalt-Experimente. Erst der dritte Versuch (C) ist ein Doppelspalt-Experiment: für die zweifache Zeitspanne ist sowohl der Spalt 1 als

auch der Spalt 2 offen. Mit welchen Ergebnissen ist hier zu rechnen? Da es so aussieht, als würde es sich beim Versuch (C) um nichts anderes handeln als um die gleichzeitige Durchführung der Versuche (A) und (B), sollte man wohl annehmen, daß sich für jeden Ort auf dem Detektor die Anzahl der an ihm landenden Elektronen als Summe derjenigen Anzahlen darstellen läßt, die sich für denselben Ort in den beiden vorhergehenden Versuchen (A) und (B) ergeben haben. (Die – ungefähre – Kurve der demgemäß zu erwartenden Treffer-Statistik ist in der Abbildung grau eingezeichnet.) In Wirklichkeit geschieht jedoch etwas ganz anderes: An einigen Stellen treffen wesentlich mehr, an anderen erheblich weniger Elektronen ein, als die Addition der Zahlen aus (A) und (B) ausmacht. Die tatsächliche Treffer-Statistik wird wiedergegeben durch die wellenförmige Kurve, die in der Abbildung des Versuchs (C) als durchgezogene Linie erscheint. Wegen der Ähnlichkeit mit Phänomenen bei der Ausbreitung von Wellen spricht man hier von einem Interferenz-Effekt: an manchen Stellen verstärken sich die Anzahlen gleichsam gegenseitig, an manchen löschen sie sich gleichsam gegenseitig aus. Dabei ist folgendes der vielleicht am stärksten kontra-intuitiv wirkende Aspekt der Sache: es gibt Stellen, z. B. den Punkt P, an denen in den Versuchen (A) und (B) noch etliche Elektronen ankommen, im Versuch (C) aber (fast) keine mehr. Was ist daran so schwer verständlich? Nun, um von Q dorthin, etwa nach P, zu gelangen, stehen den Elektronen im Versuch (C) ja dieselben Wege offen wie im Versuch (A) für sich genommen, *und* es stehen ihnen dieselben Wege offen wie im Versuch (B) für sich genommen: die Menge der möglichen Bahnen von Q nach P oder den anderen Stellen ist in (C) die *Vereinigung* der entsprechenden Mengen in (A) und in (B); durch die Öffnung beider Spalte hat sozusagen die Zahl der möglichen Wege nicht ab-, sondern enorm zugenommen. Auf Grund dessen sollte man eigentlich erwarten, an den betreffenden Stellen *mehr* Elektronen einzufangen als im Versuch A für sich genommen *oder* im Versuch (B) für sich genommen – oder zumindest *gleich viele* wie in (A) einzeln *oder* in (B) einzeln. Tatsächlich aber sind es nicht mehr oder gleich viele Elektronen, sondern erheblich *weniger* oder sogar überhaupt *keine*, die in P oder an den betreffenden anderen Stellen ankommen.

Von den Anzahlen der Treffer an einem Ort, d. h. ihren absoluten Häufigkeiten, kann man übergehen zu den relativen Häufigkeiten, indem man jeweils durch die Gesamtzahl der den Detektor erreichenden Elektronen dividiert. Durch Identifizierung mit den relativen Häufigkeiten (genauer natürlich: durch – approximative – Gleichsetzung der *Werte* der Wahrscheinlichkeiten mit den *Werten* der relativen Häufigkeiten) erhält man dann für jeden Ort die Wahrscheinlichkeit dafür, daß an ihm ein Elektron auftritt. Die Wahrscheinlichkeiten bilden ein ähnliches Muster wie die Treffer-Statistiken: beim Versuch (C) wechseln in rascher Abfolge, d. h. in relativ nah zueinander gelegenen Punkten, (lokale) Maxima mit (lokalen) Minima – im klaren Unterschied zu (A) und (B). *Nicht* verwundern kann hierbei, daß diese Wahrscheinlichkeiten mit den experimentellen Anordnungen (A), (B) und (C) variieren. Das ist ganz normal: auch aus der erwarteten Treffer-Statistik im Versuch (C) ergäben sich Wahrscheinlichkeiten, die nicht mit denen in (A) und (B) übereinstimmen. Was bemerkenswert ist und so überrascht, ist vielmehr die Form, *wie* die Wahrscheinlichkeiten sich verändern<sup>8</sup>: daß z. B. die Wahrscheinlichkeit dafür, an einem bestimmten Ort ein Elektron aufzufinden, bei (A) und (B) jeweils deutlich größer ist als Null, bei (C) aber gleich Null wird. Und bei der Erklärung der Art und Weise, *wie* sie sich verändern, helfen eben die gängigen wahrscheinlichkeitstheoretischen und korpuskular-statistischen Überlegungen nicht mehr weiter – wie bis hierhin vielleicht schon plausibel geworden ist und wie sich unschwer noch genauer zeigen ließe (vgl. etwa die Analysen in Krips 1987, S. 6 ff., und in Hughes 1989, S. 232 ff.).

Aber damit nicht genug der Merkwürdigkeiten. Es liegt nämlich weniger an einem „großen Quanten-Durcheinander“ und einer subjektivistischen Interpretation der Wahrscheinlichkeit, daß bei manchen Deutungen der Quantenmechanik der „Beobachter“ ins Spiel kommt, oder zumindest das für die Beobachtung erforderliche, dem Quantenobjekt äußerliche makroskopische Meßinstrument. Dafür gibt es vielmehr handfes-

8 Der Vorwurf, das übersehen zu haben, ist einer der Kernpunkte in der Kritik von Feyerabend an Poppers Interpretation der Quantenmechanik: vgl. Feyerabend 1968, S. 322 ff. Vgl. dazu auch Bub 1975, Stöckler 1986 und Krips 1984 (besonders S. 267 ff.).

te sachliche Gründe. Das macht eine Variante des Doppelspalt-Experiments deutlich. Dazu werden hinter dem Schirm, direkt neben den beiden Spalten, Geräte angebracht, die jeweils registrieren, durch welchen der Spalte die Elektronen hindurchgehen – was offenbar auf eine Ortsmessung zum jeweiligen Zeitpunkt hinausläuft. Auf diese Weise kann man „beobachten“, welchen Weg die Elektronen nehmen, den durch Spalt 1 oder den durch Spalt 2. Das Ergebnis: jedes Elektron, das bis zum Detektor durchkommt, passiert einen und *nur* einen der Spalte, (ziemlich genau) die Hälfte von ihnen den einen, die Hälfte den anderen. Aber gleichzeitig haben sich die Verhältnisse am Detektor gründlich verändert: von Interferenz-Effekten keine Spur mehr, statt dessen eine Treffer-Statistik der anfangs erwarteten Art. Ob man die „Beobachtung“ macht oder nicht, hat somit ganz reale Folgen: keine Interferenz versus Interferenz.<sup>9</sup>

Wie sieht die quantenmechanische Erklärung für die Resultate des Doppelspalt-Experiments aus? Grobe Vereinfachungen und knappste Andeutungen müssen hier genügen. (Eine genauere Analyse findet sich z. B. in Scheibe 1973, S. 119 f.) Von grundlegender Bedeutung ist die Annahme, daß die Elektronen beim Durchgang durch den Schirm sich in einem Zustand  $z$  befinden, der eine sogenannte kohärente Superposition der Zustände  $x$  und  $y$  ist:  $z = 1/\sqrt{2} \cdot x + 1/\sqrt{2} \cdot y$ . Dabei ist  $x$  der Zustand, sich im Spalt 1 aufzuhalten, und  $y$  der Zustand, sich im Spalt 2 aufzuhalten. Mit der Anfangsbedingung  $z$  führt die Lö-

9 Zur Information über die Ergebnisse des Doppelspalt-Experiments und seiner Varianten ist nach wie vor empfehlenswert das Kapitel 1, „Quantum Behavior“ in: Feynman u. a. 1965. – Die zuletzt geschilderte Merkwürdigkeit läßt sich im übrigen nicht damit erklären, daß der Meßvorgang in einer Wechselwirkung zwischen Meßobjekt und Meßgerät besteht und diese Wechselwirkung eine Änderung („Störung“) des Zustands des Meßobjekts verursacht. Denn dann müßte *jede* Messung, weil auf einer solchen Wechselwirkung beruhend, eine Zustandsänderung hervorrufen. Das ist jedoch keineswegs der Fall. Beispielsweise macht es bei den Ein-Spalt-Experimenten (A) und (B) keinen Unterschied, ob der Durchgang der Elektronen durch den Spalt beobachtet wird oder nicht, ob also ihr Ort zu diesem Zeitpunkt gemessen wird oder nicht: die Treffer-Statistik ist in beiden Fällen die gleiche, die Messung ändert nichts. (Allgemein gilt: Wenn sich ein Quantensystem schon *vor* der Messung in einem Zustand befindet, der ein Eigenvektor des der gemessenen Größe entsprechenden Operators ist, dann bleibt dieser Zustand auch *nach* der Messung erhalten.)

sung der zeitabhängigen Schrödinger-Gleichung zur Vorhersage des Interferenz-Effekts. Mißt man hingegen beim Durchgang durch den Schirm den Ort der Elektronen, dann „kollabiert“ in diesem Moment der Zustand  $z$  mit der Wahrscheinlichkeit  $1/(\sqrt{2})^2 = 1/2$  auf den Zustand  $x$  und mit derselben Wahrscheinlichkeit auf den Zustand  $y$ . In (ziemlich genau) der Hälfte der Fälle hat man also die neue Anfangsbedingung  $x$ , in der anderen Hälfte die neue Anfangsbedingung  $y$ . Mit diesen Anfangsbedingungen und ihren Wahrscheinlichkeiten ergibt sich aus der Schrödinger-Gleichung jetzt die Vorhersage, daß kein Interferenz-Effekt mehr auftritt. Die experimentellen Tatsachen werden auf diese Weise korrekt wiedergegeben. Neben der „Kollaps“-Hypothese ist dafür entscheidend die Voraussetzung über die Art des Zustands  $z$ . Wie solche Superpositionen zu verstehen sind, ist ein zentrales Problem jeder Interpretation der Quantenmechanik. Worin das Problem besteht, geht indirekt aus den bisherigen Erläuterungen hervor. Daß sich ein Quantenobjekt (Elektron) in dem Zustand  $z$  befindet, hat zwar zur Folge, daß dann, wenn sein Ort gemessen wird, es mit der Wahrscheinlichkeit  $1/2$  im Zustand  $x$ , also im Spalt 1, und mit gleicher Wahrscheinlichkeit im Zustand  $y$ , also im Spalt 2, angetroffen wird. Aber daß ein Quantenobjekt sich im Zustand  $z$  befindet, kann *nicht bedeuten*, daß es mit der Wahrscheinlichkeit  $1/2$  im Zustand  $x$  ist und mit der Wahrscheinlichkeit  $1/2$  im Zustand  $y$ . Denn die beiden Annahmen, „es ist im Zustand  $z$ “ und „es ist mit der Wahrscheinlichkeit  $1/2$  im Zustand  $x$  und mit der Wahrscheinlichkeit  $1/2$  im Zustand  $y$ “, haben ja, wie gesagt, völlig verschiedene, miteinander unvereinbare Konsequenzen in bezug auf die Resultate des Doppelspalt-Experiments.<sup>10</sup> Nur, wenn es *das* nicht bedeutet, was soll es dann bedeuten?

10 Diese Zusammenhänge zeigen im übrigen, daß Poppers – von ihm selbst als „trivial“ apostrophierte (LdF, Abschn. 76, Anm. \*4) – Lösung des Problems der Reduktion (des Kollaps) des Wellenpakets (siehe oben) inadäquat ist: das Problem besteht im hiesigen Beispiel, anders als von Popper unterstellt, klarerweise nicht darin, wie aus dem sog. gemischten Zustand, der mit der Wahrscheinlichkeit  $1/2$  gleich  $x$  und mit der Wahrscheinlichkeit  $1/2$  gleich  $y$  ist, der Zustand  $x$  oder der Zustand  $y$  resultiert (das mag analog sein zur Situation beim Würfelwurf), sondern darin, wie aus dem sog. reinen Zustand, der Superposition  $z$ , dieser gemischte Zustand hervorgeht (dazu gibt es beim Würfelwurf *kein* Analogon). Vgl. dazu auch Krips 1984, S. 270 ff.

Natürlich sind Popper die geschilderten Sachverhalte nicht entgangen. Was deshalb so erstaunt, ist seine hartnäckige Weigerung, das Erklärungsproblem wirklich ernst zu nehmen, das sich mit diesen Sachverhalten für jede Partikel-Theorie stellt: wie ist es zu erklären, daß die Quantenobjekte, *als Partikeln, die zu jeder Zeit einen bestimmten Ort, Impuls, Spin etc. haben*, in Situationen wie dem Doppelspalt-Experiment den ungewöhnlichen Interferenz-Effekt erzeugen können (und dann *nicht* erzeugen, wenn unterwegs eine Ortsmessung vorgenommen wird)? Zwar behandelt Popper dieses Problem, aber eher beiläufig und nur auf unbefriedigende Weise.<sup>11</sup> Dabei ist es insbesondere die – vermutete – Unlösbarkeit dieses Problems gewesen, die zur Preisgabe einer reinen Partikel-Auffassung und zur orthodoxen Kopenhagener Deutung geführt hat. Wenn man demgegenüber, mit Popper, den Standpunkt einnimmt, die Quantenmechanik sei eine statistische Theorie, deren Referenten (Ensembles von) Partikeln sind, dann wird man sich dem Problem stellen und eine Lösung dafür angeben müssen. Allerdings ist dessen Lösbarkeit im Laufe der Zeit, mit den verschiedenen Unmöglichkeit-Beweisen („no-go-theorems“), immer zweifelhafter geworden.<sup>12</sup> In diesem Zusammenhang am wichtigsten und bekanntesten ist wohl das Theorem von John S. Bell.<sup>13</sup> Es zeigt, daß

11 In der *Logik*, Anhang V und Anhang \*XI, wird das „Zweispalten-Experiment“ kurz diskutiert, das eigentliche Problem jedoch nicht angesprochen. Im Postscript (Popper 1982, S. 151 ff.) und in „Quantum Mechanics without ‘The Observer’“ (ebd., S. 72 ff.) findet sich der – zutreffende, aber unzureichende (siehe oben, Fußnote 8 und zugehöriger Text) – Hinweis darauf, daß sich Wahrscheinlichkeiten generell mit den Versuchsanordnungen ändern. In „Quantum Mechanics without ‘The Observer’“ (ebd., S. 58 f.) beruft sich Popper zudem auf einen Erklärungs-Ansatz von Alfred Landé. Aber der ist selber äußerst problematisch und taugt überdies nicht für andere Zwei- oder Mehr-Wege-Experimente, somit nicht für beliebige Situationen, in denen die typisch quantenmechanischen Interferenz-Effekte auftreten: vgl. Jammer 1974, S. 453 ff., sowie die Hinweise in Krips 1987, S. 14 f. – Die Verteidigung der Position Poppers, die W. W. Bartley (Hrsg. des Postscript) in der Anm. 65 vorbringt (Popper 1982, S. 72 f.), ist unhaltbar: sie unterstellt, daß man die Quantenmechanik als statistische Partikel-Theorie deuten kann, *ohne* das genannte Erklärungsproblem zu lösen. Das hieße, einen Haupt-Grund, der gegen diese Deutung spricht, schlicht zu ignorieren.

