

10. Kapitel

Induktion

Rainer Westermann und Peter Gerjets

Wissenschaftliche Erkenntnisse, so wie sie in Hypothesen, Theorien oder Modellen formuliert werden können, zeichnen sich nach traditioneller Ansicht gegenüber dem Alltagswissen dadurch aus, daß sie rational entstanden, begründet oder überprüft sind. Als optimale Form der Rationalität gilt dabei die deduktive Logik: Sie erlaubt, Aussagen so zu begründen, daß sie wahr sein müssen, wenn bestimmte andere Aussagen wahr sind, und sie erlaubt im Prinzip die Ableitung von Prüfinstanzen, die den zwingenden Nachweis der Falschheit bestimmter Aussagen ermöglichen. Dieses Rationalitätsparadigma ist allerdings insofern beschränkt, als weder die deduktiven Schlußregeln noch die Wahrheitswerte von basalen Aussagen über Sinneserfahrungen deduktiv begründet werden können. Vor allem aber können nicht alle wesentlichen Teile wissenschaftlichen Denkens oder Argumentierens mittels deduktiver Logik adäquat rekonstruiert werden. Ein Grund dafür liegt darin, daß wissenschaftliche Erkenntnisse einerseits auf dem Fundament empirischer Beobachtungen gegründet sein sollen, andererseits aber die Phänomene unserer Welt in allgemeiner Weise beschreiben und durch tieferliegende Ursachen erklären sollen. Damit müssen wissenschaftliche Erkenntnisse über das hinausgehen, was wir aufgrund von Sinneserfahrungen und deduktiv-logischen Ableitungen wissen können.

So finden sich in der Wissenschaft regelmäßig Argumentationen, die eindeutig nicht deduktiv-logisch sind. Dazu gehören vor allem Formulierungen, in denen beschränkte Befunde über Zusammenhänge zwischen empirischen Variablen genutzt werden, um weitergehende Aussagen abzuleiten oder zu stützen. Diese Argumente können in drei Gruppen eingeteilt werden:

- Extrapolationen (auf einzelne nicht untersuchte Situationen oder Personen),
- Generalisierungen (über alle interessierenden Situationen oder Personen),
- Abduktionen (auf nicht direkt beobachtbare theoretische Variablen und Zusammenhänge).

Diese verschiedenen Arten von Inferenzen sind typische Beispiele für induktive Argumente. Ihren Ergebnissen kommt zwar nicht die Sicherheit deduktiver Ableitungen zu, trotzdem erscheinen sie uns aber in der Regel nicht gänzlich unbegründet und willkürlich. Worauf diese Intuition beruht und ob sie berechtigt ist, soll im Verlauf dieser Arbeit näher untersucht werden.

Induktive Argumente werfen vor allem zwei Fragen auf:

1. Läßt sich eine in irgendeinem Sinn „vernünftige“ Begründung oder Rechtfertigung für die „Ableitung“ einer allgemeineren Aussage aus Aussagen über begrenzte Beobachtungen angeben?
2. Wird eine derartige weitergehende Aussage durch die zugrundeliegenden Beobachtungsaussagen in bestimmtem Maße „bestätigt“ oder „gestützt“?

Diese Fragen nach der Rechtfertigung induktiver Verallgemeinerungen und nach dem Grad der Bestätigung von Vorhersagen, Hypothesen oder Theorien durch empirische Daten umreißen das sog. Induktionsproblem, das eines der ältesten und am intensivsten diskutierten Probleme der Erkenntnistheorie und Wissenschaftsphilosophie ist. Wir werden die mit induktiven Argumenten verbundenen Probleme im ersten Abschnitt dieser Arbeit näher charakterisieren und in den folgenden Abschnitten verschiedene Ansätze zur Behandlung des Induktionsproblems darstellen, die uns für die Methodologie der psychologischen Forschung wichtig erscheinen.

Rudolf Carnap und Karl Popper sind die Urheber der beiden bekanntesten und häufig kontrovers diskutierten neueren wissenschaftsphilosophischen Ansätze zu diesem Induktionsproblem.

Carnap (1950) verfolgte zunächst das Ziel, auf der Basis der Wahrscheinlichkeitstheorie eine „induktive Logik“ zu entwickeln, so daß Maße für die Bestätigung von Hypothesen durch Aussagen über Beobachtungen aufgrund rein syntaktischer Kriterien abgeleitet werden können (siehe dazu Abschnitt 2). Die „Logik der Forschung“ von Popper (1934, 1984) hingegen ist von dem Bestreben durchzogen, sich eindeutig von diesen probabilistischen Lösungsversuchen des Induktionsproblems abzugrenzen. Nach seiner Überzeugung soll die Wissenschaft sich jeder Art von induktiven Argumenten und Bestätigungen enthalten und ausschließlich deduktiv vorgehen (siehe Abschnitt 3).

Während die logisch-syntaktisch orientierten Autoren nach formalen und kontextunabhängigen Regeln zur Identifizierung korrekter Induktion suchen, wird in den pragmatischen Ansätzen besonders der Verwendungskontext induktiver Argumente beachtet und ihre Nützlichkeit für konkrete Entscheidungen und Handlungen betont (Abschnitt 4). Eng verbunden mit den pragmatischen Überlegungen zur Induktion sind psychologische Beschreibungen und Simulationen tatsächlichen induktiven Denkens, die auf der Basis kognitiver Theorien der Informationsverarbeitung vorgenommen wurden (Abschnitt 5).

Im Abschnitt 6 schließlich wollen wir aus der Sicht der strukturalistischen Wissenschaftsphilosophie (Balzer, Moulines & Sneed, 1987; Westermann, 1987a) die induktiven Anteile in psychologischen Forschungsprozessen genauer lokalisieren und zusammenfassend gute Gründe für die Akzeptierung bestimmter induktiver Argumente formulieren.

1. *Charakteristika und Probleme induktiver Argumente*

Wie können induktive Argumente von deduktiven abgegrenzt werden? Charakteristisch für ein korrektes deduktives Argument ist, daß es nicht gehaltserweiternd ist: Der Gehalt der Konklusion, d.h. die Klasse aller Aussagen, die deduktiv aus der Konklusion ableitbar sind, ist im Gehalt der Prämissen enthalten (siehe Tarski, 1977). Da in diesem Falle die Wahrheit der Konklusion notwendigerweise aus der Wahrheit der Prämissen folgt, sind deduktive Schlüsse stets wahrheitskonsentierend. Das wesentliche Charakteristikum induktiver Argumente besteht hingegen darin, daß sie ampliative Inferenzen sind, d.h. daß bei ihnen der Gehalt der Konklusion über den Gehalt der Prämissen hinausgeht (siehe Essler, 1973, S. 10; Stegmüller, 1971, S. 16).

Gehaltserweiternd sind allerdings nicht nur induktive Argumente, sondern auch Argumente, die man besser als inkorrekte deduktive Schlüsse bezeichnen würde. Dazu gehört beispielsweise der „unzulässige Umkehrschluß“ (von $A \Rightarrow B$ auf $B \Rightarrow A$). Deshalb ist eine befriedigende Abgrenzung von induktiven und deduktiven Schlüssen vermutlich nur pragmatisch möglich (Essler, 1973; Machina, 1985; Salmon, 1979): Ein Argument ist induktiv, wenn der Vertreter dieses Argumentes behauptet, daß

1. die Wahrheit der Konklusion nicht notwendigerweise aus der Wahrheit der Prämissen folgt, weil der Konklusionsgehalt über den Prämissengehalt hinausgeht, daß aber
2. die Prämissen dennoch die Konklusion in irgendeiner Weise unterstützen, ihr Gewicht verleihen oder sie wahrscheinlicher machen.

Man sollte daher möglichst vermeiden, von induktiven „Schlüssen“ zu sprechen, um keine zu enge Parallelität mit den deduktiven Schlüssen und ihrer inferentiellen Sicherheit zu suggerieren.

1.1 Enumeration und andere Arten von Induktion

Obwohl die Klasse der induktiven Argumente damit prinzipiell unbegrenzt ist, meint man mit diesem Begriff häufig vor allem die verschiedenen Arten der sog. enumerativen Induktion (Kutschera, 1972, S. 189-195; Pollock, 1984). Typische Beispiele sind:

- $F(a_1), F(a_2), \dots, F(a_n) \approx F(a_{n+1})$,
d.h. der (noch nicht näher spezifizierte und hier mit \approx) bezeichnete) Übergang von der Aussage, daß die Objekte a_1 bis a_n , die Eigenschaft F haben („Prämissen“), auf die Aussage, daß das nächste Objekt diese Eigenschaft hat („Konklusion“),
- $F(a_1) \ \& \ G(a_1), \dots, F(a_n) \ \& \ G(a_n) \approx \forall_i: F(a_i) \Rightarrow G(a_i)$,
d.h. der Übergang vom gemeinsamen Auftreten von F und G in n Fällen auf eine für alle Objekte (\forall_i) gültige implikative Beziehung (\Rightarrow) zwischen beiden Merkmalen.

Diesen induktiven Argumenten liegt die Annahme zugrunde, daß ein Ereignis, das n mal aufgetreten ist, auch die folgenden Male auftreten wird. Sie können als Spezialfälle eines allgemeinen Induktionsprinzips (Reichenbach, 1938, S. 340-341) betrachtet werden, nach dem die bisherige relative Häufigkeit eines Ereignisses als Schätzung für seine Wahrscheinlichkeit genommen werden soll.

Wie Cohen (1989) ausführlich darstellt, haben aber bereits F. Bacon und J.S. Mill betont, daß wissenschaftliche Induktion keineswegs nur einfach enumerativ, sondern auch eliminativ ist. Das Ausmaß, in dem eine allgemeine implikative Aussage durch Beobachtungen gestützt ist, hängt danach nicht so sehr von der Anzahl der bestätigenden Instanzen ab, sondern viel mehr von der Vielfalt an Umständen und Faktoren, die berücksichtigt worden sind, um alternative Erklärungen auszuschließen. Wenn wir Mills Grundmethoden der eliminativen Induktion verwenden, können wir auf eine gesetzmäßige (ursächliche) Beziehung zwischen F und G schließen, falls

1. F und G regelmäßig miteinander auftreten, unabhängig von der Variation anderer möglicher Einflußfaktoren (Übereinstimmungsmethode) und falls
2. Situationen, in denen G bzw. nicht- G eintritt, sich nur dadurch unterscheiden, daß im ersten Fall auch F vorgelegen hat, im zweiten Fall aber nicht (Differenzmethode).