12 Gegen die statistische Interpretation der Quantenmechanik spricht nicht zuletzt das Resultat von Kochen und Specker: vgl. etwa Hughes 1989, S. 164 ff.; Redhead 1987, S. 119 ff.

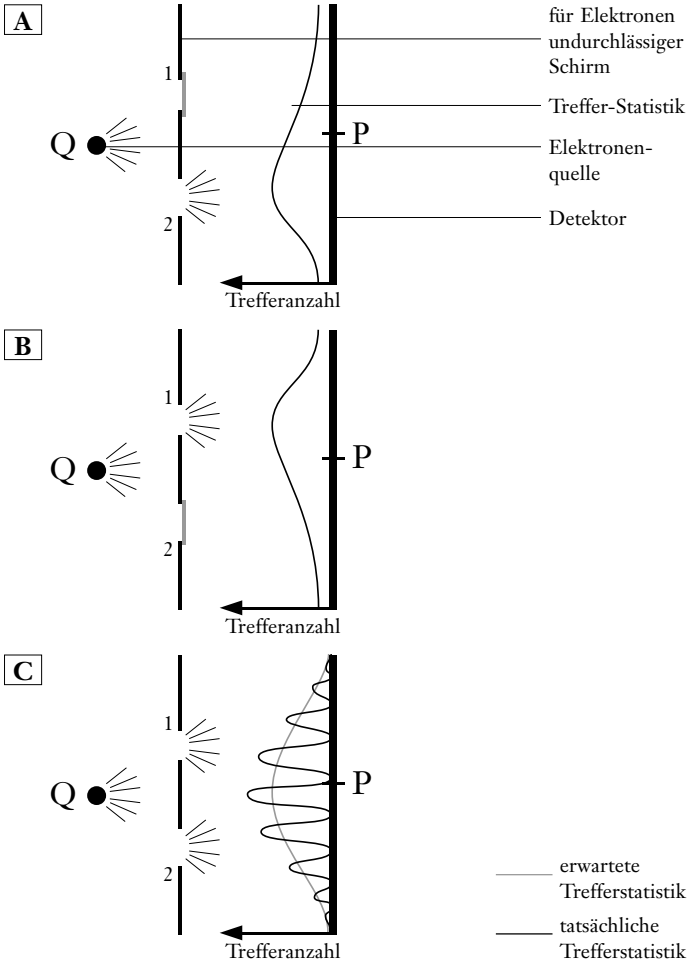
13 Vgl. Bell 1987; vgl. dazu auch die Beiträge in: Cushing/McMullin 1989.

jedenfalls keine *lokale realistische* Theorie die statistischen Vorhersagen der Quantenmechanik zu reproduzieren vermag. Und zudem macht der experimentelle Nachweis einer Verletzung der Bellschen Ungleichung bzw. der Ungleichungen vom Bellschen Typ deutlich, daß allein die quantenmechanischen Vorhersagen bestens bestätigt werden. – Mit den beiden Termini „lokal“ und „realistisch“ ist dabei, grob gesagt, folgendes gemeint. „Lokal“ ist eine Theorie, wenn sie dem Prinzip der Nahewirkung (des Ausschlusses von instantanen Fernwirkungen) genügt. „Realistisch“ in dem hier intendierten Sinne ist eine Theorie, wenn sie den Größen ihrer Gegenstände zu jedem Zeitpunkt einen bestimmten Wert zuschreibt (einem Teilchen z. B. einen bestimmten Ort).

Das alles impliziert nicht unbedingt, daß Poppers übergeordnetes Ziel einer „Quantenmechanik ohne Beobachter“, d. h. einer Interpretation der Quantenmechanik im Sinne des (kritischen) Realismus, die weder auf ein erkennendes Subjekt noch auf eine andere, den Quantenobjekten gegenüber externe Instanz, wie ein makroskopisches Meßinstrument, Bezug nimmt, unerreichbar bleiben müßte. In dieser Zielsetzung stimmen ja auch diverse andere Ansätze zu einer realistischen Interpretation der Quantenmechanik überein. Das gilt nicht zuletzt für diejenigen, die sich, gerade in jüngster Zeit, mit dem Problem einer Quanten-Kosmologie befassen, also einer Anwendung der Quantentheorie in der Kosmologie: Zum Quantensystem Kosmos als ganzem gibt es kein externes Meßinstrument und keinen externen Beobachter mehr. Aber so einfach und billig, wie Popper es sich vorgestellt hat, ist eine „Quantenmechanik ohne Beobachter“ eben *nicht* zu haben. Zumindest die ontologischen „Kosten“ dürften beträchtlich höher sein als von Popper veranschlagt. Eine realistische Interpretation müßte wohl kohärente Superpositionen als Zustände objektiver Unbestimmtheiten auffassen: die in ihnen superponierten Zustände (beispielsweise: zur Zeit  $t$  am Ort  $u$ , am anderen Ort  $v$ , am von  $u$  und  $v$  verschiedenen Ort  $w$  zu sein etc.) wären reine Potentialitäten, von denen keine einzige aktualisiert ist, deren jede aber die Disposition hätte, sich mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit zu realisieren, wenn die einschlägige Größe gemessen wird (vgl. z. B. Shimony 1993, Part B). Jedenfalls sollte man sich darüber im klaren sein, daß es hier nicht bloß um die Verletzung irgendei-

nes speziellen Gesetzes irgendeiner speziellen Theorie (etwa: der klassischen Partikel-Mechanik) geht. Was letztlich zur Disposition steht, sind fundamentale Prinzipien des alltäglichen Weltbildes, auch des wissenschaftlichen *common sense*: daß die Welt bevölkert ist von Dingen, die sich in Raum und Zeit auf

### Doppelspalt-Experiment



(Die Abbildung ist offensichtlich nicht maßstabsgetreu; die richtigen Dimensionierungen brauchen hier nicht zu interessieren)

wohldefinierten Bahnen bewegen und die zu jedem Zeitpunkt wohlbestimmte Eigenschaften haben (eine Eigenschaft kommt ihnen zu oder kommt ihnen nicht zu).

## Literatur

- Albert, David Z. (1992): *Quantum Mechanics and Experience*, Cambridge, Mass.
- Audretsch, Jürgen/Mainzer, Klaus (Hrsg.) (1990): *Wie viele Leben hat Schrödingers Katze? Zur Physik und Philosophie der Quantenmechanik*, Mannheim.
- Bell, John S. (1987): *Speakable and Unsayable in Quantum Mechanics*, Cambridge.
- Bub, Jeffrey (1975): "Popper's Propensity Interpretation of Probability and Quantum Mechanics", in: G. Maxwell/R. M. Anderson, Jr. (Hrsg.), *Minnesota Studies in the Philosophy of Science*, vol. VI: *Induction, Probability, and Confirmation*, Minneapolis, S. 416–429.
- Bunge, Mario (Hrsg.) (1967): *Quantum Theory and Reality*, Berlin.
- Cushing, James T./McMullin, Ernan (Hrsg.) (1989): *Philosophical Consequences of Quantum Theory. Reflections on Bell's Theorem*, Notre Dame.
- d'Espagnat, Bernard (1976): *Conceptual Foundations of Quantum Mechanics*, 2nd ed., Reading, Mass.
- Düsing, Klaus Jürgen (1997): „Probleme einer Interpretation der Quantenmechanik. Zur Relevanz der Quantenmechanik für die Philosophie“, Jochen Lechner (Hrsg.), *Analyse – Rekonstruktion – Kritik. Logisch-philosophische Abhandlungen*, Frankfurt/M.
- Einstein, Albert/Podolsky, Boris/Rosen, Nathan (1935): "Can Quantum-Mechanical Description of Physical Reality be Considered Complete?", in: *Physical Review* 47, S. 777–780.
- Feyerabend, Paul K. (1968/69): "On a Recent Critique of Complementarity", Part I, in: *Philosophy of Science* 35, S. 309–331; Part II, in: *Philosophy of Science* 36, S. 82–105.
- Feynman, Richard P./Leighton, Robert B./Sands, Matthew L. (1965): *The Feynman Lectures on Physics*, vol. III: *Quantum Mechanics*, Reading, Mass.; deutsch-englische BILINGUA-Ausgabe: München 1971.
- Hughes, R. I. G. (1989): *The Structure and Interpretation of Quantum Mechanics*, Cambridge, Mass.; 3rd printing 1994.
- Jammer, Max (1974): *The Philosophy of Quantum Mechanics*, New York.
- Krips, Henry (1984): "Popper, Propensities, and Quantum Theory", in: *British Journal for the Philosophy of Science* 35, S. 253–274.
- Krips, Henry (1987): *The Metaphysics of Quantum Theory*, Oxford.
- Popper, Karl R. (1982): *Quantum Theory and the Schism in Physics, Postscript to the Logic of Scientific Discovery* (ed. by W. W. Bartley III), vol. III, London.
- Redhead, Michael (1987): *Incompleteness, Nonlocality, and Realism. A Prolegomenon to the Philosophy of Quantum Mechanics*, Oxford.
- Scheibe, Erhard (1973): *The Logical Analysis of Quantum Mechanics*, Oxford.
- Shimony, Abner (1989): "Conceptual Foundations of Quantum Mechanics", in: Paul Davies (Hrsg.), *The New Physics*, Cambridge, S. 373–395.

- Shimony, Abner (1993): *Search for a Naturalistic World View*, vol. II: *Natural Science and Metaphysics*, Cambridge.
- Stöckler, Manfred (1986): „Abschied von Kopenhagen? Karl Popper und die realistische Interpretation der Quantenphysik“, in: Karl Müller (Hrsg.), *Versuche und Widerlegungen. Offene Probleme im Werk Karl Poppers*, Wien, S. 353–367.
- Whitaker, Andrew (1996): *Einstein, Bohr and the Quantum Dilemma*, Cambridge.

---

Herbert A. Simon

## Does Scientific Discovery Have a Logic?<sup>1</sup>

It is often claimed that there can be no such thing as a logic of scientific discovery, but only a logic of verification. By 'logic of discovery' is usually meant a normative theory of discovery processes. The claim that such a normative theory is impossible is shown to be incorrect; and two examples are provided of domains where formal processes of varying efficacy for discovering lawfulness can be constructed and compared. The analysis shows how one can treat operationally and formally phenomena that have usually been dismissed with fuzzy labels like 'intuition' and 'creativity'.

### 11.1 Introduction

It is unusual for an author, less than one-tenth of the way through his work, to disclaim the existence of the subject matter that the title of his treatise announces. Yet that is exactly what Karl Popper does in his classic, *The Logic of Scientific Discovery*, announcing in no uncertain terms on page 31 that scientific discov-

<sup>1</sup> This research has been supported by a Public Health Service Grant from the National Institute of Mental Health, and by the Advanced Research Projects Agency of the Office of the Secretary of Defense, which is monitored by the Air Force Office of Scientific Research. I am indebted to Nicholas Rescher for valuable comments on an earlier draft of this paper. – Received August, 1973. First published in *Philosophy of Science* 40 (1973), p. 471–480.

ery has no logic. The disclaimer is so remarkable that it deserves to be quoted at length:

“I said above that the work of the scientist consists in putting forward and testing theories.

The initial stage, the act of conceiving or inventing a theory, seems to me neither to call for logical analysis nor to be susceptible of it. The question how it happens that a new idea occurs to a man – whether it is a musical theme, a dramatic conflict, or a scientific theory – may be of great interest to empirical psychology; but it is irrelevant to the logical analysis of scientific knowledge. The latter is concerned not with *questions of fact* (Kant’s *quid facti?*), but only with questions of *justification or validity* (Kant’s *quid juris?*) ...

Accordingly, I shall distinguish sharply between the process of conceiving a new idea, and the methods and results of examining it logically. As to the task of the logic of knowledge – in contradistinction to the psychology of knowledge – I shall proceed on the assumption that it consists solely in investigating the methods employed in those systematic tests to which every new idea must be subjected if it is to be seriously entertained. ...

... my view of the matter, for what it is worth, is that there is no such thing as a logical method of having new ideas, or a logical reconstruction of this process. My view may be expressed by saying that every discovery contains ‘an irrational element’, or ‘a creative intuition’, in Bergson’s sense. In a similar way, Einstein speaks of the ‘search for those highly universal laws ... from which a picture of the world can be obtained by pure deduction. There is no logical path’, he says, ‘leading to these ... laws. They can only be reached by intuition, based upon something like an intellectual love (*Einfühlung*) of the objects of experience.’” (LSD, p. 31f.)

This mystical view towards discovery, while shared by most of the world, including most of its creative scientists and artists, has not gone without challenge. Peirce coined the term ‘retroduction’ as a label for the systematic processes leading to discovery; while Norwood Hanson, in his *Patterns of Discovery*, revived that term and gave us a careful account of the retroductive path that led Kepler to the elliptical orbits of the planets. It is instructive to confront Popper’s view, just quoted, with Hanson’s:

“H-D [hypothetico-deductive] accounts all agree that physical laws explain data, but they obscure the initial connexion between data and laws; indeed, they suggest that the fundamental inference is from higher-order hypotheses to observation statements. This may be a way of setting out one’s reasons for accepting an hypothesis after it is got, or for making a prediction, but it is not a way of setting out reasons for proposing or for trying an hypothesis in the first place. Yet the initial suggestion of an hypothesis is very often a reasonable affair. It is not so often affected by intuition, insight, hunches, or other imponderables as biographers or scientists suggest. Disciples of the H-D account often dismiss the dawning of an hypothesis as being of psychological interest only, or else claim it to be the province solely of genius and not of logic. They are wrong. If establishing an hypothesis through its predictions has a logic, so has the conceiving of an hypothesis.” (Hanson 1958, p. 71.)

Hanson made his case for retroduction by examining historical examples of scientific discovery. He did not propose an explicit formal theory of the retroductive process, nor did he draw any sharp line between psychology and logic. Indeed, his analysis places great emphasis upon perceptual processes, upon the discovery of pattern – a pun upon the title of his book that, *I am sure*, had occurred to him. For this reason, it is easy for persons of an H-D persuasion to judge Hanson’s work superficially as a contribution only to psychology and not to the logic of science. In this, they are wrong also.

It is the aim of this paper to clarify the nature of retroduction, and to explain in what sense one can speak of a “logic of discovery” or “logic of retroduction”. Like Hanson, I shall proceed from examples of retroductive processes, but examples that are less impressive than his. Their modesty as instances of discovery will be compensated by their transparency in revealing underlying process. The argument of Popper and of the others who agree with his position is, after all, a general argument. If “there is no such thing as a logical method of having new ideas,” then there is no such thing as a logical method of having small new ideas.<sup>2</sup>

2 For another essay taking essentially the same view as this one toward the possibility of a logic of discovery, and considering at length the philosophical objections to this view, see Buchanan 1966.

## 11.2 What is a Logic of Method?

At the outset it is important to make clear what might be meant by the term ‘logic’ in this context. I suppose no one any longer imagines that there exists a process for deriving scientific laws deductively (much less, for validating them) either from particular facts or from any other kinds of prevalidated premises. Nor is that what Popper means by “logical analysis” in the passage quoted at the beginning of this paper. The distinction Popper draws is between psychology and logic – between a description of how people actually behave (e. g. judge, reason), and a prescription of norms of valid behavior (e. g. judging soundly, reasoning correctly and rigorously).