Für die Wissenschaft charakteristisch sind außerdem die induktiven Argumente, die sich nicht in Prämisse und Konklusion auf die gleichen beobachtbaren Variablen beziehen, sondern von Aussagen über beobachtbare Ereignisse zu bestmöglichen Hypothesen oder Theorien über deren unbeobachtbare Ursachen führen (Abduktionen; vgl. Jason, 1985; Laudan, 1981). Bedeutsam sind auch induktive Argumente, die sich auf Analogien stützen, beispielsweise bei der Übertragung theoretischer Vorstellungen auf andere, ähnliche Kontexte. Diese Form analogen Rasonierens spielt eine wichtige Rolle bei der Einschätzung der Gültigkeit von Hintergrundannahmen in hypothesenprüfenden empirischen Untersuchungen und bei Theorienanwendungen in praktischen Kontexten.

1.2 Starkes und schwaches Induktionsproblem

Es ist zweckmäßig, mindestens zwei Spielarten des Induktionsproblems zu unterscheiden (Kemeny, 1963; Popper, 1965; Thagard & Nisbett, 1982; Will, 1982). Das starke Induktionsproblem besteht darin, eine globale, logische oder formale Rechtfertigung der Induktion zu finden, die zeigt, daß induktive Argumente generell die Wahrheit ihrer Konklusionen etablieren (wobei die Konklusion auch einen Wahrscheinlichkeitsausdruck enthalten kann). Seit David Humes pointierter Induktionskritik im „Treatise on Human Nature“ aus dem Jahre 1739 ist klar, daß Induktion in diesem starken Sinne nicht zu begründen ist (Popper, 1984; Salmon, 1979):

- Eine deduktive Rechtfertigung der Induktion ist nicht möglich, denn könnten wir deduktiv zeigen, daß aus den Prämissen die Konklusion folgt, wäre das Argument nicht mehr gehaltserweiternd, also nicht mehr induktiv.
- Der Versuch einer induktiven Rechtfertigung der Induktion (etwa aufgrund der Erfolge bisheriger Induktionen) führt in einen Zirkel oder unendlichen Regreß, weil das zu rechtfertigende Induktionsprinzip schon vorausgesetzt werden muß.
- Eine apriorische Rechtfertigung der Induktion (etwa durch die Einführung eines Uniformitätspostulates) ist nicht möglich, da es trotz der Versuche Kants als unmöglich gilt, synthetische Sätze a priori zu begründen.

Deshalb hat das starke Induktionsproblem nur eine triviale negative Lösung: „Es gibt keine wahrheitskonservierenden Erweiterungsschlüsse“ (Stegmüller, 1973, S. 76-78). Die Überzeugung, daß wir neben unserem Beobachtungswissen, das sich auf die Gegenwart und Vergangenheit bezieht, auch genauso sicheres Wissen über die Zukunft oder die Wahrheit allgemeiner Aussagen besitzen können, ist also logisch nicht zu begründen. Damit ist aber nur die Selbstverständlichkeit gezeigt, daß Induktion keine Deduktion ist (Kronthaler, 1984, S. 280; van Wright, 1957, S. 180): Aussagen über etwas (noch) nicht Bekanntes können per definitionem nicht mit Sicherheit aus Aussagen über Bekanntes abgeleitet werden, weil sie andernfalls keine Aussagen über Unbekanntes mehr wären.

Das schwache Induktionsproblem betrifft die Frage, ob wir trotz der negativen Beantwortung des starken Induktionsproblems zurecht der Überzeugung sind, daß es möglich und vernünftig ist, aufgrund vergangener Beobachtungen Aussagen über Nichtbeobachtetes zu treffen, auch wenn wir uns der Wahrheit dieser Aussagen nicht gewiß sein können. Dementsprechend gibt es in der Philosophie eine ganze Reihe von Autoren, die sich weiter intensiv mit dem (schwachen) Induktionsproblem auseinandersetzen und untersuchen, ob es Regeln und Prinzipien gibt, die unser tatsächliches induktives Vorgehen be-

schreiben und als rational begründen können (siehe z.B. Cohen, 1980, 1982, 1989; Cohen & Hesse, 1980; Kyburg, 1964; Kyburg & Nagel, 1963; Stegmüller, 1973). In den folgenden Abschnitten 2, 4 und 5 werden wir die wichtigsten dieser Induktionskonzeptionen näher betrachten.

Innerhalb des schwachen Induktionsproblems können wir zwei Aspekte unterscheiden, die Stegmüller (1973, S. 82-83) als das praktische und das theoretische Nachfolgeproblem des Humeschen Induktionsproblems bezeichnet:

- Welche Normen für rationale Entscheidungen unter Risiko lassen sich rechtfertigen?
- Wie ist der Begriff der Bestätigung, Stützung oder Bewährung einer Hypothese adäquat zu definieren?

Die Einführung eines adäquaten Bestätigungsbegriffs scheint auf den ersten Blick sehr einfach zu sein: Der Bestätigungsgrad einer allgemeinen Aussage der Form „ $\forall_i: F(a_i) \Rightarrow G(a_i)$ “ wird durch positive Instanzen „F & G“ erhöht und durch negative Instanzen „F & $\sim G$ “ verringert. Dieser plausible Ansatz führt jedoch zu verschiedenen unakzeptablen Konsequenzen, von denen das Raben- und das Grue-Paradox die bekanntesten sind. Wir wollen hier die intensive Diskussion dieser Probleme in der philosophischen Literatur nicht nachzeichnen, da alle rein logischen Argumentationen nicht zu akzeptablen Lösungen geführt haben (siehe Barker & Achinstein, 1960; Cohen, 1980, 1989; Y. Cohen, 1979; Cox, 1986; Gärdenfors, 1990; Hesse, 1974; Hoppe, 1975; Kutschera, 1972; Rosenkrantz, 1982; Shirley, 1981; Stemmer, 1975). Umgehen kann man diese Paradoxien der Bestätigung durch eine pragmatische Betrachtungsweise (siehe Abschnitt 4).

2. Probabilistische Explikationssysteme der Induktion

Seit Entwicklung des Wahrscheinlichkeitsbegriffs durch B. Pascal ist es üblich, induktive Argumente probabilistisch zu interpretieren (Cohen, 1989). Zwar folgt bei ihnen die Konklusion nicht mit logischer Sicherheit aus der Prämisse, man kann aber annehmen, daß die Prämisse A die Konklusion B in irgendeinem Sinn wahrscheinlicher macht oder ihre Wahrscheinlichkeit r über eine a priori Wahrscheinlichkeit r' anhebt:

$$P[B|A] = r \text{ (mit } r \approx 1 \text{ oder } r > r')$$

Interpretiert wird P dabei üblicherweise nicht als objektive, sondern als subjektive oder personelle Wahrscheinlichkeit, die den Grad des rationalen Glaubens an das Eintreten des Ereignisses B ausdrückt (Kutschera, 1972; Stegmüller, 1973). Expliziert werden kann die subjektive Wahrscheinlichkeit für das Eintreten eines Ereignisses B dadurch, daß man untersucht, mit welchem Ein-

satz auf das Eintreten von B gewettet wird. Als rational kann man die subjektiven Überzeugungen der Person nur dann bezeichnen, wenn ein faires oder kohärentes Wettsystem vorliegt, d.h. wenn das Wettverhalten der Person nicht notwendigerweise zu Verlusten führt (Carnap, 1971, S. 105-116; Essler, 1973, S. 17; Kemeny, 1963, S. 720). Damit diese Bedingung erfüllt ist, muß - neben anderen Voraussetzungen - die subjektive Wahrscheinlichkeitsfunktion der Person die Axiome des mathematischen Wahrscheinlichkeitskalküls erfüllen (Kutschera, 1972, S. 70-88).

2.1 Carnaps induktive Logik

Von subjektiven Wahrscheinlichkeiten ausgehend hat sich Carnap (1950, 1952, 1963, 1971) um die Begründung eines Begriffs der induktiven Bestätigung von Hypothesen und Theorien bemüht und dazu den Begriff der induktiven oder logischen Wahrscheinlichkeit entwickelt (siehe im einzelnen Cohen, 1977, 1989; Cohen & Hesse, 1980; Kemeny, 1963; Kutschera, 1972; Stegmüller, 1973).

Nach Auffassung des frühen logischen Empirismus ist die Wissenschaft durch ein induktives Vorgehen gekennzeichnet, das darin besteht „aus ein- oder mehrmaliger Beobachtung eines gewissen Bedingungsverhältnisses auf seine allgemeine Gültigkeit zu schließen“ (Carnap, 1926, S.8). Trotz aller sonstigen Gegensätze stimmt Carnap mit Popper jedoch darin überein, daß es keine induktive Methodologie im Sinne eines algorithmischen Verfahrens geben kann, das quasi mechanisch von Beobachtungssätzen zu wahren theoretischen Aussagen führt (Carnap, 1946; Hempel, 1965, S.6; Stegmüller, 1978, S.468-470). Seine „induktive Logik“ bezieht sich daher nicht auf den Entdeckungs-, sondern auf den Rechtfertigungszusammenhang im Sinne von Reichenbach (1938).

Die von Carnap verfolgte Grundidee besteht darin, durch die Einführung zusätzlicher Rationalitätsbedingungen die verschiedenen möglichen subjektiven Wahrscheinlichkeitszuordnungen eindeutig auf eine bestimmte ausgezeichnete logische Wahrscheinlichkeit c zu reduzieren, die als partielle logische Implikation und damit als eine rein analytische Relation zwischen Hypothesen H und Sätzen über empirische Evidenzen E interpretiert werden soll (Kutschera, 1972, S. 123; Stegmüller, 1971, S. 53-56; Suppe, 1977, S. 626). So wie im deduktiven Schluß die Prämissen die Konklusion implizieren, weil die Konklusion im Gehalt der Prämissen enthalten ist, so sollen im induktiven Argument die Prämissen die Konklusion partiell implizieren, weil sich der Gehalt der Prämissen und der Konklusion teilweise überschneiden.