We commonly call a process “logical” when it satisfies norms we have established for it; and these norms derive from our concern that the process be efficacious or efficient for accomplishing the purpose for which it was established. A logic of scientific method, then, is a set of normative standards for judging the processes used to discover or test scientific theories, or the formal structure of the theories themselves (Simon 1968, p. 443). The use of the term ‘logic’ suggests that the norms can be derived from the goals of the scientific activity. That is to say, a normative theory rests on contingent propositions like: ‘If process  $X$  is to be efficacious for attaining goal  $Y$ , then it should have properties  $A, B, C$ .’

It is in this sense that we can speak of the “logic” of a chess strategy. The game of chess has a goal: to checkmate the opponent’s King. The chessplayer uses a strategy to discover and evaluate moves directed toward that goal. Books on chess contain normative statements about these discovery and evaluation processes – e. g. ‘In a position where the player has greater mobility than his opponent, he should examine moves that attack the position of the opponent’s King directly’. The validity of this normative statement rests on a premise like: ‘Where one player has the greater mobility, direct attacks on the position of the opponent’s King are frequently the best paths toward checkmating the opponent’.

To generalize, suppose that we have a goal,  $G$ , a set of processes,  $p \in P$ , and a set of conditions,  $c \in C$ . The conditions can be attributed to processes, so that  $c(p)$  is a function from  $C \times P$  to the

truth-values T and F. If, now,  $\forall c(G \supset c)$ , then we can regard  $C$  as a set of norms for  $P$  with respect to  $G$ . That is to say, if attainment of the goal,  $G$ , implies that the conditions,  $C$ , be satisfied, then we should employ a process,  $p$ , that satisfies  $C$  (i. e. such that  $\forall c(c(p) = T)$ ).

If  $G$  is the goal of discovering valid scientific laws, and  $P$  is a class of discovery processes, then  $C$  provides a normative theory of scientific discovery. If  $G$  is the goal of testing the validity of proposed laws, and  $P$  is a class of test processes, then  $C$  provides a normative theory of testing laws. The premises,  $G \supset c$  may themselves have either a logical or an empirical basis. In the game of tic-tac-toe, a move that puts a second cross at the intersection of two unblocked arrays, each of which has one cross already, is a winning move. A normative theory of tic-tac-toe would recommend strategies that make such a move when possible, and condemn strategies that do not. The correctness of this condition can be deduced rigorously from the rules of tic-tac-toe. On the other hand, the norm of chess strategy mentioned earlier – that attacks on the King should be considered when superior mobility has been achieved – is an empirical rule based on the cumulated experiences of chess players. No formal deduction of this norm from the rules alone of chess is known.

Notice that we have formulated matters so that the use of a recommended strategy does not guarantee the achievement of the goal. We wrote  $G \supset c$  and not  $c \supset G$ . In order to achieve the goal (e. g. to discover a scientific law), it is recommended that we use processes that satisfy the condition,  $c$ ; it is not implied that using such processes will necessarily lead to discovery of a law. Hence, we have not smuggled an induction axiom into our formulation.

We have seen that the norms can have either a logical or an empirical basis. Perhaps the presence of an empirical component in norms has encouraged the notion that certain processes cannot be subject to “logical analysis” but only to description. But if the phrase ‘logical analysis’ is interpreted broadly, then, as we have just seen, one can undertake normative logical analysis of any goal-directed process. And if the phrase ‘logical analysis’ is interpreted narrowly, in order to exclude deductions from empirically based premises, then the dichotomy between logical analysis and description is a false one. For in this case, we must

consider three possibilities, not two: (1) description, (2) normative analysis not dependent on empirical premises, and (3) normative analysis dependent on empirical premises. In any event, we see that we must reject Popper's assertion that the "question how it happens that a new idea occurs to a man ... may be of great interest to empirical psychology; but it is irrelevant to the logical analysis of scientific knowledge" (LSD, p. 31). The genuine normative questions about the efficacy of processes of scientific discovery cannot be dismissed in this way.

### 11.3 Law Discovery: an example

We might ask how the premature dismissal of the possibility of a normative theory of discovery occurred. I suspect, but only suspect, that it occurred because the possibility of such a theory was supposed, erroneously, to depend on the solution of the problem of induction. The discovery process runs from particular facts to general laws that are somehow induced from them; the process of testing discoveries runs from the laws to predictions of particular facts deduced from them. Hence, ordinary, garden-variety deductive logic provides the formal foundation for a normative theory of law testing (in particular, of law falsification); while a normative theory of law discovery has been thought to require a quite different inductive logic as its foundation.

If this were the case, the normative theory of discovery would then share the difficulties of the inductive logic on which it rested. And if there is anything we can reach agreement upon with respect to inductive logic, it is that any particular proposed system of inductive logic (unless it is our own system) is defective. In the light of the innumerable, unsuccessful attempts to untie the Gordian knot of induction, we shall be well advised to cut it – to construct a normative theory for evaluating discovery processes that does not demand a deductive justification for the products of induction. I should now like to explain exactly how this can be done, beginning with a concrete example.

Consider the following sequence of letters:

ABMCDMEFMGHIJMKLM

MNMOPMQRMSTMUVMWXMYZMABMC ...

If we examine the sequence, we soon detect that it is patterned; that is to say, it is redundant, and can consequently be described more parsimoniously by defining the pattern than by exhibiting the sequence itself. In particular, it can be described as a sequence of triads. The first two letters of each triad progress through the alphabet, the third letter is an 'M'. Given an appropriate notation for patterns, we can represent the general triad of the sequence by some such pattern as:

$$(1) \quad n(\alpha)n(\alpha)s(\beta); \alpha = Z, \beta = M,$$

where 'n( $\alpha$ )' means replacing a symbol by the symbol next to it on the alphabet,  $\alpha$ ; 's( $\beta$ )' means repeating the same symbol as  $\beta$ ; while the expressions ' $\alpha = Z$ ' and ' $\beta = M$ ' set the initial values on the alphabets, at Z and M, respectively. (The alphabets are assumed "circular", so that A follows Z.)

Are we really certain that (1) is the law of the sequence? Yes, for we can apply it to the sequence and see that it matches the letters that actually appear there. But what about the continuation of the sequence – the omitted letters indicated by dots? The expression (1) predicts that the extrapolation will begin with DMEFM, and so on; and there is no guarantee that it will in fact continue in this particular way. To provide a logical justification for the extrapolation, we need to appeal to some principle of the uniformity of nature, or some other premise of induction. We appear not to have avoided at all the troublesome problem of induction.

However, the difficulty with which we are confronted here is illusory. It does not arise at all in connection with discovering a pattern – recoding parsimoniously the portion of the sequence that was presented explicitly. It arises only if we wish to predict and test whether this same pattern will continue to govern the sequence when it is extrapolated. Law discovery means only finding pattern in the data that have been observed; whether the pattern will continue to hold for new data that are observed subsequently will be decided in the course of testing the law, not discovering it.

We will banish the problem of induction from our discussion of law discovery once and for all by defining:

A *law-discovery process* is a process for recoding, in parsimonious fashion, sets of empirical data.

A *normative theory of scientific discovery* is a set of criteria for evaluating law-discovery processes.

## 11.4 Efficient and Inefficient Law-Discovery Processes

We have seen that the discovery process has nothing to do with the usual problem of justifying inductions, because the adequacy of the pattern to describe the sequence actually presented (as distinguished from its extrapolation) can be settled in purely finitary terms. There is no doubt at all that the particular pattern, (1), describes accurately the sequence of letters that was exhibited above. Of course no claim is made that this description is unique, or even that it is the most parsimonious possible.

But we have not explained how we discovered the pattern. To explain the discovery, do we have to postulate an “irrational element” or a “creative intuition”? Or, on the contrary, can we give a descriptive account of how people make such discoveries, and a normative account of relatively efficient ways of making them? If we can do the latter, then we will have constructed a logic of discovery – at least for simple situations like the one of the example.

Let us suppose that we have a pattern discovery process possessing means for representing the relations of *same* and *next*, so that it can compose formulas like ‘ $n(\alpha)n(\alpha)s(\beta)$ ’. Then it can discover the pattern in a sequence by generating such formulas in some order – starting, say, with the simplest and generating progressively longer ones – testing each until it finds one that fits the actual sequence. In another context, Allen Newell and I have called such a generative process a “British Museum Algorithm” (BMA) to honor the monkeys who were alleged to have used it to reproduce the volumes in the British Museum. For the simple case before us, the algorithm might actually succeed in a reasonable time. For example, it might generate a sequence of patterns like:  $s(\alpha)$ ,  $n(\alpha)$ ,  $s(\alpha)s(\beta)$ ,  $n(\alpha)n(\beta)$ ,  $s(\alpha)n(\alpha)$ ,  $s(\alpha)n(\beta)$ , and so on. The pattern  $n(\alpha)n(\alpha)s(\beta)$  would then occur among the first fifty or so generated.

It is easy, however, to construct a pattern discovery process that is far more efficient than the British Museum Algorithm. By drawing upon information that is explicit in the sequence presented, the algorithm can construct a suitable pattern directly, with little or no trial and error. It begins by scanning the sequence, and noting occurrences of the relations of *some* and *next* between symbols that are not too far separated. In the case before us, it would find that every third symbol in the sequence is an 'M'. From this fact it would conjecture that the sequence has a period of three symbols. It would then notice that the second symbol in each triad terminated by an 'M' is the successor in the alphabet of the first symbol, and that the first symbol is the successor in the alphabet of the second symbol of the previous triad. This information is sufficient to define the pattern 'n( $\alpha$ )n( $\alpha$ )s( $\beta$ )'. Finally, the initial conditions,  $\alpha = Z$  and  $\beta = M$ , can be determined directly by matching with the appropriate symbols in the sequence.

If we are interested in reducing the amount of trial-and-error search required to find the formula that describes the sequence, then we will prefer this second algorithm (which we will call a Heuristic Search Algorithm – HSA) to the British Museum Algorithm. The BMA tries alternatives systematically until it finds one that works; the HSA extracts information from the sequence in order to generate directly an alternative that will work. The difference between the two algorithms is exactly parallel to the difference between solving an algebraic equation by trying possible solutions in some systematic order, and solving it by eliminating constants from the left side, next eliminating variables from the right side, and then dividing through by the coefficient of the variable.

The normative theory of discovery processes can be viewed as a branch of the theory of computational complexity. Given a class of computational problems, we wish to discover algorithms that are most efficient on average; or, if we cannot find the most efficient, at least to discover some that make good use of the information available in the problem situation. In the case of symbolic sequences like the example, this information consists in the periodic recurrence of certain symbols, or the periodic recurrence of *successor* relations between neighboring symbols drawn from the same ordered set.

It is not hard to write computer programs that will detect relations of these kinds, and conduct heuristic searches for pattern in an orderly and efficient way. Several such programs have, in fact, been written and tested with success on such materials as the Thurstone Letter Series Completion Test. The programs are vastly more efficient than would be a BMA-like program for the same task (see Simon/Kotovsky 1963 and Simon/Lea 1974).

If there is a pattern in the sequence, of one of the kinds that the program is capable of detecting, it will be detected, and usually with a relatively small amount of search. Of course, failure to detect a pattern does not guarantee that one does not exist – a pattern, say employing relations that are not within the program's competence. Given a particular class of potential patterns, however, some programs will regularly find patterns in this class much more rapidly and efficiently than will other programs. The normative theory of discovery is concerned with characterizing these efficient programs.

Moreover, the particular class of patterns we have been discussing in the example is not as specialized as might appear at first blush. The relation of *successor* in an ordered set (with the circularity convention mentioned above) defines a cyclic group on the set. This is just the capability we need to detect groups of symmetries; and most of the patterns we succeed in extracting from nature appear to be representable in terms of such groups. Consider, for example, the Periodic Law of Mendeleev. Discovering this law involves arranging the elements by the successor relation with respect to atomic weight, and then noting the periodic repetition of certain chemical properties (e. g. valence) in this list. Other examples of pattern discovery in science are discussed in Simon 1968.

### 11.5 Concept Attainment: a second example

The notion of informational efficiency of law-discovery processes can also be illustrated with an example drawn from the domain of concept attainment. In the standard psychological concept-attainment task, a sequence of stimuli is presented, some of which are positive instances of a concept and others negative instances. The goal is to discover the concept – that is, a criterion

that will allow the positive instances to be distinguished from the negative instances.

Suppose that the stimuli vary in color, size, and shape. Suppose further that only simple concepts – a particular value on a particular dimension – are admitted. Thus, the concept in a given case might be “circles”. A relatively inefficient process would examine the instances in sequence after selecting an initial hypothesis. If the hypothesis led to a wrong classification in any single case, it would be rejected and a new hypothesis tried. A much more efficient process would examine the instances in sequence and eliminate from further consideration the whole set of concepts inconsistent with each successive instance. In general, the number of instances the latter process would have to examine before selecting a concept that was consistent with the entire set would vary with the logarithm of the number of possible hypotheses. For the former process, it would vary linearly with the number of possible hypotheses. Clearly the expected number of trials needed to find the correct hypothesis is smaller with the more sophisticated process. Again, we can construct a normative theory that evaluates the relative power and sophistication of different discovery processes in this domain.

## 11.6 Reply to an Objection

A perceptive reader of an earlier draft of this paper observed that in arguing for the possibility of a logic of discovery I have used examples that prejudice the case in my favor. The examples envisage situations in which the range of alternatives can be delimited in advance (the sorts of patterns at issue, the range of possible hypotheses, or the like). These examples do not prove at all that outside the range of limited and “artificial” problems one can, in science, define the processes of genuine innovation that redefine the range of alternatives that can be envisaged.

This objection rests on the commonly drawn distinction between well-structured problems, which are amenable to orderly analysis, and ill-structured problems, which are the exclusive domain of creativity. It is reminiscent also of the Kuhnian distinction between normal and revolutionary science. The objec-

tion depends for its force upon these distinctions being qualitative, and not merely matters of degree.

The simplest reply to the objection is to admit it, but to observe that it does not invalidate the thesis of this paper. As I observed in the introduction, those who have argued against the possibility of a logic of discovery have drawn no such distinction between “normal” and “revolutionary” discoveries. If a logic of discovery can be constructed for even one small realm – and my examples show that it can for several – then their arguments must be faulty. If they wish now to argue against the possibility only of a logic of revolutionary discovery, they will have to find new arguments that apply to this realm alone.

But I am not persuaded that even this much ground must be yielded to the objectors. The notion of “delimiting in advance” the range of hypotheses to be considered is not at all a clear concept. We know that all that is required to generate an infinite number of elements from a finite set of primitives is some kind of recursively applicable rule of generation. Thus, *modus ponens* applied to a small finite set of axioms may suffice to generate an infinity of theorems; and an extremely simple phrase-structure or transformational grammar can spawn an infinite number of grammatical sentences. Have we any genuine reason to deny that “revolutionary” hypotheses are the products of this kind of generation of much from little?

It was pointed out earlier that Mendeleev’s Periodic Table does not involve a notion of pattern more complex than that required to handle patterned letter sequences. To be sure, Mendeleev had to conjecture that atomic weight was the attribute according to which the elements should be ordered. But it should be observed that he made his discovery just a few years after the notion of atomic weight had been clarified, its central importance had been accepted, and the atomic weights of most of the known elements had been determined. The space of possible (or plausible) patterns in which Mendeleev was searching was perhaps of rather modest size. And, indeed, at least a half dozen of Mendeleev’s contemporaries had noticed the pattern independently of him, although they had not exploited it as systematically or vigorously as he did.

Before we accept the hypothesis, therefore, that “revolutionary science” is not subject to laws of effective search we would

do well to await more microscopic studies than have generally been made to date of the histories of revolutionary discoveries. The case of Mendeleev may prove to be not at all exceptional. At present, one can argue this only as a possibility. But as long as it is a possibility, we must receive with skepticism arguments that would seek to prove the “impossibility” of a logic of scientific discovery – even revolutionary discovery.

## 11.7 Conclusion

The simple examples cited in this paper show that one can construct a normative theory – a “logic”, if you will – of discovery processes. The greater efficacy of one process compared with another in discovering laws need not be attributed to chance, irrationality, or creative intuition. Rather, it is a matter of which process is the more capable of detecting the pattern information contained in the data, and using this information to recode the data in more parsimonious form.

At present, in the field of artificial intelligence, there exist the beginnings of a normative theory of problem solving – a theory of the design of effective problem-solving algorithms (see, for example, Nilsson 1971 and Simon 1972). The normative theory of pattern-discovery is less far advanced, partly because fewer successful examples have been constructed of powerful pattern discovery programs. Our analysis suggests, however, that this difference in stage of development is rather to be viewed as an historical accident than as an indication of some fundamental qualitative difference in the requirements for normative theory in these two domains.

The fact that a process can extract pattern from finite data sets says nothing about the predictive power of the patterns so extracted for new observations. As we move from pattern detection to prediction, we move from the theory of discovery processes to the theory of processes for testing laws. To explain why the patterns we extract from observations frequently lead to correct predictions (when they do) requires us to face again the problem of induction, and perhaps to make some hypothesis about the uniformity of nature. But that hypothesis is neither required for, nor relevant to, the theory of discovery processes. The latter

theory does not assert that data are patterned. Rather, it shows how pattern is to be detected if it is there. This is not a descriptive or psychological matter, it is normative and logical. By separating the question of pattern detection from the question of prediction, we can construct a true normative theory of discovery – a logic of discovery.

## Bibliography

- Buchanan, B. G. (1966): *Logics of Scientific Discovery*, A. I. Memo 47, Computer Science Department, Stanford University.
- Hanson, Norwood R. (1958): *Patterns of Discovery*. Cambridge.
- Nilsson, N. J. (1971): *Problem-Solving Methods in Artificial Intelligence*. New York.
- Popper, Karl R. (1959): *The Logic of Scientific Discovery*. London.
- Simon, Herbert A. and K. Kotovsky (1963): "Human Acquisition of Concepts for Serial Patterns." In: *Psychological Review* 70, 534–546.
- Simon, Herbert A. (1968): "On Judging the Plausibility of Theories." In: *Logic, Methodology and Philosophy of Science*. Vol. III. Eds. by B. Van Rootselaar and J. F. Staal. Amsterdam.
- Simon, Herbert A. (1972): "The Theory of Problem Solving." *Information Processing* 71.
- Simon, Herbert A. and G. Lea (1974): "Problem Solving and Rule Induction: a Unified View." In: L. W. Gregg (ed.), *Knowledge and Cognition*. Potomac, Mo.

## Auswahlbibliographie

### A. Schriften von Karl Popper

Eine vollständige Bibliographie der Schriften Poppers bis 1974, zusammengestellt von Troels Eggers Hansen, findet sich in Schilpp (Hrsg.) „The Philosophy of Karl Popper“ (1974, II, S. 1201–1287), eine darauf basierende ausgewählte Bibliographie mit Ergänzungen bis 1984 in der deutschen Ausgabe von Poppers Autobiographie „Ausgangspunkte“ (1984a, S. 335–349). Die umfassendste Bibliographie der Schriften Karl Poppers bietet Manfred Lube in seinem Werk „Karl R. Popper. Bibliographie 1925–2004. Wissenschaftstheorie, Sozialphilosophie, Logik, Wahrscheinlichkeitstheorie, Naturwissenschaften“, Frankfurt/M. 2005. Es enthält zugleich eine sehr umfangreiche Bibliographie der Literatur zu Karl Popper aus den Jahren 1932–2004.

Popper, Karl R. (1931): „Ein Kriterium des empirischen Charakters theoretischer Systeme“, in: Erkenntnis 3, S. 426f.

Popper, Karl R. (1935): Logik der Forschung, Wien, 2. dt. Aufl., Tübingen 1966; engl.: The Logic of Scientific Discovery, 1959, London – New York; 11. dt. Aufl. hrsg. von Herbert Keuth mit editorischen Bemerkungen u. e. Nachwort d. Hrsg., Tübingen 2005 (Gesammelte Werke in deutscher Sprache Bd. 3).

Popper, Karl R. (1945): The Open Society and Its Enemies, vol. I: The Spell of Plato, vol. II: The High Tide of Prophecy: Hegel, Marx, and the Aftermath, London; dt.: Die offene Gesellschaft und ihre Feinde, Bd. I: Der Zauber Platons, Bd. II: Falsche Propheten. Hegel, Marx und die Folgen, Bern 1957/58, 8. Aufl. hrsg. von Hubert Kieseewetter mit editorischen Bemerkungen u. e. Nachwort d. Hrsg., Tübingen 2003 (Gesammelte Werke in deutscher Sprache Bd. 5, Bd. 6).

Popper, Karl R. (1949): „Naturgesetze und theoretische Systeme“, in: S. Moser (Hrsg.), Gesetz und Wirklichkeit, Innsbruck – Wien; wieder abgedruckt in: H. Albert (Hrsg.), 1964, S. 87–102.

Popper, Karl R. (1957): The Poverty of Historicism, London; dt.: Das Elend des Historizismus, Tübingen 1965, 7. Aufl., hrsg. von Hubert Kieseewetter mit editorischen Bemerkungen u. e. Nachwort d. Hrsg., Tübingen 2003 (Gesammelte Werke in deutscher Sprache Bd. 4).

Popper, Karl R. (1957): „The Aim of Science“, in: Ratio 1, p. 24–35, „Die Zielsetzung der Erfahrungswissenschaft“, in: Ratio (deutsche Ausgabe) 1, 1957, H. 1; wieder abgedruckt in: H. Albert (Hrsg.), 1964, S. 73–86, und in: Popper 1972, S. 191–205, bzw. 1993, S. 198–213.

Popper, Karl R. (1963): Conjectures and Refutations. The Growth of Scientific Knowledge, London; dt.: Vermutungen und Widerlegungen. Das Wachstum der wissenschaftlichen Erkenntnis, Tübingen, Teilbd. I 1994, Teilbd. II 1997, 2. Aufl. (in einem Band) hrsg. von Herbert Keuth mit editorischen Bemerkungen u. e. Nachwort d. Hrsg., Tübingen 2009 (Gesammelte Werke in deutscher Sprache Bd. 10).

- Popper Karl R. (1972): *Objective Knowledge. An Evolutionary Approach*, Oxford; dt.: *Objektive Erkenntnis. Ein evolutionärer Entwurf*, Hamburg 1973, Paperbackausgabe 1993.
- Popper, Karl R. (1974): „Replies to My Critics“, in: Schilpp (1974, II), p. 961–1197.
- Popper, Karl R. (1979): *Die beiden Grundprobleme der Erkenntnistheorie. Aufgrund von Manuskripten aus den Jahren 1930–1933* hrsg. von Troels Eggers Hansen, mit e. Nachwort d. Hrsg., Tübingen, 3. Aufl. mit neuem Anhang, editorischen Bemerkungen u. textkritischen Anmerkungen, Tübingen 2010 (Gesammelte Werke in deutscher Sprache Bd. 2).
- Popper, Karl R. (1982a): *The Open Universe. An Argument for Indeterminism. From the Postscript to the Logic of Scientific Discovery*, ed. by W. W. Bartley III, Totowa, New Jersey; dt.: *Das offene Universum. Ein Argument für den Indeterminismus. Aus dem Postskript zur Logik der Forschung II*, mit e. Nachwort d. Hrsg. W. W. Bartley III, Tübingen 2001 (Gesammelte Werke in deutscher Sprache Bd. 8).
- Popper, Karl R. (1982b): *Quantum Theory and the Schism in Physics. From the Postscript to the Logic of Scientific Discovery*, ed. by W. W. Bartley III, Totowa, New Jersey; dt.: *Die Quantentheorie und das Schisma der Physik. Aus dem Postskript zur Logik der Forschung III*, mit e. Nachwort d. Hrsg. W. W. Bartley III, Tübingen 2001 (Gesammelte Werke in deutscher Sprache Bd. 9).
- Popper, Karl R. (1983): *Realism and the Aim of Science. From the Postscript to the Logic of Scientific Discovery*, ed. by W. W. Bartley III, Totowa, New Jersey; reprinted: London – New York 1994; dt.: *Realismus und das Ziel der Wissenschaft. Aus dem Postskript zur Logik der Forschung I*, mit e. Nachwort d. Hrsg. W. W. Bartley III, Tübingen 2002 (Gesammelte Werke in deutscher Sprache Bd. 7).
- Popper, Karl R. (1984a): *Ausgangspunkte. Meine intellektuelle Entwicklung*, Hamburg; engl. Original: „*Intellectual Autobiography*“, in: Schilpp 1974, p. 3–181; wieder veröffentlicht als: *Unended Quest. An Intellectual Autobiography*, London – Glasgow 1976.
- Popper, Karl R. (1984b): *Auf der Suche nach einer besseren Welt. Vorträge und Aufsätze aus dreißig Jahren*, München – Zürich; *In Search of a Better World. Lectures and Essays from Thirty Years*, London – New York 1992.
- Popper, Karl R. (1990): *A World of Propensities*, Bristol; dt.: *Eine Welt der Propensitäten*, Tübingen 1995.
- Popper, Karl R. (1994): *The Myth of the Framework. In Defence of Science and Rationality*, ed. by M. A. Notturmo, London – New York.
- Popper, Karl R. (1994): *Knowledge and the Body-Mind Problem. In Defence of Interaction*, ed. by M. A. Notturmo, London – New York.
- Popper, Karl R. (1994): *Alles Leben ist Problemlösen. Über Erkenntnis, Geschichte und Politik*, München – Zürich.
- Popper, Karl R. (1995): *Lesebuch. Ausgewählte Texte zu Erkenntnistheorie, Philosophie der Naturwissenschaften, Metaphysik, Sozialphilosophie*, hrsg. von David Miller, Tübingen, 2. Aufl. 1997.
- Popper, Karl R. (1997): *The Lesson of this Century*, London and New York.
- Popper, Karl R. (1998): *The World of Parmenides. Essays on the Presocratic Enlightenment*, London and New York.

- Popper, Karl R. (2006): Frühe Schriften. [1925–1936] hrsg. von Troels Eggert Hansen mit editorischen Bemerkungen u. e. Nachwort d. Hrsg., Tübingen (Gesammelte Werke in deutscher Sprache Bd. 1).
- Popper, Karl R. (2011): *After The Open Society: Selected Social and Political Writings*, Jeremy Shearmur and Piers Norris Turner (eds.), New York – Oxford.
- Popper, Karl R./Eccles, John C. (1977): *The Self and Its Brain. An Argument for Interactionism*, Berlin – Heidelberg – London – New York; dt.: *Das Ich und sein Gehirn*, 9. Aufl. München – Zürich 1990.
- Popper, Karl R./Kreuzer, Franz (1982): *Offene Gesellschaft – offenes Universum. Ein Gespräch über das Lebenswerk des Philosophen*, Wien.
- Popper, Karl R./Lorenz, Konrad (1985): *Die Zukunft ist offen. Das Altenberger Gespräch*, München – Zürich.

## B. Schriften über Karl Popper

- Ackermann, Robert John (1976): *The Philosophy of Karl Popper*, Amherst.
- Agassi, Joseph (1993): *A Philosopher's Apprentice: In Karl Popper's Workshop*, Amsterdam – Atlanta, GA.
- Alt, Jürgen August (1982): *Die Frühschriften Poppers*, Frankfurt/M.
- Alt, Jürgen August (1992): *Karl R. Popper*, Frankfurt/M. – New York.
- Burke, T. E. (1983): *The Philosophy of Karl Popper*, Manchester.
- Döring, Eberhard (1987): *Karl Popper. Einführung in Leben und Werk*, Hamburg.
- Edmonds, David J. / Eidinow, John A. (2001): *Wie Ludwig Wittgenstein Karl Popper mit dem Feuerhaken drohte. Eine Ermittlung*, Stuttgart – München.
- Fuller, Steve (2003): *Kuhn vs. Popper: Prophets of the End of Science*, Cambridge.
- Gattei, Stefano (2009): *Karl Popper's Philosophy of Science: Rationality Without Foundations*, New York – Oxford.
- Geier, Manfred (1994): *Karl Popper*, Hamburg.
- Grattan-Guinness, Ivor (2010): *Corroborations and Criticisms: Forays with the Philosophy of Karl Popper*, London.
- Hacohen, Malachi Haim (2000): *Karl Popper – The Formative Years, 1902–1945*, Cambridge UK.
- Hayes, Calvin (2008): *Popper, Hayek and the Open Society*, New York – Oxford.
- Keuth, Herbert (2000): *Die Philosophie Karl Poppers*, Tübingen, 2. Aufl. 2011; engl. *The Philosophy of Karl Popper*, 2005, Cambridge UK.
- Kiesewetter, Hubert 2001: *Karl Popper – Leben und Werk*, Eichstätt.
- Magee, Bryan (1973): *Karl Popper*, Fontana Paperback; dt. übers. von Arnulf Kraus, Tübingen 1986.
- O'Hear, Anthony (1992): *Karl Popper*, London – New York (first published in 1980).
- Radnitzky, Gerard (1995): *Karl R. Popper*, Sankt Augustin.

- Raphael, Frederic (1999): Popper (The Great Philosophers Series), New York – Oxford.
- Rowbottom, Darrell (2010): Popper's Critical Rationalism: A Philosophical Investigation, New York – Oxford.
- Sassower, Raphael (2006): Popper's Legacy: Rethinking Politics, Economics and Science, Stocksfield.
- Schäfer, Lothar (1988): Karl R. Popper, München, 3. Aufl. 1996.
- Shearmur, Jeremy (1996): The Political Thought of Karl Popper, London and New York.
- Ter Hark, Michel (2004): Popper, Otto Selz, and the Rise of Evolutionary Epistemology, Cambridge U.K.