Carnaps Projekt, mit Hilfe logischer Wahrscheinlichkeiten den Begriff der induktiven Bestätigung zu explizieren, kann hier nicht im Detail nachgezeichnet werden. Nach allgemein akzeptierter Ansicht ist es aber mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden (Cohen, 1977, 1980, 1989; Essler, 1980; Kronthaler, 1984; Kummer, 1982; Kutschera, 1972; Lakatos, 1968; Levi, 1979; Rivadulla, 1987; Salmon, 1982; Stegmüller, 1971, 1973):

1. Eine Bestimmung der Werte von c ist abhängig von der jeweils verwendeten Sprache, die nicht ohne willkürliche Entscheidungen festgelegt werden kann. Dabei können nur Sprachen verwendet werden, die im Vergleich zur tatsächlichen Wissenschaftssprache sehr primitiv sind. So wählt Carnap, um ein Analogon für die Ereignismenge (Sigma-Algebra, vgl. Steyer, Kapitel 15 in diesem Band) zu finden, auf dem die Wahrscheinlichkeiten zu definieren sind, zunächst eine Sprache L , die sich auf einen endlichen Gegenstandsbereich mit einer begrenzten Anzahl von Prädikaten bezieht und nur die Prädikatenlogik 1. Stufe enthält.
2. Die c -Funktion soll eine analytische Funktion sein, die auf dieser Sprache L definiert ist. Diese Analytizität der c -Funktion läßt vollkommen offen, wie eine Aussage über die Vergangenheit, nämlich E , zusammen mit einer analytischen Funktion $c(H|E) = r$ zu Wissen über Zukünftiges, nämlich über H , führen kann (Stegmüller, 1971, S.59-60).
3. Die Werte von c sind abhängig von den A-priori-Wahrscheinlichkeiten für die Hypothesen. Da diese nicht empirisch zu gewinnen sind, müssen Annahmen wie z.B. das Indifferenzprinzip akzeptiert werden: „Wenn keine Gründe dafür bekannt sind, eher mit dem Eintreten eines von mehreren möglichen Ereignissen zu rechnen, dann sind die Ereignisse als gleichwahrscheinlich anzusehen“ (Kutschera, 1972, S. 127). Derartige Annahmen haben Carnap große theoretische Schwierigkeiten und den Vorwurf eines willkürlichen Apriorismus eingebracht.
4. Carnaps Ansatz ist praktisch nur im Fall von mehrfach replizierbaren Zufallsexperimenten anwendbar, bei denen die relativen Häufigkeiten der verschiedenen möglichen (Elementar-) Ereignisse als empirische Evidenzen zur Beurteilung der Bestätigung von Hypothesen über den Ausgang weiterer Wiederholungen dienen.
5. Um die Klasse der zulässigen c -Funktionen einzuschränken, müssen über die üblichen Eigenschaften (subjektiver) Wahrscheinlichkeiten hinaus zusätzliche Rationalitätsforderungen definiert werden, die nicht weiter gerechtfertigt werden können.
6. Auch unter diesen sehr einschränkenden Bedingungen läßt sich die Klasse der zulässigen c -Funktionen bestenfalls bis auf einen Parameter λ bestimmen (das Kontinuum der induktiven Methoden). Dieser kann als Vorsichtigkeitsindex interpretiert werden: Er drückt Vermutungen über die Merkmalsheterogenität bzw. Uniformität der Objekte aus, über die

generalisiert werden soll, und gibt an, inwieweit man sich eher auf die A-priori-Wahrscheinlichkeiten von Ereignissen oder mehr auf ihre beobachteten relativen Häufigkeiten verlassen will. Die spätere Version des Carnap-Ansatzes kann auch zu c-Funktionen führen, die nicht zur Lambda-Familie gehören, sondern zusätzlich von einem Parameter ϵ zur Berücksichtigung von Analogieeinflüssen abhängen.

7. Der Bestätigungsgrad $c(H|E)$ wird auch durch Beobachtungsaussagen erhöht, die nur Replikationen eines bereits in E enthaltenen positiven Befunds darstellen. Er formalisiert also im wesentlichen die einfache enumerative Induktion, wobei unberücksichtigt bleibt, daß Beobachtungen stärkere bestätigende Wirkung haben, wenn sie unter verschiedenartigen Umständen erfolgen und dadurch alternative Ursachenfaktoren ausschließen.
8. Alle c-Funktionen weisen allgemeinen Gesetzen und Hypothesen eine Wahrscheinlichkeit von Null zu. Dieser Sachverhalt wurde als sehr gravierendes Problem empfunden, weil er zu implizieren scheint, daß die Definition eines probabilistischen Bestätigungsbegriffes für Gesetze und Hypothesen prinzipiell nicht möglich ist (siehe unten).

Insgesamt sind Carnaps Bemühungen um eine eindeutige c-Funktion ohne Erfolg geblieben, und die induktive Hypothesenbeurteilung ist in seinem System immer noch subjektiv und in gewissem Grade willkürlich. Deshalb beschäftigt sich der von Stegmüller (1973) rekonstruierte Carnap-II-Ansatz (Carnap, 1971), bei dem die linguistische zugunsten einer modell- und maßtheoretischen Herangehensweise aufgegeben wurde, gar nicht mehr mit dem theoretischen Induktionsproblem der Bestätigung von Hypothesen und Theorien, sondern ist eine normative Theorie des induktiven Rasonierens für praktische Entscheidungen unter Unsicherheit. $C(H|E)$ kann dabei weiterhin als „der Grad, in dem eine rationale Person an H bei gegebenem Datum E glaubt“ (Stegmüller, 1973, S. 103) interpretiert werden. Als Hypothese H können hier jetzt allerdings keine allquantifizierten Aussagen mehr auftreten, sondern nur noch Aussagen über singuläre Ereignisse, z.B. Vorhersagen (Stegmüller, 1973, S. 534). Daß keine eindeutige Bestimmung der C-Funktion möglich ist, erscheint unter der entscheidungstheoretischen Perspektive nicht unbedingt als Nachteil, denn die primäre Aufgabe einer rationalen Theorie ist die Errichtung negativer „Normativitätswälle“, und sie besteht nicht darin, den Freiheitsspielraum rationaler Personen auf Null zu reduzieren (Stegmüller, 1971, S.69).

Selbst wenn sich Werte für c oder eine andere induktive Wahrscheinlichkeits- oder Bestätigungsfunktion eindeutig genug bestimmen ließen, wäre damit noch nicht die Frage beantwortet, ob die betreffende Hypothese aufgrund der vorliegenden empirischen Evidenz akzeptiert oder verworfen werden soll (Hempel, 1981). Unglücklicherweise führen einfache Akzeptanzregeln, die mit festen Kriteriumswerten arbeiten, dazu, daß logisch inkonsistente Hypothesen

akzeptiert werden müssen (sog. Lotterierparadox, Kyburg, 1961; Cohen, 1980, S. 356). Deshalb sollten bei der Frage der Akzeptierung von Hypothesen die (epistemischen) Kosten und Nutzen der richtigen und falschen Entscheidungen systematisch mitberücksichtigt werden (Hempel, 1981; Levi, 1967). Dieser Vorschlag weist den Weg in Richtung auf eine pragmatische Behandlung des Induktionsproblems (siehe Abschnitt 4).

2.2 Einzelfallbestätigung

Ein bereits angesprochenes und gravierendes Problem der probabilistischen Explikationen von Induktion liegt darin, daß sie nicht sinnvoll auf generelle Hypothesen anwendbar sind, obwohl ein primäres Interesse an der Bestätigung von allgemeinen Gesetzaussagen besteht (Kutschera, 1972, S. 211-212; Lakatos, 1968; Popper, 1984): Alle adäquaten c -Funktionen führen zu Werten von Null für alle Gesetzhypothesen und Theorien, die die Form unbegrenzter Allsätze haben. Damit wären diese Aussagen alle gleich unwahrscheinlich und nicht bestätigungsfähig. Insbesondere wäre es nicht möglich, den Bestätigungs- oder Wahrscheinlichkeitsgrad $c(H|E) = p(H|E)$ mit Hilfe des Bayes-Theorems aus der Likelihood $p(E|H)$ der Daten und der A-priori-Wahrscheinlichkeit $p(H)$ der Hypothese zu berechnen. Auf diese Schwierigkeiten läßt sich auf zweifache Weise reagieren.

(1) Man versucht, Carnaps Theorie so zu verbessern, daß sich eine von Null verschiedene Wahrscheinlichkeit für allgemeine Aussagen ergibt (Hintikka, 1966; Hintikka & Niiniluoto, 1976; Kuipers, 1978). Das sog. K -dimensionale System von Hintikka und Niiniluoto bezieht sich auf Hypothesen und Stichprobenevidenzen über eine potentiell unendliche Objektmenge, die in K durch prädikatenlogische Ausdrücke beschreibbare Klassen eingeteilt werden kann. Es führt zu einem Wahrscheinlichkeitsmaß $p(H|E)$, das allerdings nicht nur von einem, sondern von K Parametern abhängt. Als Spezialfälle enthält es sowohl das ursprüngliche zweiparametriges Alpha-Lambda-System von Hintikka (1966) wie das Lambda-Kontinuum von Carnap (1952). Es ist nicht auf rein enumerative Induktion beschränkt, sondern kann auch die Anzahl der unterschiedlichen Klassen von Beobachtungsevidenzen berücksichtigen und ist durch Einführung von Distanz- und Ähnlichkeitsmaßen zwischen den Prädikaten sogar auf analoge Induktionen anwendbar (Niiniluoto, 1980, 1981; zur Kritik siehe Kuipers, 1984; Spohn, 1981).

Diesen Vorteilen stehen aber einige gravierende Nachteile entgegen, die es weiterhin fraglich erscheinen lassen, ob man auf diesem Weg zu einer adäquaten Rekonstruktion induktivistischer Inferenzen in der Wissenschaft kommt. Insbesondere können auch die Systeme von Hintikka und Niiniluoto nur auf glücksspielähnliche Situationen angewendet werden, die in einer vorher fest-

gelegten relativ primitiven Sprache beschrieben werden, und sie können die unterschiedliche Bedeutung von bloßen Replikationen und von neuen Evidenzen unter veränderten Bedingungen für die Hypothesenbestätigung nur sehr vereinfacht widerspiegeln (Cohen, 1980, S. 361-362, 1989, S. 120-130; siehe dagegen Niiniluoto, 1980, S.226). Zudem sind die Wahrscheinlichkeitsbewertungen in diesen Systemen durch die Einführung weiterer unbestimmter Parameter noch willkürlicher als bei Carnap.