### Sammelbände zur Philosophie Karl Poppers

- Boylan, Thomas and O'Gorman, Paschal (eds.) (2007): Popper and Economic Methodology, New York – Oxford
- Bunge, Mario (ed.) (1964): The Critical Approach to Science and Philosophy. Essays in Honor of Karl Popper, Glencoe.
- Catton, Philip / Macdonald, Graham (eds.) (2004): Karl Popper: Critical Appraisals, London.
- Jarvie, Ian / Pralong, Sandra (eds.) (1999): Popper's *Open Society* after fifty Years. The Continuing Relevance of Karl Popper, London and New York.
- Jarvie, Ian / Milford, Karl / Miller, David (eds.) (2006): Karl Popper: A Centenary Assessment, Vol. I–III, Aldershot.
- Kiesewetter; Hubert / Zenz, Helmut (Hrsg.) (2002): Karl Poppers Beiträge zur Ethik, Tübingen.
- Levinson, Paul (ed.) (1982): In Pursuit of Truth: Essays on the Philosophy of Karl Popper on the Occasion of His 80th Birthday, Atlantic Highlands, N. J.
- Markl, Peter / Kadlec, Erich (eds.) (2008): Karl Popper's Response to 1938, Frankfurt a.M.
- Morscher, Edgar (Hrsg.) (2002): Was wir Karl R. Popper und seiner Philosophie verdanken: Zu seinem 100. Geburtstag, Sankt Augustin.
- O'Hear, Anthony (ed.) (1995): Karl Popper: Philosophy and Problems, Cambridge, U.K.
- Parusniková, Zuzana / Cohen, Robert Sonné (eds.) (2009): Rethinking Popper, Springer Science + Business Media B. V.
- Salamun, Kurt (Hrsg.) (1989): Karl R. Popper und die Philosophie des kritischen Rationalismus. Zum 85. Geburtstag von Karl R. Popper, Amsterdam – Atlanta, GA.
- Schilpp, Paul A. (ed.) (1974 I, II): The Philosophy of Karl Popper. The Library of Living Philosophers, Vol. XIV, Book I, II, La Salle, Ill.

## Schriften zum kritischen Rationalismus

- Adorno/ Albert/ Dahrendorf/ Habermas/ Pilot/ Popper (1969): *Der Positivismusstreit in der deutschen Soziologie*, Neuwied – Berlin.
- Agassi, Joseph/ Jarvie, Ian C. (eds.) (1987): *Rationality. The Critical View*, Dordrecht.
- Albert, Hans (1968): *Traktat über kritische Vernunft*, Tübingen.
- Albert, Hans (1971): *Plädoyer für kritischen Rationalismus*, München.
- Albert, Hans (1978): *Traktat über rationale Praxis*, Tübingen.
- Albert, Hans (1982): *Die Wissenschaft und die Fehlbarkeit der Vernunft*, Tübingen.
- Albert, Hans (1987): *Kritik der reinen Erkenntnislehre. Das Erkenntnisproblem in realistischer Perspektive*, Tübingen.
- Albert, Hans (2000): *Kritischer Rationalismus*, Tübingen.
- Albert, Hans (2001): *Plädoyer für kritischen Rationalismus*, Tübingen.
- Albert, Hans (2003): *Kritik des transzendentalen Denkens. Von der Begründung des Wissens zur Analyse der Erkenntnispraxis*, Tübingen.
- Albert, Hans (2011): *Kritische Vernunft und rationale Praxis*, Tübingen.
- Albert, Hans (Hrsg.) (1964): *Theorie und Realität. Ausgewählte Aufsätze zur Wissenschaftslehre der Sozialwissenschaften*, Tübingen.
- Albert, Hans/ Salamun, Kurt (Hrsg.) (1993): *Mensch und Gesellschaft aus der Sicht des Kritischen Rationalismus*, Amsterdam – Atlanta, GA.
- Andersson, Gunnar (1988): *Kritik und Wissenschaftsgeschichte. Kuhns, Lakatos' und Feyerabends Kritik des Kritischen Rationalismus*, Tübingen.
- Bartley III, William W. (1962): *The Retreat to Commitment*, New York; dt.: *Flucht ins Engagement. Versuch einer Theorie des offenen Geistes*, übers. von K. H. Laier, München 1964; neu übers. von K. Pähler, Tübingen 1987.
- Bohnen, Alfred/ Musgrave, Alan (Hrsg.) (1991): *Wege der Vernunft. Festschrift zum siebenzigsten Geburtstag von Hans Albert*, Tübingen.
- Böhm, Jan M. / Holweg, Heiner / Hook, Claudia (Hrsg.) (2002): *Karl Poppers kritischer Rationalismus heute*, Tübingen.
- Carnap, Rudolf (1935): „Popper, Karl: Logik der Forschung. Zur Erkenntnistheorie der modernen Naturwissenschaft“, (Besprechung) in: *Erkenntnis* 5 (1935), S. 290–294.
- Currie, Gregory/ Musgrave, Alan (eds.) (1985): *Popper and the Human Sciences*, Dordrecht.
- Dahms, Hans-Joachim (1994): *Positivismusstreit. Die Auseinandersetzungen der Frankfurter Schule mit dem logischen Positivismus, dem Pragmatismus und dem kritischen Rationalismus*, Frankfurt/M.
- Feyerabend, Paul K. (1975): *Against Method*, London; dt.: *Wider den Methodenzwang*, Frankfurt/M. 1976.
- Feyerabend, Paul K. (1978): *Der wissenschaftstheoretische Realismus und die Autorität der Wissenschaften*, Braunschweig – Wiesbaden.
- Feyerabend, Paul K. (1981): *Probleme des Empirismus*, Braunschweig – Wiesbaden.
- Gadner, Volker/ Wendel, Hans Jürgen, (Hrsg.) (1996): *Rationalität und Kritik*, Tübingen.
- Geier, Manfred (1992): *Der Wiener Kreis. Mit Selbstzeugnissen und Bilddokumenten*, Hamburg.

- Gillies, Donald (1993): *Philosophy of Science in the Twentieth Century. Four Central Themes*, Oxford, U.K. – Cambridge, USA.
- Haller, Rudolf (1993): *Neopositivismus. Eine historische Einführung in die Philosophie des Wiener Kreises*, Darmstadt.
- Hempel, Carl Gustav (1937): „Karl Popper, Logik der Forschung. Zur Erkenntnistheorie der modernen Naturwissenschaft“, (Besprechung) in: *Deutsche Literaturzeitung* 58, H. 8, Sp. 309–314.
- Hempel, Carl Gustav (1977): *Aspekte wissenschaftlicher Erklärung*, Berlin.
- Johansson, Ingvar (1975): *A critique of Karl Popper's methodology*, Stockholm.
- Keuth, Herbert (1978): *Realität und Wahrheit. Zur Kritik des kritischen Rationalismus*, Tübingen.
- Keuth, Herbert (1978): „Methodologische Regeln des kritischen Rationalismus. Eine Kritik“, in: *Zeitschrift für allgemeine Wissenschaftstheorie* 9, S. 236–255.
- Keuth, Herbert (1989): *Wissenschaft und Werturteil. Zu Werturteilsdiskussion und Positivismusstreit*, Tübingen.
- Kraft, Victor (1968): *Der Wiener Kreis. Der Ursprung des Neopositivismus. Ein Kapitel der jüngsten Philosophiegeschichte*, Wien – New York, 3. Aufl. 1997.
- Kuhn, Thomas Samuel (1962): *The Structure of Scientific Revolutions*, Chicago; dt.: *Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen*, Frankfurt/M. 1967.
- Kuipers, Theo A. F. (ed.) (1987): *What is closer-to-the-truth? A parade of approaches to truthlikeness*, Amsterdam.
- Lakatos, Imre (1976): *Proofs and Refutations. The Logic of Mathematical Discovery*, ed. by J. Worrall and E. Zahar, London; dt.: *Beweise und Widerlegungen. Die Logik mathematischer Entdeckungen*, hrsg. von J. Worrall und E. Zahar, Braunschweig – Wiesbaden 1979.
- Lakatos, Imre (1978): *The Methodology of Scientific Research Programmes*, ed. by J. Worrall and G. Currie, Cambridge; dt.: *Die Methodologie der wissenschaftlichen Forschungsprogramme, Philosophische Schriften Bd. 1*, hrsg. von J. Worrall und G. Currie, Braunschweig – Wiesbaden 1982.
- Lakatos, Imre/ Musgrave, Alan (eds.) (1968): *Problems in the Philosophy of Science. Proceedings of the International Colloquium in the Philosophy of Science*, London 1965, vol. 3, Amsterdam.
- Lakatos, Imre/ Musgrave, Alan (eds.) (1970): *Criticism and the Growth of Knowledge. Proceedings of the International Colloquium in the Philosophy of Science*, London 1965, vol. 4, Amsterdam; dt.: *Kritik und Erkenntnisfortschritt*, Braunschweig 1974.
- Lührs, G./ Sarrazin, T./ Spreer, F./ Tietzel, M. (Hrsg.) (1975): *Kritischer Rationalismus und Sozialdemokratie*, Berlin – Bonn-Bad Godesberg.
- Magee, Bryan (1985): *Philosophy and the Real World. An Introduction to Karl Popper*, La Salle, Ill.
- Michalos, A. C. (1971): *The Popper-Carnap Controversy*, The Hague.
- Miller, David (1994): *Critical Rationalism. A Restatement and Defence*, Chicago – La Salle, Ill.
- Miller, David (2006): *Out of Error. Further Essays on Critical Rationalism*, Aldershot.
- Miller, David (Hrsg.) (1995): *Karl R. Popper Lesebuch. Ausgewählte Texte zu Erkenntnistheorie, Philosophie der Naturwissenschaften, Metaphysik, Sozialphilosophie*, Tübingen.

- Musgrave, Alan (1993): Alltagswissen, Wissenschaft und Skeptizismus. Eine historische Einführung in die Erkenntnistheorie, Tübingen.
- Musgrave, Alan (1999): *Secular Sermons: Essays on Realism and Rationalism*. Series in the Philosophy of Karl R. Popper and Critical Rationalism, 12, Amsterdam / Atlanta GA; dt.: *Weltliche Predigten. Essays über Wissenschaft und Philosophie*, Tübingen 2011.
- Musgrave, Alan (2002): „How Popper [Might Have] Solved the Problem of Induction“, in: *Philosophy* 79, S. 19–31.
- Musgrave, Alan (2004): „How Popper [Might Have] Solved the Problem of Induction“, in: *Karl Popper: Critical Appraisals*, ed. by P. Catton and G. Macdonald, London, S. 16–27.
- Neurath, Otto (1935): „Pseudorationalismus der Falsifikation“, in: *Erkenntnis* 5, S. 353–365, (Besprechung von Popper, *Logik der Forschung*).
- Oetjens, Hermann (1975): *Sprache, Logik, Wirklichkeit. Der Zusammenhang von Theorie und Erfahrung in K. R. Poppers „Logik der Forschung“*, Stuttgart-Bad Cannstatt.
- Radnitzky, Gerard/ Andersson, Gunnar (Hrsg.) (1980): *Fortschritt und Rationalität der Wissenschaft*, Tübingen.
- Radnitzky, Gerard/ Andersson, Gunnar (Hrsg.) (1981): *Voraussetzungen und Grenzen der Wissenschaft*, Tübingen.
- Reichenbach, Hans (1935): „Über Induktion und Wahrscheinlichkeit. Bemerkungen zu Karl Poppers ‚Logik der Forschung‘“, in: *Erkenntnis* 5, S. 267–284.
- Salamun, Kurt (Hrsg.) (1991): *Moral und Politik aus der Sicht des Kritischen Rationalismus*, Amsterdam – Atlanta, GA.
- Schupp, Franz (1975): *Poppers Methodologie der Geschichtswissenschaft. Historische Erklärung und Interpretation*, Bonn.
- Seiler, Martin/ Stadler, Friedrich (Hrsg.) (1994): *Heinrich Gomperz, Karl Popper und die österreichische Philosophie*, Amsterdam – Atlanta, GA.
- Sievering, Ulrich O. (Hrsg.) (1988): *Kritischer Rationalismus heute*, Frankfurt/M.
- Simkin, Colin (1993): *Popper's Views on Natural and Social Science*, Leiden – New York – Köln.
- Spinner, Helmut F. (1982): *Ist der Kritische Rationalismus am Ende? Auf der Suche nach den verlorenen Maßstäben des Kritischen Rationalismus für eine offene Sozialphilosophie und kritische Sozialwissenschaft*, Weinheim – Basel.
- Stokes, Geoffrey (1998): *Popper: Philosophy, Politics and Scientific Method*, Cambridge.
- Stove, David C. (1982): *Popper and After. Four Modern Irrationalists*, Oxford – New York – Toronto – Sydney – Paris – Frankfurt/M.
- Vetter, Hermann (1967): *Wahrscheinlichkeit und logischer Spielraum. Eine Untersuchung zur induktiven Logik*, Tübingen.
- Warnock, G. J. (1960): „The Logic of Scientific Discovery. By Karl R. Popper“, in: *Mind* 69, p. 99–101.
- Watkins, John W. N. (1984): *Science and Scepticism*, Princeton; dt.: *Wissenschaft und Skeptizismus*, Tübingen 1992.
- Wettersten, John R. (1992): *The Roots of Critical Rationalism*, Amsterdam – Atlanta, GA.

## Personenregister\*

- Ackermann, R. J. 253  
 Adorno, T. W. 20 f., 254  
 Agassi, J. 18, 21, 80 f., 122, 142 f., 253 f.  
 Albert, D. Z. 217, 235  
 Albert, H. 19, 21, 62, 64 f., 104, 122, 146, 148, 157, 164, 251, 254  
 Alt, J. A. 253  
 Anderson, R. M. 235  
 Andersson, G. 10 f., 153 f., 160, 163 f., 254, 256  
 Aristoteles 30, 47, 62 f., 96 f., 135  
 Armstrong, D. M. 170, 184  
 Audretsch, J. 217, 235  
  
 Bacon 35, 42  
 Balmer, J. J. 89, 107  
 Bartley III, W. W. 18, 22, 53, 65, 68, 81, 142 f., 158, 164, 215, 232, 235, 252–254  
 Bayes, T. 6, 35, 72–74  
 Bell, J. S. 232, 235  
 Bergson, H. 238  
 Berkeley, G. 30, 62  
 Bernoulli, J. 72, 74, 79  
 Bode, J. E. 89  
 Böhm, J. M. 142, 143  
 Bohnen, A. 62, 254  
 Bohr, N. 107, 224  
 Boltzmann, L. 61  
 Bolzano, B. 198  
 Borel, É. 196, 213  
 Born, M. 14, 113, 115 f., 122, 219  
 Bremer, M. 169  
 Brentano, F. 119–121  
 Broad, C. D. 69  
 Brody, B. A. 100 f.  
 de Broglie, L. 224  
 Bromberger, S. 89, 101  
  
 Buchanan, B. G. 239, 250  
 Bühler, A. 12, 217  
 Bühler, K. 1  
 Bunge, M. 18, 21, 81, 224, 235, 254  
 Burckhardt, A. 185  
 Burke, T. E. 253  
 Busch, P. 217, 235  
  
 Carnap, R. 2, 10, 13, 17, 19, 21, 25, 27, 31 f., 35, 40, 42, 130, 133, 147, 190–193, 213 f., 254  
 Church, A. 199, 211, 213  
 Copeland, A. H. 203 f., 213  
 Copi, I. 153, 164  
 Cotes, R. 92  
 Currie, G. 122, 254 f.  
 Cushing, J. T. 232, 235  
  
 D'Agostino, F. 123  
 Dahms, H.-J. 254  
 Dahrendorf, R. 21, 254  
 Davies, P. 235  
 Demokrit 61, 66  
 Descartes, R. 62, 64 f., 87, 92, 119, 121, 133  
 Döring, E. 253  
 Dollfuß, E. 17  
 Düsberg, K. J. 14, 169, 235  
 Duhem, P. 6, 8, 30, 71, 91 f., 94 f., 101 f., 104 f., 112–116, 118, 133, 136, 143  
  
 Eccles, J. C. 252  
 Edgington, D. 180, 184  
 Einstein, A. 14, 108, 113, 115 f., 122 f., 128, 133, 138, 140, 223 f., 235, 238  
 d'Espagnat, B. 218, 235

\* Ich danke den Autoren für ihre Beiträge zur Erstellung und Ergänzung des Personenregisters. Außer ihnen hat auch Herr Thomas Nitz das Register korrigiert.

- Fechner, G. T. 197, 214  
 Feigl, H. 1, 17  
 Feyerabend, P. K. 11, 57 f., 62 f.,  
 65, 95, 112, 122, 163 f., 229, 235,  
 254  
 Feynman, R. P. 230, 235  
 Field, H. 194  
 Fine, T. L. 212 f.  
 de Finetti, B. 212  
 Flew, A. 101  
 Frank, Ph. 1, 17  
 Fréchet, M. 206, 213  
 Fries, J. F. 146 f., 164  
 Fürstenberg F. 164  
  
 Gadenne, V. 9 f., 25, 28, 143, 254  
 Galilei, G. 7, 30, 62, 64, 84, 88,  
 90 f., 102, 130, 138  
 Geier, M. 253, 254  
 Geiringer, H. 214  
 Gillies, D. A. 71, 81, 187, 193,  
 210, 213 f., 254  
 Gödel, K. 17, 18  
 Gomperz, H. 25  
 Good, I. J. 203, 214  
  
 Habermas, J. 21, 254  
 Hacothen, M. H. 2  
 Hahn, H. 17  
 Haller, R. 16, 21, 254  
 Hansen, T. E. 2, 22  
 Hanson, N. R. 238 f., 250  
 Harper, W. H. 194  
 Haufe, E. 187  
 Hausman, D. M. 81  
 Hegel, G. W. F. 19 f., 53  
 Heidelberger, M. 197, 214  
 Heisenberg, W. 14, 218–220,  
 223 f., 226  
 Hempel, C. G. 7, 17, 21, 83, 133,  
 255  
 Hertz, H. 61  
 Hintikka, J. 32, 40  
 Hobson, E. W. 83  
 Holweg, H. 25, 142, 143  
 Hook, C. 25, 142, 143  
 Hoppers, J. 87 f., 91, 102  
 Howson, C. 72, 81, 193, 214  
  
 Hughes, R. I. G. 217, 229, 232,  
 235  
 Hume, D. 3, 27  
 Husserl, E. 119  
  
 Jackson, F. 182, 185  
 Jammer, M. 218, 232, 235  
 Jarvie, I. C. 123, 143  
 Jeffrey, R. C. 32, 40  
 Johansson, I. 255  
  
 Kanitscheider, B. 60 f. 65  
 Kant, I. 3, 26, 53 f., 58 f., 64, 66,  
 238  
 Kamke, E. 199, 214  
 Kaufmann, F. 17  
 Kepler, J. 87, 96, 138, 174, 238  
 Keuth, H. 10 f., 20 f., 22, 169,  
 187, 255  
 Keynes, J. M. 133, 189, 191,  
 213 f.  
 Kim, J. 184 f.  
 Kneale, W. C. 173, 185  
 Kolmogorow, A. N. 14, 21, 194,  
 196, 211, 214  
 Kopernikus, N. 34  
 Kotovsky, K. 246, 250  
 Kraft, V. 1, 16–18, 21, 103, 122,  
 255  
 Kraus, O. 122  
 Kreuzer, F. 252  
 Kripke, S. 59, 66, 176, 185  
 Krips, H. 229, 231 f., 235  
 Kuhn, T. S. 11, 18, 22, 103–105,  
 109, 122, 163 f., 247, 255  
 Kuipers, T. A. F. 40, 138, 143, 255  
 Kutschera, F. 130, 143  
  
 Lakatos, I. 18, 22, 57, 65, 78, 81,  
 104, 109, 122, 133, 140, 143 f.,  
 159, 163 f., 255  
 Lambalgen, M. v. 199, 214  
 Landé, A. 232  
 Lea, G. 246, 250  
 Leblanc, H. 194, 214  
 Lechner, J. 235  
 Leibniz, G. W. 97, 133  
 Leighton, R. B. 235  
 Lenin, W. I. 61

- Leukipp 61  
 Levinson, P. 253  
 Lewis, D. K. 182, 185  
 Li, M. 203, 214  
 Locke, J. 65  
 Lorenz, K. 252  
 Loux, M. J. 170, 185  
 Lührs, G. 255  
  
 Mach, E. 16 f., 30, 61  
 Magee, B. 18, 22, 253, 255  
 Mainzer, K. 217, 235  
 Martin-Löf, P. 199, 202, 214  
 Marx, K. 19  
 Maus, H. 164  
 Maxwell, G. 235  
 McLaughlin, B. 172, 185  
 McMullin, E. 232, 235  
 Mendeleev, D. I. 15, 246, 248 f.  
 Menger, K. 17, 204  
 Michalos, A. C. 192, 214  
 Michelson, A. 107 f., 113, 122,  
 255  
 Mill, J. S. 35, 133  
 Miller, D. C. 113, 115,  
 Miller, D. W. 6, 18, 22, 26, 40, 69,  
 71f., 76, 80f., 142f., 190, 192,  
 201, 206f., 212f., 253  
 Mises, R. v. 13, 17, 195–206, 211,  
 214  
 Mittelstraß, J. 215  
 Morley, E. W. 113  
 Moser, S. 251  
 Müller, K. 236  
 Munevar, G. 95  
 Musgrave, A. 7 f., 18, 22, 25, 57,  
 65, 81, 133, 137, 139, 142 f., 164,  
 254–256  
  
 Nagel, E. 174, 185  
 Neurath, O. 10, 17 f., 22, 147, 255  
 Newell, A. 244  
 Newton, I. 4, 7, 30, 34, 39, 85–87,  
 90–92, 96, 102, 127 f., 130, 138,  
 174  
 Neyman, J. 210  
 Niiniluoto, I. 32, 40  
 Nilsson, N. J. 249 f.  
 Nola, R. 78 f., 81,  
  
 Notturmo, M. A. 22, 214, 252  
 Ockham, W. 65  
 Oetjens, H. 256  
 O'Hear, A. 22, 81, 123, 214, 252  
  
 Pähler, K. 49, 66  
 Parmenides 66  
 Pauli, W. 224  
 Pearson, E. S. 210  
 Peirce, C. S. 129, 238  
 Pilot, H. 21, 254  
 Planck, M. 61, 219  
 Plantinga, A. 175, 185  
 Plato, J. v. 212, 214  
 Platon 19  
 Podolski, B. 14, 223, 235  
 Poincaré, J. H. 30, 121, 122  
 Popper, K. R. 1–8, 10–22, 25–46,  
 48–55, 57, 60 f., 65–68, 70,  
 73–78, 80 f., 83, 96, 98–100,  
 103–107, 109–113, 115–118, 120,  
 125 f., 128–152, 154–156, 158 f.,  
 161–182, 184 f., 187–197,  
 199–213, 215, 218–229, 231–233,  
 235, 237–240, 242, 250–255  
 Ptolemäus, C. 34, 87  
  
 Quine, W. V. O. 6, 8, 71, 104 f.,  
 112–116, 118  
  
 Radnitzky, G. 68, 81, 144, 164,  
 253, 256  
 Ramsey, F. P. 212  
 Redhead, M. L. G. 217, 226, 232,  
 235  
 Reichenbach, H. 22, 27 f., 31 f.,  
 105, 204, 215, 256  
 Reidemeister, K. 17  
 Rescher, N. 237  
 Riemann, G. F. B. 61  
 Rosen, N. 14, 223, 235  
 Rümelin, G. 197  
 Russell, B. A. W. 39, 90, 121, 123,  
 171, 185  
  
 Salamun, K. 255, 254, 256  
 Salmon, W. C. 140, 144  
 Sands, M. L. 235  
 Sarkar, H. 78, 81

- Sarrazin, T. 255  
Sartre, J.-P. 121, 123  
Schäfer, L. 253  
Scheibe, E. 230, 235  
Schiff, W. 1  
Schilpp, P. A. 18, 22 f., 40, 43, 66,  
81, 105, 123, 164, 215, 252 f.  
Schlick, M. 1, 3, 16, 17  
Schmitz, H. 60 f., 66  
Schnädelbach, H. 61, 66  
Schopenhauer, A. 47  
Schroeder-Heister, P. 12 f., 187,  
190, 193, 196, 210, 215  
Schrodinger, E. 14, 219, 222, 224,  
227, 230, 235  
Schupp, F. 255  
Schurz, G. 4, 25, 28, 32, 40, 137, 139  
Seiffert, H. 144  
Seiler, M. 25, 256  
Shimony, A. 217, 233, 236  
Sievering, U. O. 255  
Simkin, C. G. F. 256  
Simon, H. 15 f., 240, 246, 249 f.  
Smith, B. 185  
Sosa, E. 184 f.  
Specht, R. 65 f.  
Spinner, H. 256  
Spinoza, B. 65  
Spreer, F. 255  
Stadler, F. 25, 256  
Stalnaker, R. 182, 185  
Stegmüller, W. 19, 23, 190, 192 f.,  
206, 213, 215  
Stöckler, M. 229, 236  
Stove, D. C. 256  
Ströker, E. 49, 66  
Suppes, P. 32, 40, 77, 81, 153, 164  
Swinburne, R. 28, 40  
Tarozi, G. 81  
Tarski, A. 10, 120 f., 134, 159, 194  
Thomas von Aquin (Aquinas) 95  
Thurstone, L. L. 246  
Tietzel, M. 255  
Topitsch, E. 19, 23  
Urbach, P. 72, 81  
van Fraassen, B. 92, 102  
Vetter, H. 130, 144, 190, 193, 215, 256  
Ville, J. 199, 215  
Vitányi, P. 203, 214  
Wächtershäuser, G. 71, 81  
Waismann, F. 17 f., 190, 200, 213,  
215  
Wald, A. 204, 206, 215  
Warnock, G. J. 16, 23, 256  
Watkins, J. W. N. 111, 123, 255  
Weierstraß, K. T. W. 198  
Weingartner, P. 32, 40  
Weizsäcker, C. F. 223  
Wendel, H. J. 5 f., 66, 254  
Westfall, R. S. 92, 102  
Wettersten, J. R. 53, 66, 136, 142,  
144, 256  
Whewell, W. 133  
Whitaker, A. 217, 236  
Whitehead, A. N. 171, 185  
Wittgenstein, L. 3, 5, 17, 20, 190  
Worrall, J. 122, 255  
Xenophanes 125  
Zahar, E. G. 8, 49, 107, 110, 119,  
122, 123, 133, 255  
Zeller, E. 64, 66

## Sachregister\*

- Abgrenzung (demarcation) 3, 5 f.,  
19, 41–43, 45 f., 54–57, 65, 116
- Abgrenzungskriterium (criterion of  
demarcation) 3, 5, 8, 13, 19, 42–  
46, 48 f., 52–55, 57, 73, 76 f.,  
103, 109, 149, 151, 201
- Abgrenzungsproblem 1, 3, 5, 41–45
- Algorithmus 15, 244 f., 249
- Allsatz (universal statement)  
(s. Satz) 44, 47, 149, 152, 167,  
171, 173 f., 176–178, 182, 200
- Alternativ 13, 197–199, 203
- Anfangsbedingung (initial condition)  
(s. Randbedingung) 7, 83, 88,  
90, 245
- Äquivalenz, logische 192 f.
- Aussage (statement) (s. Satz) 9 f.,  
12, 38 f., 41, 44, 46–54, 56–58,  
60, 64, 70 f., 73, 76, 79, 83, 95 f.,  
100, 104, 106, 108–112, 114 f.,  
118–121, 127, 129 f., 133–138,  
141 f., 167 f., 175, 197, 225 f., 240
- gesetzesartige 174
- der Ebene 0 (level-0 proposition /  
statement) 110 f.
- autopsychologische(r) Aussage (Satz)  
(autopsychological statement) 9,  
110 f., 113–115, 118 f.
- Axiom 13 f., 189, 191–194,  
197–199, 226 f., 241, 249
- Basis, empirische (empirical  
basis) 62, 68, 109, 120, 122,  
145, 147, 155, 241
- Basisproblem 10, 145, 163 f.
- Basissatz (basic statement) 6, 8–11,  
13, 26, 48, 50, 109 f., 112 f.,  
117–120, 122, 127, 134 f.,  
145–152, 154–164, 190, 205 f.
- Anerkennung d. 11, 109, 158
- Fallibilität d. 11, 147, 149
- formale Forderungen an 11, 150 f.
- inhaltliche Forderungen an 11, 155
- Prüfung d. 10 f., 155–160
- Relativität d. 155
- Bayessches Theorem (Bayes'  
theorem) 35
- Bayesianismus 6, 70, 72–74, 212 f.
- Begriff (concept) 16, 55 f., 125,  
130, 133 f., 159, 168–172, 181,  
184, 194, 201, 206, 212, 246
- empirischer 55
- theoretischer 4, 30, 33, 35
- Begründung (justification)  
(s. Rechtfertigung, Verifikati-  
on) 11, 26 f., 31, 35 f., 64, 69,  
105, 109, 125, 142 f., 145–147,  
158, 161 f., 196, 205, 242–244
- Begründungsphilosophie 158, 163 f.
- Begründungstrilemma (s. Trilemma)
- Bells Ungleichung  
(Theorem) 232 f.
- Beobachtbar(keit) (observable) 6,  
11, 51, 60, 62, 65, 155, 161
- Beobachtung (observation) 3 f.,  
8 f., 11, 13, 30, 32 f., 36, 42, 58,  
62, 64, 97, 106, 109–111, 117,  
121, 134, 150, 155 f., 158, 162 f.,  
168, 197, 205–207, 211, 226,  
229 f., 233, 249

\* Ich danke den Autoren für ihre Vorschläge zur Erstellung und zur Ergänzung des Sachregisters. Elie Zahar hat mir nahegelegt, die englischen Übersetzungen, die manchen Einträgen beigelegt sind, stark zu vermehren. Sie stammen deshalb zu einem großen Teil von ihm. Neben den Autoren hat auch Herr Thomas Nitz das Register korrigiert.