(2) Man akzeptiert, daß allgemeinen Gesetzen tatsächlich vernünftigerweise nur die Wahrscheinlichkeit Null zugeschrieben werden kann: Auf die Gültigkeit unbegrenzter Allsätze kann nicht sinnvollerweise gewettet werden, da der positive Ausgang der Wette niemals festgestellt werden kann (Stegmüller, 1971, S. 70). Wenn der Wert eines Gesetzes damit nicht in seiner hohen allgemeinen Geltungswahrscheinlichkeit liegen kann, müssen allerdings auch die Maße für die induktive Bestätigung spezieller definiert oder interpretiert werden.

Carnap (1962, S. 572-574) hat dazu die sog. Einzelfallbestätigungen („instance confirmations“) eingeführt. Nehmen wir an, eine Hypothese „ $\forall_i: F(a_i) \Rightarrow G(a_i)$ “ habe sich für eine große Zahl n von Fällen insofern bestätigt, als immer dann, wenn in einem Fall $F(i)$ vorlag, auch $G(i)$ beobachtet wurde. Dieser Sachverhalt werde in einem Beobachtungssatz E beschrieben. Die Einzelfallbestätigung ist dann gegeben durch

$$c_i(H|E) = p [G(y) | F(y) \& E],$$

wobei y ein neues, noch nicht in E vorkommendes Objekt ist (Kutschera, 1972, S.212-213; Lenzen, 1974, S.97). c_i soll also im Gegensatz zur einfachen („Bestätigungs-“)Funktion $c(H|E)$ nicht den rationalen Glauben an die generelle Gültigkeit von H bei gegebener Erfahrung E ausdrücken, sondern nur den rationalen Glauben daran, daß bei gegebener Erfahrung E auch der nächste untersuchte Einzelfall eine Bestätigung der Hypothese erbringt.

Damit drückt die Instanzen- bzw. Einzelfallbestätigung einer Hypothese oder Theorie so etwas wie ihre Verlässlichkeit aus: Der Naturwissenschaftler mag nicht bereit sein, auf die unbeschränkte Allgemeingültigkeit einer seiner Theorien zu wetten, sie hat für ihn also einen Bestätigungsgrad von $c = 0$; der Ingenieur kann trotzdem ziemlich sicher sein, daß genau diese Theorie auch bei der nächsten Anwendung sehr genaue Prognosen erlaubt, er wird ihr also einen hohen Verlässlichkeitsgrad c_i zuschreiben (Lakatos, 1982, S. 136-137).

Ein ernstes Problem des Carnapschen Konzeptes der Instanzenbestätigung besteht darin, daß die Bestimmung der Verlässlichkeit einer Hypothese unabhängig davon geschieht, wie weit die Variationsbreite der getesteten Instanzen ist. Eine Hypothese über Säugetiere kann z.B. nur durch die Testung von Vorhersagen über Katzen beliebig an Instanzenbestätigung gewinnen (Kut-

schera, 1972, S.440). Der von Carnap beschrittene Ausweg aus diesem Problem besteht in der Forderung, bei der Anwendung des Konzeptes der Instanzenbestätigung stets das gesamte gegenwärtig verfügbare Erfahrungswissen zu berücksichtigen. Dieses Prinzip der totalen Evidenz kann für die übliche tatsächliche Wissenschaftssituation aber wohl nur ein weit entferntes und unerreichbares Idealziel sein.

Das Konzept der Einzelfallbestätigung ist auch aus anderen Gründen kritisiert worden. So sieht Lakatos (1982) im Übergang von der Bestätigung allgemeiner Aussagen zur Bestätigung partikulärer Aussagen ein wesentliches Indiz für die degenerative Problemverschiebung innerhalb des Carnapschen Forschungsprogramms (zur Kritik siehe Adler, 1980). Stegmüller (1971, S. 56) sieht den Begriff der Einzelfallbestätigung vor allem wegen Poppers Einwand, daß ein längst widerlegtes Gesetz eine hohe Einzelfallbestätigung besitzen kann, als Irrweg an. Diese Divergenz ist aber lediglich eine Folge der unterschiedlichen Bedeutungen von Poppers und Carnaps Bestätigungsbegriffen und der unterschiedlich epistemischen Ansprüche, die mit ihnen verbunden sind: Gesetze wie die Newtonschen, die im Popperschen Sinn als falsifiziert gelten können und damit unter der theoretischen Zielvorstellung der Wahrheitsfindung unbrauchbar geworden sind, können dennoch zu recht eine hohe Einzelfallbestätigung besitzen, weil sie in einem weiten Bereich von Anwendungen korrekte Vorhersagen erlauben.

Trotz der angedeuteten Probleme weist Carnaps Konzept der Einzelfallbestätigung unseres Erachtens in eine Richtung, die für die Behandlung des Induktionsproblems in der Wissenschaft sehr fruchtbar sein kann. Wir werden im Abschnitt 6 sehen, daß nach den Ergebnissen strukturalistischer Analysen wesentliche Teile der mit Theorien verbundenen empirischen Behauptungen tatsächlich als induktive und einzelfallbezogene Erweiterungen des Wissens interpretiert werden können. Wenn wir die Berechtigung derartiger Vermutungen untersuchen, werden wir allerdings insofern von Carnap abweichen, als wir den Grad, in dem eine empirische Vermutung durch das bisherige Wissen gestützt wird, nicht als logisch-analytische Beziehungen zwischen Sätzen verstehen, sondern als subjektive Erwartungen von Wissenschaftlern über die erfolgreiche Anwendbarkeit ihrer Theorien, die auf Informationsverarbeitungsprozessen beruhen, die sich nicht in einer rein syntaktischen Weise beschreiben lassen.

3. Deduktivistische Umgebung der Induktion

Wie Salmon (1979) betont, kann Wissen, das allein auf enumerativer Induktion beruht, häufig bestenfalls vorwissenschaftlich genannt werden. Daß morgen die Sonne aufgeht, müssen wir beispielsweise nicht damit begründen, daß sie

bisher jeden Tag aufging, sondern wir können dies deduktiv aus wissenschaftlichen Gesetzen und Theorien ableiten, die mehr sind als einfache Generalisierungen aus Beobachtungen und die sogar in anderen Begriffen formuliert sind als die Beobachtungsaussagen.

Da es keine theoriefreien Beobachtungen gibt und da insbesondere jede Wahrnehmung einer Regelmäßigkeit oder Wiederholung bereits gewisse Abstrahierungen, Kategorisierungen und Erwartungen voraussetzt, kann es nach Auffassung von Popper (1965, 1984) überhaupt keine induktive Erfahrungsbildung geben, sondern nur ein deduktives Lernen durch Vermutungen und Widerlegungen (vgl. Campbell, 1974; zur Kritik Lane & Lane, 1984). Popper (1965, S. 64-65) hält es deshalb für obsolet, daß man nach Kriterien für zuverlässige und erfolgreiche induktive Argumente sucht, auch wenn man dabei zugesteht, daß induktives Denken nicht zu sicheren Schlußfolgerungen, sondern nur zu wahrscheinlich richtigen allgemeinen Aussagen führt.

3.1 Poppers deduktivistische Methodologie

Popper (1965, S. 54-55; 1974, S. 1023) sieht nur eine Möglichkeit, das Streben der Wissenschaft nach allgemeinen Gesetzen, das Grundprinzip des Empirismus und Humes Erkenntnisse über Induktion in Einklang zu bringen. Statt nach Verifikationen oder (als Ersatz) induktiven Bestätigungen zu streben, sollte man nach Popper anerkennen, daß

- alles theoretische Wissen in Vermutungen besteht,
- von empirischen Beobachtungen nicht auf die Wahrheit, sondern lediglich auf die Falschheit von Theorien geschlossen werden kann, und daß
- eine Vermutung dann besser ist als eine andere, wenn sie sich in strengen Tests besser bewährt hat.

Dementsprechend besteht eine der Basisannahmen von Poppers kritisch-rationalistischer Wissenschaftsmethodologie darin, daß nur die strenge Prüfung und versuchte Falsifikation von Theorien und Hypothesen zu Erkenntnisgewinn führen kann, und seine Forschungslogik beschäftigt sich mit den Festsetzungen und Beschlüssen, die als methodologische Regeln diese Tätigkeit leiten können (siehe Gadenne, in diesem Band, Kapitel 7 und 9).

Wenn die aus der Theorie abgeleiteten Vorhersagen auf die empirischen Beobachtungen nicht zutreffen, ist nach Popper eine Veränderung der Theorie zu fordern, durch die die Übereinstimmung zwischen Theorie und Empirie erhöht wird. Ansonsten bleibt die Genese von Theorien in Poppers Wissenschaftsphilosophie weitgehend ausgeklammert, d.h. es wird nicht untersucht, welche weiteren Faktoren die Auswahl, Ableitung, Formulierung und Modi-

fikation der später zu überprüfenden Hypothesen leiten und wie ihre Anwendungs- und Geltungsbereiche festgelegt, erweitert oder eingeschränkt werden.

Der im deduktivistischen Sinne verstandene Grad der Bewährung (corroboration, $C_d(T|E)$) einer Hypothese oder Theorie T hängt nach Popper (1984, S. 211-213) von ihrer Übereinstimmung mit anerkannten Beobachtungssätzen E ab, vor allem aber von der Strenge der Prüfungen, denen die Hypothese unterworfen worden ist. Voraussetzung für einen positiven Bewährungsgrad ist also, daß zumindest ein Teil der theoriekonformen Beobachtungssätze als Resultate ernstzunehmender Widerlegungsversuche anerkannt sind. Damit vermeidet Popper unerwünschte Eigenschaften und Konsequenzen, die mit den vor allem auf Hempel (1943, 1945) zurückgehenden deduktiven Bestätigungsbegriffen verbunden sind (siehe Goodman, 1973; Lenzen, 1974).

3.2 Induktive Anteile in der deduktivistischen Methodologie

Wenn Popper die Induktivisten kritisiert, konstruiert er als gegnerische Position einen sehr starken Induktivismus, wie er seit langer Zeit nicht mehr vertreten wird. Seine Kritik richtet sich vor allem gegen drei Thesen, die einen solchen starken Induktivismus kennzeichnen:

1. Es gibt ein algorithmisches Verfahren zur Ableitung allgemeiner Aussagen aus Einzelaussagen.
2. Allgemeine Aussagen können durch Einzelaussagen zumindest teilweise verifiziert werden.
3. Diese partielle Verifikation oder induktive Bestätigung läßt sich als Wahrscheinlichkeit ausdrücken.

Trotz dieser Kritik basiert Poppers eigene Methodologie jedoch keineswegs allein auf deduktiven Schlüssen, vielmehr können in ihr auch gewichtige induktive Anteile identifiziert werden (Cohen, 1989; Hesse, 1974, S. 95; Hübner, 1980, S.275-276; Jones & Perry, 1982; Levinson 1974; Mackie, 1979; Niiniluoto & Tuomela, 1973, S. 203; Putnam, 1974, S. 222-223; Salmon, 1968, 1978; Will, 1982). Sie finden sich vor allem in der Suche nach allgemeingültigen Gesetzen und in den Konventionen, die zur Prüfung von Theorien notwendig sind.

(1) Wenn man wissenschaftliche Hypothesen, Gesetze oder Theorien, die laut Popper unbeschränkte Allsätze sind, zum Gegenstand strenger Prüfungen und deduktiver Bewährungen macht, trifft man implizit auch Annahmen über die Uniformität der Natur, weil man von der Voraussetzung ausgeht, daß die Natur so beschaffen ist, daß sie sich als prinzipiell gesetzmäßiger Ablauf beschreiben läßt. Beispielsweise kann durch Beobachtung eines blauen Schwans natürlich die Hypothese falsifiziert werden, daß alle Schwäne weiß sind. über

die in der Regel viel interessantere Hypothese, daß alle später zu beobachtenden Schwäne weiß sind, ist damit aber ohne Uniformitätsannahme noch gar nichts ausgesagt. Die Annahme, daß eine falsifizierte Hypothese auch unter künftigen vergleichbaren Umständen nicht gilt, ist eine induktive Annahme, aber ohne diese Annahme über die Uniformität der Welt gibt es keinen Grund, sich bei wissenschaftlichen Vorhersagen nicht weiterhin auf bereits falsifizierte Hypothesen zu verlassen.

Nicht nur die Verwendung des Gesetzesbegriffes, sondern auch die des Begriffes der strengen Prüfung hat solche Uniformitätsvoraussetzungen. Denn eine Hypothese wird dann streng geprüft, wenn die von ihr in einer konkreten Situation gemachten Vorhersagen unter der Berücksichtigung anderer und bisher gut bewährter Gesetze sehr unwahrscheinlich sind. Man muß also annehmen, daß die Erwartungen aufgrund des bisherigen Hintergrundwissens berechtigt sind. Berechtigte Erwartungen kann es aber nur in einer uniformen Welt geben, die Extrapolationen erlaubt.

Ebenso ist der Bewährungsgrad, der nach Popper nur ein zusammenfassender Bericht über vergangene (strenge) Prüfungen ist, ziemlich wertlos, wenn er nicht zu Annahmen über die Gültigkeit der Hypothese in noch nicht beobachtbaren Fällen führt. Derartige Annahmen sind ohne Zweifel induktiv, ohne sie gibt es aber keinen Grund, Vorhersagen und praktische Entscheidungen auf der Theorie basieren zu lassen, die den höchsten Bewährungsgrad hat.

(2) Auch bei der konkreten Prüfung einer Theorie muß Popper induktive Voraussetzungen machen. Zwar ist die Falsifikation einer Theorie T aufgrund einer empirischen Beobachtung B bei grober Betrachtung eine deduktiv-logische Argumentation, die Prämissen, die in diese Argumentation eingehen, sind aber häufig Konklusionen induktiver Argumente. Eine Aussage $\sim B$, die das Eintreten des Ereignisses B „verbietet“, kann aus einer wissenschaftlichen Theorie T in aller Regel nur abgeleitet werden, wenn bestimmte Zusatzannahmen Z zu Hilfe genommen werden. Sie betreffen die Operationalisierung der vorkommenden theoretischen Begriffe, das Vorliegen der notwendigen Anfangsbedingungen für die Anwendung der Theorie, die *Ceteris-paribus*-Bedingungen, die Abwesenheit von Störfaktoren usw. (vgl. Hager & Westermann, 1983). Das Vertrauen darin, daß diese Annahmen im gegebenen Fall erfüllt sind, ist zumindest dann, wenn die Annahmen nicht eigens überprüft werden, ein Ergebnis induktiver Erwartungsbildung. Die Vermutung, daß eine Theorie durch bestimmte Beobachtungen falsifiziert wurde, ist nur so berechtigt wie die Vermutung, daß die verwendeten Hintergrundannahmen zutreffend waren. Wird diese Vermutung über zutreffende Hintergrundannahmen nicht als gut begründet betrachtet, so kann bei einer erwartungswidrigen Beobachtung B deshalb nur geschlossen werden, daß T oder Z falsch ist. Dies illustriert die sog. Duhem-Quine-These, daß Hypothesen nicht isoliert, son-

dern nur im Zusammenhang mit einem umfassenderen Korpus des Wissens geprüft werden können (Balestra, 1979; zur Kritik siehe Grünbaum, 1963). Damit die erwartungswidrige Beobachtung B eindeutig der Theorie zur Last gelegt werden kann, empfiehlt Popper, die Zusatzannahmen per Konvention nicht in Zweifel zu ziehen. Die Hypothesen der Menge Z können und sollen zwar empirisch gut bewährt sein, ihre empirische Überprüfung kann aber in der Regel nur in anderen Untersuchungen erfolgen. Nimmt man an, daß sie auch im vorliegenden Fall gelten, so ist dies das Ergebnis von gehaltserweiterndem induktivem Rasonieren.

Poppers Position wird damit in sich widersprüchlich. Einerseits schreibt er der Wissenschaft durchaus die Aufgabe zu, die theoretischen Grundlagen für Prognosen zu schaffen, der Glaube an derartige Prognosen besitzt für ihn aber keinerlei Begründung (Popper, 1973, S. 384). Andererseits ist nach Popper der Glaube an Prognosen über das Zutreffen von Hintergrundannahmen bei Theorienprüfungen notwendig, um die Falsifikation zu einer begründeten Entscheidung zu machen.

Aus der Abhängigkeit der Falsifikation von durchaus willkürlichen Konventionen folgern Jones und Perry (1982), daß Popper auch induktive Argumente methodisch zulassen müßte. Wenn er nämlich induktive Argumente aufgrund ihrer Inkonklusivität a priori ablehnt, müßte er aus den gleichen Gründen auch die Falsifikation ablehnen; und wenn er Falsifikation mit methodologischen Überlegungen rechtfertigt, d.h. mit guten, pragmatischen oder konventionalistischen, aber nicht logisch zwingenden Gründen, muß er gute Gründe auch zur Begründung induktiven Vorgehens zulassen.

3.3 Deduktive und induktive Bestätigung

Insbesondere Popper (1981) und Popper und Miller (1983, 1987) haben zu zeigen versucht, daß ein probabilistischer induktiver Bestätigungsbegriff nicht sinnvoll ist. Ihre Argumente sind zwar formal korrekt, beruhen aber auf einer inadäquaten Explikation des empirischen Gehaltes, den eine Hypothese über die Beobachtungsevidenz hinaus hat (Gaifman, 1985; Mura, 1990). Poppers Argumentationen gegen einen induktiven und für einen rein deduktiven Bestätigungsbegriff sind vor allem deshalb nicht plausibel, weil er die induktiven Bestätigungsbegriffe generell an Kriterien mißt, die diese gar nicht erfüllen können, die vielmehr nur innerhalb seines eigenen Ansatzes notwendige Adäquatheitsbedingungen darstellen. So stellt es Popper (1965, S. 283) beispielsweise als Nachteil heraus, daß die Carnapsche Instanzenbestätigung für eine Theorie, die in jedem n-ten Versuch falsifiziert wurde, sich nicht dem Wert 0, sondern dem Wert $1-1/n$ nähert. Dabei überträgt er natürlich Adäquatheitsbedingungen, die für seinen deduktiven Bewährungsbegriff sinnvoll sind,

nämlich daß eine falsifizierte Theorie einen Bewährungsgrad von 0 erhalten sollte, unhinterfragt auf den Bestätigungsbegriff Carnaps. Dies weist darauf hin, daß Popper davon ausgeht, daß er und Carnap bei ihren Bemühungen um Präzisierung des Bestätigungsgrades einer Hypothese annähernd das gleiche Explikandum haben, sich also auf den gleichen „Gegenstand“ beziehen (siehe Popper, 1984, S.345).

Besser begründet ist u. E. die Auffassung, daß Carnaps und Poppers Bestätigungs- bzw. Bewährungskonzepte sich auf ganz verschiedene Problembereiche beziehen. Poppers scheinbar rein logische Konzeption bezieht sich auf den pragmatischen Kontext einer Person, die ausschließlich theoretisch an deduktiven (und damit sicheren) Konsequenzen ihrer Überzeugungen interessiert ist, die alle nicht deduktiv ableitbaren Aussagen ignorieren kann und die Überlegungen darüber anstellt, wie gut sich eine Theorie bei strenger Prüfung bewährt hat und wie sie näher an die Wahrheit zu bringen ist.

Carnaps Ziel hingegen ist (zumindest in seiner späteren Theorieversion) eine normative Theorie für rationale Entscheidungen unter Risiko (Stegmüller, 1973, S. 78-90, 531-540). Er bezieht sich damit auf eine Person, die eine Theorie als Basis für epistemische oder praktische Handlungen benutzt, obwohl sie weiß, daß ihre Überlegungen nicht die Sicherheit einer deduktiven Argumentation haben,

Deshalb sind die verschiedenen Bestätigungsbegriffe „nicht verschiedene Explikationsversuche eines eindeutig bestimmbar vorwissenschaftlichen Begriffs der Bestätigung, sondern sie stellen mögliche Präzisierungen von verschiedenen plausiblen Ansichten über Bestätigung dar“ (Lenzen, 1974, S. 94): Für jede dieser zugrundeliegenden Ansichten gibt es spezielle und plausible Adäquatheitsbedingungen, die zwar vom jeweiligen Explikat erfüllt werden, gegen die andere Explikate aber zumindest teilweise verstoßen.