- Beobachtungssatz (observation statement) 4–6, 8, 13, 26, 28, 31, 42, 44, 56, 118, 132, 136, 140, 239  
 Beschluß (s. Entscheidung) 11, 13, 161, 206, 208  
 Bestätigung (confirmation) 69, 80, 107, 114 f., 118, 127, 133, 142, 191, 233  
 Bestätigungsfunktion 191, 193  
 Bestätigungsgrad (degree of confirmation) 4, 31–33, 80  
 Bewährung (corroboration) 4, 8–10, 19, 26, 28, 30 f., 37, 68 f., 79, 106–108, 113, 115, 125–128, 130–143, 157, 162, 187, 191 f., 210  
 Bewährungsgrad (degree of corroboration) 10, 33, 80, 107, 126–128, 130, 132, 134, 137, 141, 143, 191–193, 210  
 Beweis (justification / proof) (s. Verifikation) 3 f., 8, 11, 50, 109, 146, 153 f., 179  
 Boolesche Algebra 194  
  
 Ceteris paribus Klausel 104, 114  
  
 Daten (data) 15, 31 f., 34, 94, 108, 134, 239, 243, 249  
 Deduktivismus 73  
 Deskriptivismus 83, 85, 87, 89 f., 92, 101  
 Determinismus 19, 50, 223 f.  
 Disposition 4, 12, 37, 109, 167, 169, 172  
 Dispositionsprädikat (dispositional term) 109  
 Doppelspalt-Experiment 14, 217, 227–232, 234  
 Duhem-Quine-These, -Problem 6, 8, 104 f., 112–115, 117  
  
 Effekt, wiederholbarer 71, 209  
 Einfachheit (simplicity) 77  
 empirisch (empirical) 17, 26 f., 45 f., 48, 50 f., 54, 57 f., 62, 64, 103, 126, 128, 133, 145, 159, 203, 208, 225  
 Empirismus 3, 20, 31, 44, 48, 62, 110, 147  
 Entdeckung ((law) discovery) (s. Logik der E.) 4, 15 f., 30 f., 74, 85, 99 f., 105–107, 116, 237–249  
 normative Theorie der E. 15, 237, 241–247, 249 f.  
 Entdeckungsprozeß (law / pattern discovery process) 238, 241–247, 249  
 Entscheidbarkeit (v. Wahrscheinlichkeitshyp.) 205–211  
 Entscheidung (decision) 6–8, 20 f., 33, 37, 70–76, 78, 80, 103, 109, 115, 118, 126, 136, 158–161, 163  
 methodologische 71–73, 104  
 Ereigniswahrscheinlichkeit 194  
 Erfahrung (experience) 3, 6, 10 f., 45 f., 48 f., 52, 54, 57 f., 64, 67, 73, 79, 99, 104, 109, 116, 119, 122, 141, 145 f., 148, 155–162, 168 f., 191, 195, 238, 241  
 Erfahrungswissenschaft (empirical science) 41–43, 46, 48 f., 53, 55–57  
 Erkenntnis 2 f., 17, 30, 43 f., 52, 56, 58–60, 62 f., 125, 135 f.  
 Erkenntnisfortschritt (progress of knowledge) 2, 130  
 Erkenntnismetaphysik 6, 59 f.  
 Erkenntnistheorie (epistemology) 1, 6, 15, 28, 44, 52, 55, 58, 61 f., 64, 67–69, 80, 97 f., 109, 122, 125, 135, 195, 200, 205  
 evolutionäre (evolutionary epistemology) 68  
 Erklärung (explanation) 7 f., 11, 55, 83 f., 86–101, 106, 110, 169, 175 f., 239  
 echte (real) 84, 90–94, 100  
 kausale (causal) 90  
 letzte (ultimate) 84, 91–99, 101, 175 f.  
 DN-Modell der E. 7, 83, 89, 104, 239  
 Erklärungsasymmetrien (explanatory asymmetries) 89  
 Essentialismus 8, 96–101, 173, 175 f.

- experimentum crucis (crucial experiment) 130  
 Extrapolation 30, 243 f.  
 Fallibilismus 95, 163  
 Falschheit, falsch (falsity / false) 47 f., 58 f., 84, 95, 99, 101, 104 f., 110, 134, 138, 149, 153, 159–161, 171, 179 f., 241  
 Falsifikation (s. Widerlegung) 9, 11, 28, 70 f., 74–76, 105, 108 f., 111 f., 115 f., 126–128, 130, 135 f., 141 f., 148, 152, 154, 157 f., 160, 163, 206–211  
 praktische 13, 206  
 Falsifikationismus 7, 73, 78, 95, 104, 111, 135  
 Falsifikationsmöglichkeit 151–154, 157, 191  
 Falsifizierbar(keit) (falsifiability) 3, 5 f., 8, 11, 45–54, 56 f., 71, 76 f., 79, 103, 109, 136, 149–151, 171 f., 189–191, 204 f., 207–209  
 empirische 46, 48, 51, 53 f., 104  
 logische 51  
 Grad der F. (degree of falsifiability) 12, 76 f., 128, 189 f.  
 Kriterium der 5 f., 46, 57, 76, 104  
 Fehlbar(keit) (fallibility) 2, 11, 121, 125, 136, 140, 145 f., 157, 160–163  
 Festsetzung 11, 45, 64, 158 f., 161, 207  
 Fiktionalismus 83, 86 f.  
 Folge (sequence) 13, 197 f., 200–208, 210 f., 242–247  
 Forschungslogik 6, 26, 52  
 Forschungsprogramm (research program) 80  
 Führwahrhalten 126  
 Gehalt (content) 10, 53, 80, 132, 134, 141–143  
 empirischer 9, 49 f., 53, 55, 79, 128, 132–134, 189, 206  
 logischer 50  
 metaphysischer 56  
 Falschheitsgehalt (falsity content) 80  
 Wahrheitsgehalt (truth content) 80  
 Gesetz (law) (s. Theorie) 14 f., 26, 30, 68, 78, 83–87, 89–94, 96, 103, 106, 108, 116 f., 169, 172, 174, 180, 223 f., 233, 238–243, 249  
 allgemeines (universal) 78 f., 103, 193, 238  
 erklärendes (s. Theorie)  
 kausales (causal) 90, 223  
 psychophysisches (psycho-physical) 9, 111 f., 121  
 Gesetzesaussage (-hypothese) 12, 26, 46 f., 127, 167, 169, 173 f., 176, 178–180, 182, 223  
 Grenzwertsaxiom 13, 196–201, 204 f.  
 Grund 34, 37–39, 44, 55, 58, 64, 75, 84–87, 89 f., 93, 99, 107, 109, 114, 118, 122, 137, 139 f., 142, 160 f., 194, 213, 229, 239 f.  
 kritischer 34, 36, 38, 139  
 positiver 34, 36, 38 f., 139, 142  
 rationaler 39, 137  
 Häufigkeitsgrenzwert 197–207, 210–212  
 Heisenbergsche Unbestimmtheitsrelationen (indeterminacy relations) 14, 218–221, 226  
 Interpretation als statistische Streuungsrelationen 14, 218, 220 f., 226  
 Heuristik 53, 97, 246  
 Hilfhypothese (auxiliary assumption) 71, 113 f., 136, 156, 160  
 Hintergrundwissen (background knowledge) 8, 107, 129, 131  
 Hypothese (s. Wahrscheinlichkeits) 3 f., 9–12, 27, 31, 35, 43, 56, 68 f., 71, 75–79, 86, 95, 103 f., 106–110, 112 f., 116, 118, 120–122, 125–127, 136 f., 140 f., 147–150, 152, 157, 160, 169, 189, 191, 194, 200, 206, 209 f., 224  
 ad hoc H. 56, 209  
 generelle (universelle) 4, 8, 11, 70 f., 148 f., 151–154, 157 f., 160–162  
 statistische 35, 194 f., 210 f.

- Hypothesenwahrscheinlichkeit (probability of hypotheses) 192
- Idealismus 16, 20, 59, 64
- Immunsierung(ssstrategie) (immunisation) 8, 55 f., 104
- Indeterminismus 14, 19, 61, 223–225
- Individuale 169–171, 174, 176
- Induktion 3 f., 12, 19, 25 f., 28–31, 37–40, 42–45, 69, 137, 140, 168 f., 182, 241–244
- empirische 4, 29 f.
- logische 4, 29, 31, 33, 242
- pragmatische 4, 29, 36 f., 39 f.,
- Induktionslogik (s. Logik) 26 f., 31, 40, 44 f., 127
- Induktionsprinzip (principle of induction) 4, 26–29, 36–39
- Induktionsproblem (problem of induction) 1, 3, 5, 15 f., 25–28, 30, 33, 41, 44, 69, 242 f., 249
- Induktionsschluß (inductive inference) 26, 30, 38, 73
- Induktivismus 132, 182
- Informationsgehalt (informative content) 5, 48, 52–54, 211
- Inkommensurabilität 11, 163
- Instrumentalismus 7, 83, 86, 89, 92, 94 f., 101, 224
- Interferenz-Effekt 228, 230–232
- Intuition 27, 30, 88, 107, 238 f., 244
- Irrtum (error) 9, 79, 111, 118, 131, 142, 163
- Kausalität (causality) 58, 61, 64, 78, 89, 224
- Kollektiv (≠ ensemble) 13, 197, 199 f., 211 f.
- Konditional(satz) (conditional statement) 178, 182
- kontrafaktisch (counter-factual) 180–182
- material 171, 179, 181
- der Naturnotwendigkeit (of natural necessity) 178 f., 181 f.,
- nomisch 178–181, 183 f.
- subjunktiv 12, 176 f., 179–184
- Konvention 7, 68, 73 f., 78, 97, 112, 158, 161, 163
- Konventionalismus 5, 11, 75, 78, 110, 157–159, 164
- konventionalistische Strategie (conventionalist stratagem) 75
- konventionalistische These (conventionalist thesis) 8, 110, 112, 116 f., 120
- Kreativität (creative intuition) 14, 30, 238, 244, 247
- Kriterium (criterion) 15, 41–44, 51–54, 58, 77, 207, 209, 246
- Kritik (criticism) 7, 20, 103, 112, 125, 135–137, 142, 160
- Kritizismus 95, 157, 163
- Kühnheit (von Hypothesen) (boldness) 43, 79, 141
- Logik (logic) 15, 43, 67 f., 70 f., 74, 78, 80, 106, 115, 193 f., 239 f., 242
- induktive 26, 31, 35, 69, 140, 190 f., 213, 242
- of discovery 15, 67, 237–239, 244, 247–250
- of knowledge 238
- of (scientific) method 15, 240
- of retroduction 239
- of science 72, 239
- of verification 237
- logische Analyse (logical analysis) 15, 69 f., 88, 218, 238, 240–242
- Maßstab (standard) 103, 240
- Metaphysik 5–7, 13 f., 19, 41–46, 50, 52–62, 64 f., 77–80, 83, 98, 100, 174, 208, 221, 223 f.
- Methode 1, 5, 7, 15, 20, 28, 30 f., 35, 37 f., 45, 48 f., 67 f., 74 f., 78–80, 95, 112, 117, 130, 135, 160, 194, 238 f.
- empirische (empirical) 67
- induktive (inductive) 26 f., 42, 44, 69
- kritische (critical) 53, 125, 130
- logische (logical) 238 f.
- von Vermutung und Widerlegung (of conjectures and refutations) 80

- von Versuch und Irrtum (trial and error) 31, 35  
 wissenschaftliche (scientific method) 38, 67–69, 74 f., 78  
 Methodologie (Methodenlehre) (s. Regel) 1, 5–7, 42, 46, 48, 51 f., 67–70, 72, 77 f., 80, 99, 103, 105–107, 110, 117, 125, 129, 133, 140 f., 173, 182, 206–209  
 mögliche Welten (possible worlds) 179–184  
 Möglichkeitsraum, sprachlicher 32 f., 35  
 Muster (pattern) 15 f., 107, 239, 243–246, 248–250  
 -erkennung (pattern detection / discovery) 246, 250  
  
 Nachwirkungsfreiheit 13, 202–204, 206–208, 211  
 Naturalismus 67 f., 74  
 Naturgesetz (law of nature) 3, 5, 12, 78, 87 f., 99, 167, 173–175, 178, 181–184, 193  
 Naturnotwendigkeit (natural necessity) 12, 167, 173, 175–178, 180–182, 184  
 Notwendigkeit (necessary / necessity) 11, 59, 72, 97, 100, 151, 158, 173–175, 177, 182, 208  
 Nutzen, erwarteter (expected utility) 6, 72, 79  
  
 Objektivität (objectivity) 9 f., 78, 121, 147 f.  
  
 Paradigma 103 f., 108  
 Phänomen (phenomenon) 9, 61, 83, 86–88, 91–93, 97, 112 f., 116, 147, 237  
 Phänomenalismus 183  
 Phänomenologie 9, 110 f., 116, 119–122  
 phänomenologische Analyse (phenomenological analysis) 9, 118 f.  
 - Reduktion 9, 111, 119, 121  
 - These (-thesis) 8 f., 111 f., 116–118, 122  
  
 Positivismus 16, 20, 44 f., 70  
 Prinzip der kritischen Prüfung 147 f.  
 Prinzip der Rückübertragung der Falschheit (principle of the retransmission of falsity) 149, 153  
 Prinzip des zureichenden Grundes 146–148  
 Prognose (prediction) 6–9, 11, 28, 33, 37, 83, 88, 97, 104, 111, 121, 126, 128, 130, 148 f., 152–154, 156, 195, 221, 233, 239, 242 f., 249  
 Protokollsatz (protocol statement) 8, 10, 103, 118 f., 147  
 Prüfbarkeit (testability) 10, 12, 49, 51, 53 f., 57, 73, 77–79, 96, 99, 105, 112, 128, 155, 187, 189, 191, 209  
 empirische 13, 49–53, 56, 79, 89, 205, 223  
 intersubjektive 148, 155, 157  
 -sgrad (degree of) 128, 190 f.  
 Prüfsatz (test statement) 145, 163  
 Prüfung (Nachprüfung) (s. Test) 9, 11, 15, 27 f., 31, 45, 49, 52, 103, 112, 115–118, 121, 125, 127–130, 132, 136 f., 141, 148, 155–159, 162 f., 191, 195, 210, 241, 243  
 empirische 5, 48, 51 f., 55, 57, 60, 121, 126, 129, 159 f., 202, 205, 223  
 kritische 9, 125, 139, 142, 147 f., 157 f., 160–162  
 strenge (severe) 9 f., 127–132, 134, 137 f., 162  
 Pseudowissenschaft (pseudoscience) 5 f., 41–44, 55  
 Psychologie 27, 61, 69 f., 74, 77, 105 f., 114, 116–119, 122, 158, 238–240, 242, 246, 250  
 Psychologismus 27, 110, 145–148, 157 f.  
  