Beim Vergleich beider Klassen von Bestätigungsbegriffen kommt Lenzen (1974) zu dem Schluß, daß „die Theorie deduktiver Bestätigung zwar im Bereich deterministischer Hypothesen ein adäquates Modell wissenschaftlicher Bestätigung darstellt, daß sie aber dennoch um induktive Überlegungen ergänzt werden muß, wenn sie eine umfassende und der wissenschaftlichen Praxis gerecht werdende Rekonstruktion dieses Begriffes liefern will“ (a.a.O., S.208). Notwendig sind solche ergänzenden induktiven Überlegungen insbesondere bei probabilistischen Hypothesen und bei deterministischen Hypothesen, die sich nicht in allen Prüfungen bewährt haben. In diesen beiden wissenschaftlichen Standardsituationen kann trotz fehlender deduktiver Bewährung die induktive Bestätigung im Sinne der Instanzenbewährung relativ hoch sein. Für alle Theorien, deren empirische Konsequenzen teilweise nicht bestätigt werden konnten, kann der deduktive Bewährungsgrad im Sinne Poppers konsequenterweise nur gleich Null gesetzt werden. Wenn keine voll be-

währten Theorien zur Verfügung stehen, wenn es aber trotzdem Veranlassung gibt, aus einer Menge von derartigen teilweise bewährten und (noch) nicht falsifizierten Theorien die beste Prognose- oder Handlungsgrundlage auszuwählen, ist es durchaus vernünftig, diese Auswahl nach anderen Kriterien vorzunehmen (Kutschera, 1972, S.460-466; Salmon, 1979). Zu denken ist dabei insbesondere an die induktive Instanzenbestätigung im Sinne von Carnap.

Wenn man die Poppersche Methodologie von induktiven Anteilen freihalten will (Miller, 1980), muß man sich auf ein sehr enges Bild von Funktion und Wert wissenschaftlicher Theorien zurückziehen. Insbesondere muß man alle Ereignisvorhersagen und Akzeptanzentscheidungen als gleichermaßen unbegründet und unbegründbar bezeichnen und sie deshalb aus dem Aufgabenbereich der Wissenschaft ausschließen. Dies läuft aber eindeutig dem tatsächlichen und gewünschten Gebrauch wissenschaftlicher Aussagen zuwider. Hypothesen und Theorien, die (noch) nicht falsifiziert und durch bessere ersetzt sind, sind nicht nur Objekte eines intellektuellen Spiels, die es wert sind, weiteren strengen Prüfungen ausgesetzt zu werden. Wissenschaftler und Anwender von Wissenschaft nehmen vielmehr in der Regel an, daß ihre Theorien auch in künftigen und hinreichend ähnlichen Fällen gelten werden, und sie bauen ihre Überzeugungen und Handlungen auf derartigen (natürlich veränderbaren) Annahmen auf. Alle Autoren, die das (schwache) Induktionsproblem behandeln, haben das Ziel, diese Haltung als vernünftig zu begründen. Eine ausschließlich deduktive Methodologie löst dieses Induktionsproblem nicht, sondern ignoriert es einfach durch Ausgrenzung. Man kann die Poppersche Methodologie so interpretieren, daß sie aufzuzeigen versucht, wieviel (bzw. wie wenig) sich ohne Bezugnahmen auf Induktion erreichen läßt. Uns scheint es jedoch nicht befriedigend, sich mit dem so Erreichbaren zu begnügen.

4. Pragmatische Rechtfertigungen der Induktion

Als pragmatisch wollen wir die Ansätze zur Behandlung des Induktionsproblems bezeichnen, die nicht nach globalen, rein logisch-syntaktischen und kontextunabhängigen Regeln für korrekte Induktion streben, sondern die den jeweiligen Inhalt und Verwendungszusammenhang von induktiven Argumenten beachten und ihre Nützlichkeit im Vergleich mit anderen Vorgehensweisen betonen (Salmon, 1979).

Pragmatisch orientierte Induktionsansätze haben typischerweise keinen hohen Anspruch an die Begründbarkeit von Induktion. So wird betont, daß induktive und deduktive Logik im gleichen Sinne nicht zu begründen sind, weil sie bei der Begründung ihrer Regeln sich selbst bereits voraussetzen (Amico, 1986; Goodman, 1973, S. 62). Wenn wir trotzdem allgemein davon ausgehen,

daß zwar die induktive, aber nicht die deduktive Logik einer Rechtfertigung bedürfe, dann deshalb, weil das deduktive System in sich konsistent ist und eindeutige Festlegungen umfaßt, was eine korrekte deduktive Ableitung ist, während starke Zweifel bestehen, wie und ob induktive Regeln wohlformuliert werden können (Hesse, 1974, S. 92-93; Jones, 1982).

4.1 Reichenbachs pragmatische Argumentation

Die vermutlich bekannteste pragmatische Rechtfertigung der Induktion geht auf Reichenbach (1935, 1938) zurück (vgl. de Olivera, 1985; Salmon, 1968, 1979, 1982). Nach seiner bereits erwähnten Induktionsregel (siehe S. 431) wird, vereinfacht gesagt, die bisherige relative Häufigkeit eines Ereignisses als beste Schätzung für seine Wahrscheinlichkeit angenommen. Reichenbach akzeptiert Humes Argument, daß es unmöglich ist, logisch zu begründen, daß irgendein induktives Argument jemals eine wahre Konklusion haben wird. Dennoch glaubt er, daß die Induktionsmethode zu rechtfertigen ist: Auch wenn ihr Erfolg als Methode der Vorhersage nicht im Vorhinein begründet werden kann, so kann man doch zeigen, daß sie jeder anderen Methode der Vorhersage zumindest gleichwertig ist (Salmon, 1979, S.52). „Die Induktionsregel ist die günstigste Setzung, weil sie die einzige Setzung ist, von der wir wissen: wenn es überhaupt möglich ist, Zukunftsaussagen zu machen, so werden wir sie durch diese Setzung finden... Freilich ist der naive Wunsch nicht erfüllbar, daß sich der Induktionsregel ein Garantieschein für sicheren Erfolg beifügen läßt ...“ (Reichenbach, 1935, S. 418).

Reichenbachs Begründung geht von zwei möglichen Fällen aus:

- 4 Die Natur könnte in einer Weise uniform sein, die es erlaubt, erfolgreiche induktive Vorhersagen zu machen. In diesem Fall wird die induktive Methode funktionieren, denn das Wesentliche an ihr besteht darin anzunehmen, daß die Zukunft der Vergangenheit ähnelt. Eine beliebige andere Methode X könnte genauso gut funktionieren, muß es aber nicht.
- b) Die Natur könnte nicht in der angegebenen Weise uniform sein. Dann wird die induktive Methode nicht funktionieren. Es kann aber auch keine alternative Methode X funktionieren, denn wenn X konsistent funktionieren würde, also zutreffende Vorhersagen machen würde, dann würde darin eine wichtige Uniformität bestehen, die durch induktive Methoden genutzt werden könnte.

Reichenbach greift zurecht nicht den seit Kant geläufigen Vorschlag auf, induktive Argumente durch Einfügen eines Uniformitätsprinzips in deduktive Schlüsse umzuwandeln. Das Problem der Begründung von Induktion wurde sich damit nur auf die Begründung des Uniformitätsprinzips verschieben, und dies scheint weder induktiv noch deduktiv möglich zu sein (Edidin, 1984;

Kronthaler, 1984; Salmon, 1979; Stegmüller 1971, S. 17-18). Selbst wenn das Prinzip als a priori wahr angesehen werden könnte, wurden damit konkrete induktive Argumente nur dann gerechtfertigt sein, wenn es eine absolute Uniformität ausdrücken würde. Dies ist aber höchst unplausibel, denn die Zukunft ist vielleicht in gewisser Hinsicht der Vergangenheit ähnlich, aber nicht in allen Aspekten, und die Schwierigkeit bestünde darin, herauszufinden, in welcher Hinsicht die Natur uniform wäre (Salmon, 1966, S. 42). Reichenbachs Vorgehen kann eher so beschrieben werden, daß er eine Uniformität annimmt, weil dies die einzige Möglichkeit ist, die uns dem Ziel der Ableitung begründeter Zukunftserwartungen näher bringen kann. Dabei bleibt aber das Problem bestehen, welche der verschiedenen möglichen Uniformitätssetzungen zu bevorzugen ist.

4.2 Anpassung von Prinzipien und Praxis

Pragmatische Überlegungen zur Rechtfertigung der Induktion stammen auch von Strawson (1952) und anderen Vertretern der Philosophie der normalen Sprache, die im Anschluß an Wittgenstein und im Unterschied zur analytischen Philosophie Begriffsklärung nicht durch die logische Präzisierungen erreichen will, sondern durch die Analyse der Gebrauchsregeln von Begriffen in der Alltagssprache (vgl. Schlesinger, 1981, S. 199-200). Zusammenfassend gelangt Strawson zu der Auffassung, daß die Ableitung von Erwartungen aufgrund induktiver Argumente rational ist, wenn sie den per Konvention akzeptierten Regeln des normalen induktiven Schließens gehorchen: Leitet man aus der Beobachtung einer großen Anzahl schwarzer Raben ab, daß alle Raben schwarz sind, ist das ein rationaler Schluß, für den eine weitere Rechtfertigung durch grundsätzlichere Prinzipien weder notwendig noch möglich ist. Selbst wenn der nächste beobachtete Rabe nicht schwarz sein sollte, kann es immer noch rational gewesen sein, unter den gegebenen Umständen erwartet zu haben, daß er schwarz sein würde. Wie Salmon (1978) kritisch anmerkt, ist das Induktionsproblem damit aber keineswegs endgültig umgangen. Zum einen könnte man mit dieser Argumentation auch verschiedene „pathologische“ Vorgehensweisen als rational rechtfertigen, zum anderen ist Induktion zwar tatsächlich kaum durch tieferliegende Prinzipien zu rechtfertigen (sog. validation), wohl aber dadurch, daß sie der Erreichung bestimmter Ziele dient (sog. vindication).

Deshalb ist es wohl angemessener, entsprechend den Vorschlägen von Goodman (1973) allgemeine induktive Regeln und spezielle induktive Inferenzen gemeinsam zu rechtfertigen, indem man sie sukzessiv in eine möglichst große Übereinstimmung (Kohärenz) bringt. Dazu ist zu zeigen, daß diese induktiven Argumente mit generellen Regeln des Argumentierens übereinstimmen und

daß diese Regeln mit tatsächlich verwendeten und allgemein akzeptierten Argumenten übereinstimmen.