 Quantenmechanik (quantum mechanics) 14 f., 19, 61, 68, 188, 217–235  
 Kopenhagener Interpretation 14, 61, 218, 223, 225, 232

- statistische Interpretation (statistical I.) 219–221, 223, 226, 232
- Randbedingung (boundary condition) (s. Anfangsbedingung) 7 f., 104, 111, 113–115, 127, 131, 148 f., 152–154, 178, 181, 184
- Rationalismus, kritischer (critical rationalism) 2, 19, 21, 78, 125, 136, 142
- Rationalität 26, 33 f., 36, 38, 60, 74, 78–80, 126, 135–138, 142
- Realismus 7–9, 20, 39 f., 61, 64, 83 f., 90, 92, 100 f., 120, 122, 158, 176, 232 f.
- Realität 8 f., 40, 98 f., 111, 119–121, 125
- Rechtfertigung (justification) (s. Begründung) 26, 36, 125, 136, 139, 168, 206, 208
- Regel, methodologische (methodological rule) 6–8, 53, 69, 72–79, 135, 208–210, 224
- Regellosigkeit 13, 196–198, 200–205, 210
- Regellosigkeitsaxiom 197–200, 203, 205
- Reproduzierbarkeit (repeatability) 209
- retrodution 238, 239
- Robison Crusoe Einwand (R. C. objection) 116
- Sachverhalt (state of affairs) 7, 9, 222, 231
- Satz (sentence, statement (proposition)) (s. Allsatz, Basissatz, Konditionalsatz, Prüfsatz) 3, 5, 9, 45, 47, 50, 111, 126, 146–148, 155 f., 159, 161, 167, 180–182, 189–191, 213, 248
- allgemeiner (genereller, universeller) 5, 26, 46 f., 70 f., 76, 120, 127, 160 f., 167–169, 171, 173 f., 176 f.,  
 analytischer 5 f., 49, 54–57  
 besonderer (singulärer) 5, 7, 11 f., 26, 47 f., 70 f., 105, 109 f., 127, 129, 149, 151 f., 154 f., 160–162, 168 f., 171
- empirischer 5 f., 47, 49–51, 55, 57 f., 60, 148
- Es-gibt-Satz, (Existenzsatz) (existential statement) 46 f., 149–152
- singulärer 10 f., 150 f., 171 f.  
 universeller 171
- falsifizierbarer (falsifiable) 6, 52
- informativer 51 f., 57
- metaphysischer 5 f., 49, 51 f., 55, 57–60, 200 f.
- naturnotwendiger (having natural necessity) 167, 175, 178 f., 181 f., 184
- numerisch allgemeiner 177 f.  
 sinnvoller (meaningful) 5, 52
- synthetischer 5, 26, 49 f., 53 f., 58 f., 103
- a priori 58 f.
- Schachspiel (chess) 74, 240 f.
- Scheinsatz (pseudo-statement) 5, 44
- Schrödinger-Gleichung (Schrödinger's equation) 14, 219, 222, 227, 230 f.
- Semantik, probabilistische (probabilistic semantics) 194
- Sicherheit (certainty) 9, 85, 94 f., 97, 99–101, 118 f.
- Sinneserfahrung (sense experience) 8, 62, 109, 146
- Sinnkriterium (criterion of meaningfulness) 5, 42, 44, 65, 201
- Skeptizismus 125, 142
- Spielraum, logischer 190
- Spielsystem 198 f.
- Sprache 9, 12, 120, 130, 183
- Statistik, klassische Theorie 70
- Strategie 56, 110, 240 f.
- Stützung (von Theorien) (support) 132, 192
- Superposition(szustand) 230 f., 233
- Tarski-Schema 120
- Tautologie 50, 134, 141, 191, 193

- Test (s. Prüfung) 10, 76, 79, 116, 128, 132, 141, 238, 240 f., (243), 249
- strenger (severe test) 73
- normative theory of law testing 241 f.
- Testtheorie, statistische 210 f.
- Theorem 80, 104, 119, 227, 248
- Theorie (s. Gesetz) 3 f., 6–8, 10–12, 14 f., 26–28, 30–34, 36–39, 43, 48, 61–63, 67–69, 71, 73 f., 79 f., 83 f., 88, 90, 92, 94 f., 99, 101, 103–107, 109 f., 115–118, 120–122, 125–142, 147–149, 153–155, 157–159, 161–163, 168 f., 175 f., 178, 181, 188–191, 193–196, 199, 204, 211, 213, 217 f., 220 f., 226, 232 f., 238–240
- beschreibende (descriptive) 7, 84 f., 87, 90
- erklärende (explanatory) 7, 83–88, 92
- normative d. Entdeckung (s. Entdeckung)
- d. Problemlösens (problem solving) 249
- d. Prüfung (testing) 241 f.
- statistische 70, 219, 225
- Transzendenz der Darstellung (transcendence inherent in any description) 10 f., 146, 155, 167–169
- Trilemma (Begründungs-, Münchenhausen-) 11, 145 f., 157
- Übereinstimmung, intersubjektive (agreement / consensus) 109 f., 113, 116, 118, 120
- mit den Tatsachen (correspondence to the facts) 135
- Universale 12, 146, 167, 169–172, 174, 176
- Ursache (cause) 50, 58 f., 90
- Urteil (s. Aussage, Satz) 6, 9, 54, 59, 65
- Verallgemeinerung (generalization) 30
- Verifikation (s. Beweis) 13, 28, 69, 109, 113, 122, 126 f., 142, 145 f., 155, 157 f., 162, 237
- Verifizierbarkeit (verifiability) 3, 5, 8, 42, 44 f., 47, 50, 70 f., 103, 167, 171, 193
- Vermutung (conjecture) 11, 30, 34, 39, 79, 98 f., 105, 115, 139, 159, 161 f., 201, 248
- Versuch und Irrtum (trial-and-error) (s. Widerlegung) 2, 7, 30 f., 35, 37, 245
- Vorhersage (s. Prognose)
- Vorzugswürdigkeit, praktische 139–142
- wahr, Wahrheit (true / truth) 3, 8–12, 30 f., 34, 36, 38 f., 47 f., 52, 54, 58 f., 76, 79 f., 84, 94 f., 97, 100 f., 105, 110, 112 f., 117, 119 f., 125–127, 133–135, 137–142, 149, 157, 159, 161, 171, 179–182, 184
- Annäherung an die W. (approximation to) 125, 135
- Wahrheitsdefinition, -begriff (definition / concept of truth) 10, 159, 194
- Wahrheitsidee 135
- Wahrheitsnähe (versimilitude) 4, 10, 30–36, 38 f., 138–141
- Wahrheitstheorie (theory of truth) 159, 187
- Korrespondenztheorie 9 f., 120–122, 135
- semantische 120
- Wahrnehmung (perception) 10, 62, 68, 109 f., 147, 239
- Wahrscheinlichkeit (probability) 10, 12–14, 25, 27, 32, 35, 39, 69–73, 80, 98, 114 f., 118, 126 f., 129 f., 133 f., 140 f., 183, 187–215, 218 f., 222, 225–227, 229, 231, 233
- absolute 12 f.
- apriorische 10, 191, 193 f.
- bedingte (conditional) 13, 193

- induktive 4, 31–35, 140, 190 f.  
 logische 12, 32, 133 f., 189–194,  
 212 f.  
 objektive 189, 212 f., 226  
 statistische 13, 32, 187–190,  
 194–212  
 subjektive 6, 189, 212 f., 225, 229  
 Axiomatik 192–194  
 Häufigkeitstheorie (frequency  
 theory) 13 f., 19, 188 f.,  
 194–205, 225 f.  
 Propensitätstheorie (propensity  
 theory) 13 f., 19, 188 f., 195,  
 210–212, 225 f.  
 Wahrscheinlichkeitshypothese  
 (probabilistic hypothesis) 6, 13,  
 70 f., 205–211  
 Wahrscheinlichkeitskalkül (probabi-  
 lity calculus) 182  
 Wahrscheinlichkeitslogik 194  
 Wahrscheinlichkeitsmetaphysik 207 f.  
 Wahrscheinlichkeitstheorie 25, 68,  
 134, 190–192, 194–196, 205, 208,  
 227, 229  
 widerlegbar 13, 50 f., 103, 111  
 Widerlegung (s. Falsifikation)  
 (refutation) 3 f., 8, 10, 25, 45,  
 48, 57 f., 104–106, 113–116, 118,  
 122, 129, 136, 162 f., 210  
 Wiener Kreis (Vienna Circle) 1, 5,  
 8, 16–19, 41–44, 103, 105, 147, 200  
 Wirklichkeit, Annäherung an  
 die 140  
 Wissen (knowledge) 2, 4, 20, 30,  
 60, 67 f., 76, 80, 85, 92, 118,  
 128 f., 131, 219, 238  
 Wissenschaft, (-lich) (science /  
 scientific) 5–7, 11, 13, 17 f.,  
 41 f., 45–47, 51, 53–55, 61, 63,  
 65, 68–73, 76–79, 83, 92 f., 99,  
 103, 109, 112, 116 f., 122, 125,  
 127, 135 f., 142, 145, 151, 161 f.,  
 217  
 empirische 5, 13, 20, 26 f., 41–43,  
 45–47, 49, 52, 57, 67, 71, 119,  
 206, 238, 240 f.  
 normale 247 f.  
 revolutionäre 247–249  
 Wissenschaftslogik (logic of  
 discovery / knowledge /  
 retroduction) 2 f., 238 f.  
 Wissenschaftstheorie (philosophy of  
 science) 2, 4, 6, 18–20, 25, 29,  
 40, 54, 72, 105, 125, 159, 164,  
 195  
 Ziel (aim, goal) 76, 92, 125, 135,  
 142, 240 f., 246  
 Zufall 19  
 Akkumulation von Zufällen 71, 207  
 zufallsartig 13, 201–208, 211  
 Zufallsfolge 13, 197–201, 203, 206–  
 209



## Hinweise zu den Autoren

*Gunmar Andersson*, geb. 1942, studierte Philosophie und Wissenschaftstheorie in Lund und Göteborg (Schweden). Professor für Philosophie und Wissenschaftstheorie an der Universität Umeå (Schweden). *Wichtigste Veröffentlichungen*: Kritik und Wissenschaftsgeschichte. Kuhns, Lakatos' und Feyerabends Kritik des Kritischen Rationalismus (1988, engl. 1994); Creativity and Criticism in Science and Politics (Hrsg., 1984); Mitherausgeber von: Fortschritt und Rationalität der Wissenschaft (1980); Voraussetzungen und Grenzen der Wissenschaft (1981); Wissenschaftstheorie und Wissenschaften (1991). Zahlreiche Aufsätze zum kritischen Rationalismus.

*Axel Bühler*, geb. 1947, Studium der Soziologie, Philosophie und Wissenschaftstheorie in Wien, Heidelberg und Mannheim. Studien- und Forschungsaufenthalte an den Universitäten Stanford und Princeton. Seit 1995 Professor für Philosophie an der Universität Düsseldorf. Arbeitsschwerpunkte: Sprachphilosophie, Wissenschaftstheorie der Geistes- und Sozialwissenschaften, Geschichte der Hermeneutik. *Wichtigste Veröffentlichungen*: Die Logik kognitiver Sätze (1983); Bedeutung, Gegenstandsbezug, Skepsis (1987); Einführung in die Logik (1992); Unzeitgemäße Hermeneutik (Hrsg., 1994). Zahlreiche Aufsätze zu Themen aus den genannten Schwerpunktgebieten.

*Klaus Jürgen Düsberg*, geb. 1944, Privatdozent für Philosophie an der Universität Düsseldorf. *Wichtigste Veröffentlichungen*: Zur Messung von Raum und Zeit (1980). Zahlreiche Aufsätze zu wissenschaftstheoretischen Themen.

*Volker Gadenne*, geb. 1948, Professor für Philosophie und Wissenschaftstheorie an der Universität Linz. *Wichtigste Veröffentlichungen*: Theorie und Erfahrung in der psychologischen Forschung (1984); Bewußtsein, Kognition und Gehirn (1996); Rationalität und Kritik (Hrsg. mit H. J. Wendel, 1996). Wirklichkeit, Bewusstsein und Erkenntnis: Zur Aktualität von Moritz Schlicks Realismus (2003); Philosophie der Psychologie (2004). Zahlreiche Artikel zur Methodologie Karl Poppers.

*Herbert Keuth*, geb. 1940, Professor für Wissenschaftstheorie an der Universität Tübingen. *Wichtigste Veröffentlichungen*: Realität und Wahrheit. Zur Kritik des kritischen Rationalismus (1978); Wissenschaft und Werturteil. Zu Werturteilsdiskussion und Positivismusstreit (1989); Erkenntnis oder Entscheidung. Zur Kritik der kritischen Theorie (1993); Die Philosophie Karl Poppers (2000, 2011); The Philosophy of Karl Popper (2005). Zahlreiche Aufsätze zu Wissenschaftstheorie, Logik und Ethik.

*David Miller*, geb. 1942, Reader Emeritus in Philosophy an der University of Warwick, Secretary of the British Logic Colloquium 1993–2001. *Wichtigste Veröffentlichungen*: Critical Rationalism. A Restatement and Defence (1994); 'Why Probabilistic Support is Not Inductive', Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series A 321, 1562, 30 April 1987, pp. 569–591 (mit

Karl Popper); Popper Lesebuch (Hrsg., 1995); Out of Error. Further Essays on Critical Rationalism (2006); Karl Popper: A Centenary Assessment, 3 volumes (editor 2006, with I. Jarvie and K. Milford); 'Overcoming the Justificationist Addiction', Iranian Journal of Philosophical Investigations 4, 11, 2007, pp. 167–182. Zahlreiche Aufsätze zur Logik und Wissenschaftstheorie.

*Alan E. Musgrave*, geb. 1940, Assistent bei Karl Popper, Lecturer in Philosophy, Logic and Scientific Method an der London School of Economics. Seit 1970 Professor für Philosophie an der University of Otago, Dunedin, Neuseeland. *Wichtigste Veröffentlichungen*: Alltagswissen, Wissenschaft und Skeptizismus: Eine historische Einführung in die Erkenntnistheorie (1993, engl. 1993, ital. 1995); Kritik und Erkenntnisfortschritt. Abhandlungen des Internationalen Kolloquiums über die Philosophie der Wissenschaft, London 1965, Band 4, (Hrsg. mit I. Lakatos 1974, engl. 1965, frz., ital., jap., portug., span. Übersetzungen). Essays on Realism and Rationalism (1999); Weltliche Predigten. Essays über Wissenschaft und Philosophie (2011). Zahlreiche Aufsätze zur Logik und Wissenschaftstheorie.

*Peter Schroeder-Heister*, geb. 1953, Professor für Logik und Sprachphilosophie an der Universität Tübingen. *Veröffentlichungen* zur Logik und Geschichte der Logik, Wissenschaftstheorie, theoretischen Informatik (insbesondere Logikprogrammierung) und kognitiven Psychologie.

*Gerhard Schurz*, geb. 1956, Professor für Philosophie an der Universität Düsseldorf. *Wichtigste Veröffentlichungen*: Wissenschaftliche Erklärung (Diss. 1983); The Is-Ought Problem (überarbeitete Habilitationsschrift 1997); Einführung in die Wissenschaftstheorie (2006, 2011); Evolution in Natur und Kultur: Eine Einführung in die verallgemeinerte Evolutionstheorie (2011). Zahlreiche Aufsätze.

*Herbert A. Simon*, 1916–2001, University Professor of Computer Science and Psychology an der Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA. *Wichtigste Veröffentlichungen*: Models of Man (1957); Models of Discovery (1977); The Sciences of the Artificial (1996); Scientific Discovery: Computational Explorations of the Creative Processes (zus. mit P. Langley, G. L. Bradshaw u. J. M. Zytkow, 1987). Zahlreiche Aufsätze über Entdeckungsprozesse, Kausalität, theoretische Terme, Leib-Seele-Problem.

*Hans Jürgen Wendel*, geb. 1953, Professor für Philosophie an der Universität Rostock. *Wichtigste Veröffentlichungen*: Benennung, Sinn, Notwendigkeit. Eine Untersuchung über die Grundlagen kausaler Theorien des Gegenstandsbezugs (1987); Moderner Relativismus. Zur Kritik antirealistischer Sichtweisen des Erkenntnisproblems (1990); Rationalität und Kritik (Hrsg. mit V. Gadenne, 1996); Die Grenzen des Naturalismus. Das Phänomen der Erkenntnis zwischen philosophischer Deutung und wissenschaftlicher Erklärung (1997). Zahlreiche Aufsätze zur Erkenntnistheorie und zur Grundlegung der Ethik.

---

*Elie Zahar*, geb. 1937, Reader Emeritus in Logic and Scientific Method an der London School of Economics, Senior Scholar am History and Philosophy of Science Dept., Cambridge. *Wichtigste Veröffentlichungen*: Einstein's Revolution. A Study in Heuristics (1989); Essai d'épistémologie réaliste (2000); Poincaré's Philosophy: From Conventionalism to Phenomenology (2001); Mathematik, Ontologie und die Grundlagen der empirischen Wissenschaften (2002); Why Science Needs Metaphysics: A Plea for Structural Realism (2007). Zahlreiche Aufsätze über Grundlagen der Mathematik, Wissenschaftstheorie, Relativitätstheorie, Intentionalität, Konventionalismus.