Dabei sollten wir uns nach Goodman primär der Frage zuwenden, wie normalerweise akzeptierte induktive Argumente konstruiert sind, und versuchen, die Differenz zwischen akzeptierten und nicht akzeptierten Vorhersagen zu definieren. Eine generelle Regel soll dann aufgegeben werden, wenn sie eine Inferenz erlaubt, die wir nicht akzeptieren wollen, und eine Inferenz wird zurückgewiesen, wenn sie eine Regel verletzt, die wir nicht aufgeben wollen.

Diese beständige wechselseitige Anpassung von Prinzipien und Praxis, bei der Beschreibung und Begründung Hand in Hand gehen, ist eine grundlegende Methode für pragmatische Lösungen des (schwachen) Induktionsproblems. Sie ist zwar rekonstruktiv ausgerichtet, erlaubt aber auch normative Aussagen darüber, wie Personen induktiv argumentieren sollten, zumindest dann, wenn sie Erklärungen dafür anbieten kann, warum tatsächlich stattfindende Überlegungen nicht zu optimalen Ergebnissen führen (Thagard, 1988, 113-115; Thagard & Nisbett, 1982, S.392).

Insgesamt betrachtet man aus pragmatischer Sicht induktive Argumente nicht als (quasi)logische Begründungen von Wissen, sondern als Entscheidungen unter Unsicherheit und als (möglicherweise) regelgeleitete Ableitungen von (revidierbaren) Erwartungen und Hypothesen.

Auch von der Induktion kann man nicht verlangen, unerreichbares Wissen zu erreichen, z.B. darüber, ob eine bestimmte Vorhersage korrekt sein wird oder nicht. Die Frage, ob ein Ereignis E eintreten wird oder nicht, ist eindeutig faktischer Natur und kann niemals allein durch (logische) Begriffsklärungen und -beziehungen beantwortet werden. Induktives Denken kann nicht auf die Erlangung von Zukunftswissen abzielen, sondern nur auf eine rationale Organisation unserer Zukunftserwartungen (Kutschera, 1972, S. 215).

4.3 Einbeziehung von Hintergrundwissen

Im Unterschied zu deduktiven Schlüssen kann man nach pragmatischer Auffassung die Adäquatheit eines induktiven Schlusses nicht allein aufgrund syntaktischer Kriterien beurteilen, wie sie das Programm einer formalen induktiven Logik erbringen sollte (Thagard & Nisbett, 1982). Sie hängt vielmehr ganz wesentlich vom Inhalt der Prämissen und Konklusionen und vom Verwendungszusammenhang ab. Konkret wird die Berechtigung einer induktiven Wissenserweiterung nicht nur von der gesamten verfügbaren empirischen Evidenz bestimmt, sondern auch von der vorliegenden Situation, der untersuchten Fragestellung, dem aktivierten Hintergrundwissen, den Zielen, die die Person aktuell verfolgt, von dem erwarteten Wissenszuwachs und seinem mög-

lichen Nutzen, von den drohenden Fehlannahmen und ihren schädlichen Konsequenzen usf. (Holland, Holyoak, Nisbett & Thagard, 1986, S.5; Levi, 1979, S.340, 1982, S. 186-189).

Für die Induktion besonders bedeutsame Aspekte des Hintergrundwissens sind Informationen über die Merkmalsvariabilität (Thagard & Nisbett, 1982): Inwieweit verschiedene Beobachtungen eine induktive Verallgemeinerung rechtfertigen oder (umgekehrt betrachtet) inwieweit eine allgemeine Aussage durch einzelne Beobachtungen gestützt werden kann, hängt zwar stets auch von der Anzahl der positiven Instanzen ab. Hauptsächlich hängt der Bestätigungsgrad aber vom Hintergrundwissen darüber ab, wie stark sich die Arten von Objekten, über die eine allgemeine Aussage getroffen werden soll, hinsichtlich der betrachteten Art von Merkmalen zu unterscheiden pflegen.

Induktiven Argumenten liegt also nicht eine generelle Annahme über die globale Uniformität der Natur zugrunde, sondern sie basieren auf differenzierten Variabilitäts- und Konsistenzerfahrungen. Dadurch ist auch zu erklären, weshalb alle Versuche der Philosophie, Induktion durch allgemeine, quasi-logische Argumente zu rechtfertigen, letztendlich ohne durchschlagenden Erfolg geblieben sind: Ob ein induktives Argument als adäquat oder rational bezeichnet werden kann, hängt nicht primär von generellen, logischen und kontextfreien Kriterien ab, sondern vom konkreten Gegenstandsbereich und unserem spezifischen Wissen.

Die Größe dieser Variabilität hängt davon ab, auf welche Referenzklasse die betrachteten Objekte bezogen werden. Je weiter sie definiert wird, desto größer wird die Merkmalsvariabilität und desto schwächer die Rechtfertigung der Induktion. Auf der anderen Seite erlauben sehr spezifische Bezugsmengen zwar eine problemlosere Induktion, diese beziehen sich aber eben auch nur auf einen relativ kleinen Objektbereich. Wie allgemein oder speziell eine Referenzklasse zu wählen ist, kann nicht generell festgelegt werden, sondern hängt von den jeweils verfolgten Zielen, insbesondere vom intendierten Verallgemeinerungsbereich ab.

Betrachtet man die Frage der Adäquatheit induktiver Argumente pragmatisch, d.h. berücksichtigt man dabei insbesondere Ausgangssituation und Ziele, verlieren die von Philosophen sehr intensiv diskutierten Paradoxien der Bestätigung (siehe Seite 433) ihre Relevanz. Sie zeigen nur, daß rein syntaktische Betrachtungen des Induktionsproblems unzureichend sind, weil es ihnen aufgrund der Beschränkung auf logische Äquivalenzen nicht gelingen kann, zwischen unterschiedlich verallgemeinerungsfähigen und bestätigungsrelevanten Begriffen und Situationen zu unterscheiden (Cohen, 1989; Y. Cohen, 1979; Gärdenfors, 1990; Holland et al., 1986, S. 7, 234-235; Stemmer, 1975; Thagard & Nisbett, 1982; Will, 1982).

Grundsätzlich können nur solche Objekt- und Ereignisarten als Referenzklassen gewählt werden, deren intensionale oder extensionale Abgrenzung uns ausreichend klar ist und über die wir bereits hinreichend Wissen erworben haben. Spätestens an dieser Stelle wird deutlich, daß pragmatische Induktionskonzeptionen wie die von Thagard und Nisbett explizit auf kognitionspsychologischen Vorstellungen aufbauen. Insbesondere beruhen sie auf der menschlichen Fähigkeit, Objekte in Kategorien einzuteilen, ihnen Eigenschaften und gesetzmäßige Verhaltensdispositionen zuzuschreiben, diese Konzepte in semantischen Netzwerken zu hierarchisieren usw. Wir werden auf elaborierte psychologische Induktionskonzeptionen im Abschnitt 5 näher zu sprechen kommen.

Wichtig für die Berechtigung induktiver Erweiterungen sind aber nicht nur Informationen über bisherige Merkmalskonstanzen, -variabilitäten und -zusammenhänge, die relativ direkt empirisch beobachtbar sind, sondern vor allem auch Kenntnisse oder Annahmen über die Gleichheit oder Analogie der zugrundeliegenden Faktoren und Prozesse. Wie Hesse (1974) betont, ist die Güte der Vorhersagen, die aus einer Theorie abgeleitet werden, d.h. die Wahrscheinlichkeit ihrer Bestätigung, vom Ausmaß der Analogie zwischen den bereits vorliegenden theoriekonformen Beobachtungen und den noch nicht untersuchten Anwendungsfällen abhängig. Beispielsweise konnte Newton so verschiedene Phänomene wie Planetenbahnen und Gezeitenwechsel aus seiner Theorie vorhersagen, weil er zurecht davon überzeugt war, daß die beteiligte Materie sich in allen Anwendungen im wesentlichen analog zu massiven Körpern verhält (Hesse, 1980, S. 215). Newtons Theorienentwicklung begann zwar mit enumerativer Induktion, konnte aber nur durch eine ständige Kombination von Mustererkennung, analogem Denken und induktiver Inferenz erfolgreich fortschreiten (Gaifmann, 1985). Der damit angesprochene Faktor der Ähnlichkeit von bisherigen und zukünftigen Anwendungsfällen spielt bei der strukturalistischen Analyse wissenschaftlicher Prozesse eine entscheidende Rolle (siehe Abschnitt 6).

5. Psychologische Analysen der Induktion

In diesem Abschnitt wollen wir unsere primär analytisch-philosophischen Überlegungen zur Induktion durch einige Blicke auf empirisch ausgerichtete Induktionskonzeptionen erweitern. Der Induktionsbegriff wird in Psychologie und Kognitionswissenschaft allerdings wesentlich breiter verstanden als nach unserer Charakterisierung zu Anfang dieser Arbeit. Er bezeichnet nicht-deduktive Inferenzen aller Art, beispielsweise Konzeptlernen, Kategorienbildung, Regelidentifikation, Kovariationsentdeckung, Konditionierung, Bildung mentaler Modelle und analoges Problemlösen. Allerdings beziehen sich die einschlägigen

Untersuchungsparadigmata auf recht einfache Gegenstandsbereiche und sind zur Analyse wissenschaftlicher Prozesse nur geeignet, wenn sie auf komplexere Arten von Regeln, Hypothesen und Rückmeldungen ausgedehnt werden (Klahr & Dunbar, 1988).

Schon Wertheimer (1959) hat aus seiner gestaltpsychologischen Sicht wissenschaftliche Problemstellungen als Suchprozesse durch eine Menge von Wissenszuständen beschrieben. Später hat insbesondere Simon (1966, 1973; Newell, Shaw & Simon, 1958) dafür plädiert, sich bei der Analyse wissenschaftlicher Prozesse auch dem Entdeckungszusammenhang zuzuwenden und die Suche nach wissenschaftlichen Regel- oder Gesetzmäßigkeiten als spezielle Problemlösungsprozesse zu betrachten und mit Hilfe von Computern zu simulieren.

Speziell für die Beschreibung und Simulation wissenschaftlicher Problemlösungsprozesse sind eine Reihe von Konzeptionen und Computerprogrammen vorgestellt worden. So simuliert (um nur zwei paradigmatische Beispiele **ZU** nennen) BACON (Langley, Simon, Bradshaw & Zytkow, 1987) erfolgreich die Ableitung von Konzepten, Hypothesen und Gesetzen aus empirischen Daten, während KEKADA (Kulkarni & Simon, 1988) auch die Planung und Durchführung von Experimenten, die Ableitung von Bewährungsmaßen für die überprüften Hypothesen und die Modifikation von Theorien beschreibt.

Eine interessante Perspektive dürfte durch die Simulation induktiven Denkens mit Hilfe von konnektionistischen oder PDP-Modellen (McClelland & Rumelhart, 1986; Rumelhart & McClelland, 1986) entstehen, die im Unterschied zu den vorliegenden Produktionssystemen mit subsymbolischen Einheiten und paralleler Verarbeitung operieren. Insbesondere kann dadurch ohne Schwierigkeiten modelliert werden, wie implizite Regeln allein aus dem Umgang mit Beispielen entstehen. Es scheint aber noch unklar zu sein, wie explizite Regelabstraktionen modelliert werden können (Strube, 1990, S. 139).

5.1 Eine allgemeine Induktionskonzeption

Holland, Holyoak, Nisbett und Thagard (1986; vgl. Holyoak & Nisbett, 1988) haben den bisher wohl ambitioniertesten theoretischen Rahmen zur Erklärung und Beschreibung von Induktion entwickelt. Er umfaßt verschiedene bekannte Konzeptionen und Ergebnisse zur Psychologie der Informationsverarbeitung (siehe Opwis & Spada, Kapitel 5 in diesem Band). Konkretisierungen findet diese Theorie in den beiden Programmsystemen CS (classifier system) und PI (process **of** induction, vgl. Thagard, 1988), mit denen unterschiedliche Arten induktiven Verhaltens kognitiver Systeme simuliert werden. Sie reichen von der klassischen Konditionierung bei Tieren (Holyoak, Koh & Nisbett,

1989), über Begriffsbildungen und soziale Beurteilungen bis zum theorieentwickelnden Wissenschaftler. Allerdings konnten bisher noch nicht alle betrachteten Phänomene adäquat modelliert werden, und viele postulierte theoretische Prinzipien sind noch nicht ausreichend empirisch geprüft worden (Holland et al, 1986, S. 351). Eine Konkretisierung dieser Rahmenkonzeption, die bisher nur auf relativ allgemeinem Niveau formuliert ist, für alle von den Autoren ins Auge gefaßten Anwendungen, wird sicherlich noch erhebliche Anstrengungen kosten, verspricht jedoch andererseits interessante Einsichten in induktive Denkprozesse. Die für uns wichtigsten Grundideen dieser Induktionskonzeption sollen im folgenden kurz nachgezeichnet werden.

Die Hauptaufgabe des kognitiven Systems kann darin gesehen werden, durch adaptive Anpassung Unsicherheit über die Umwelt zu reduzieren. Dies erfolgt nach Auffassung der Autoren dadurch, daß kognitive Systeme quasi-homomorphe mentale Modelle der Umwelt konstruieren und diese aufgrund von Umweltruckmeldungen induktiv verändern. Wesentliche Bausteine dieser mentalen Modelle sind Produktionen („Wenn . . . dann ...“-Regeln. Anderson, 1983; Newell & Simon, 1972). Ihre Aktionskomponenten können Veränderungen sowohl der Umwelt wie der individuellen Wissensbasis herbeiführen, und ihre Hauptfunktion besteht darin, Erwartungen, Vorhersagen und Hypothesen zu erzeugen.

Induktion ist aus der Sicht der Autoren eine problembezogene Erweiterung und Veränderung der Wissensstruktur durch neue Hypothesen und Regeln. Sie wird in Abhängigkeit von der aktuellen individuellen Zielhierarchie durch problematische innere oder äußere Ereignisse ausgelöst und umfaßt vor allem zwei schwierige, miteinander verknüpfte Arten von Aufgaben:

- die Bewertung, Verbesserung und Auswahl bestehender Regeln und
- die Erzeugung von neuen Regeln.

Um die Bewertung des vergangenen Erfolgs von Regeln beschreiben zu können, wird in Produktionssystemen für jede Regel ein Stärkewert angenommen, der sich nach erfolgreichen Anwendungen erhöht und nach falschen Vorhersagen vermindern kann.

Die Generierung neuer und erfolgsversprechender Regeln wäre viel zu ineffizient, wenn sie zufällig erfolgen würde, und scheint deshalb durch eine Reihe von Heuristiken gesteuert zu sein (Holyoak & Nisbett, 1988). Insbesondere bestimmen auslösende Bedingungen, Urteilsschemata und die kombinierbaren vorhandenen Regelemente die Ergebnisse. Damit werden im Gegensatz zu Poppers Auffassung selektive Mechanismen zur Auswahl brauchbarer Hypothesen nicht erst bei deren empirischer Prüfung wirksam, sondern bereits in der Phase ihrer Entstehung. Entdeckungs- und Rechtfertigungszusammenhang sind aus dieser Perspektive wesentlich enger verknüpft als üblicherweise in der Wissenschaftstheorie angenommen wird (Thagard, 1988, S. 51).

Die in den Simulationssystemen hauptsächlich verwendeten Mechanismen zur Regelgenerierung sind verschiedene Arten von Generalisierungen und Spezialisierungen von Bedingungs-Aktions-Regeln, beispielsweise **Generalisierungen** durch Verallgemeinerung von einigen auf alle Fälle. Diese Generalisierungen werden nach den Ergebnissen verschiedener empirischer Untersuchungen um so eher akzeptiert

- je mehr positive Instanzen und je weniger Gegenbeispiele aufgefunden worden sind und
- je geringer die Variabilität der betrachteten Objekte hinsichtlich des betrachteten Merkmals eingeschätzt wird (Holyoak & Nisbett, 1988).

Zum Beispiel hielten die Versuchspersonen von Nisbett, Krantz, Jepson und Kunda (1983) allgemeine Aussagen über chemische Eigenschaften eines unbekanntes Elements für berechtigter als allgemeine Aussagen über Persönlichkeitseigenschaften eines unbekanntes Volksstamms.

Die Produktionsregeln innerhalb eines mentalen Systems können in Standardhierarchien (**default hierarchies**) geordnet sein, die durch die über- und Unterordnungsbeziehungen zwischen den beteiligten Konzepten bestimmt werden (Holland et al., 1986, S. 18-25). Sie führen zu den normalen mit Kategorien verbundenen Erwartungen (z. B. „wenn etwas ein Vogel ist, kann es fliegen“), können aber durch spezifischere Regeln überlagert werden (z.B. „wenn etwas ein Pinguin ist, kann es nicht fliegen“). Diese Regelhierarchien repräsentieren sowohl nützliche Generalisierungen als auch (auf den untergeordneten Ebenen) wesentliche Ausnahmen. Sie stellen damit die Information dar, die eine Person über die **Uniformität** und die **Variabilität** der betrachteten Objekte hinsichtlich der betrachteten Merkmale hat. Je weniger Ausnahmen es nach bisherigem Wissen zu einer Regel gibt, desto weniger gleichlautende Beispiele genügen, um induktiv auf die Eigenschaften aller Objekte einer Klasse zu schließen.

Auch **wissenschaftliche Theorien** können nach Holland et al. (1986) als mentale Modelle aufgefaßt werden. Sie beziehen sich auf Unbeobachtbares und erklären verschiedene Einzelgesetze und beobachtbare Regelmäßigkeiten aus einem breiten Bereich. Sie sind Teil des kognitiven Apparats des Wissenschaftlers und werden so lange verwendet, bis es bessere Werkzeuge zur Lösung der interessierenden Probleme gibt. Wissenschaftliche Gesetze werden als Regeln innerhalb dieser (Produktions-)Systeme aufgefaßt, die nur unter sonst gleichen Bedingungen (**ceteris paribus**) gelten und für die es auch Ausnahmen gibt.

Die Entwicklung von neuen Hypothesen und Gesetzen mit theoretischen Begriffen kann nicht mit einfachen induktiven Verallgemeinerungsmechanismen erklärt werden, sondern nur mit Hilfe der für Problemlösungsprozesse typischen Kombinationen von aufsteigenden und absteigenden, **daten- und konzeptgeleiteten** Prozessen. Dabei sind oft gründliche Rekonzeptualisierungen

des Problemraums notwendig, und insbesondere zur Simulation von „revolutionären“ Umwälzungen im Sinne von Kuhn (1981) gilt es, theoretische Vorstellungen darüber zu entwickeln und umzusetzen, wie ein altes konzeptuelles Netzwerk durch ein neues ersetzt werden kann (Thagard, 1990). Eine bedeutende Leitfunktion kommt bei diesen Entwicklungsprozessen Analogien zu anderen Wissensgebieten zu, wie beispielsweise die „Wellentheorie“ des Lichts (Analogie zwischen Wasser und Licht) und Darwins „natürliche Zucht-wahl“ (Analogie zwischen Evolution und Tierzucht) (siehe Clement, 1988; Dreistadt, 1968; Gaifman, 1985; Hesse, 1966).

5.2 Induktionspsychologie und -philosophie

Die angesprochenen kognitiven Induktionskonzeptionen und -simulationen können sowohl Antworten auf deskriptive wie normative Fragestellungen geben:

1. Durch welche Regeln und Heuristiken können die menschlichen Fähigkeiten zur Erfindung und Bewertung neuer Hypothesen, Erklärungen und Konzepte beschrieben und erklärt werden?
2. Welche (induktiven) Regeln und Heuristiken erzeugen ein maximal effektives und adaptives kognitives System, d.h. ein System, das die brauchbarsten Hypothesen erzeugt, die umfassendsten Erklärungen gibt oder die besten Vorhersagen macht?

Kognitionspsychologische Untersuchungen zeigen, daß die **Effizienz** kognitiver Systeme bei der Antizipation zukünftiger Beobachtungen durch heuristische Informationsverarbeitungsregeln, die über deduktives Denken hinausgehen, deutlich gesteigert wird. Um das System nicht zu überlasten und ineffizient zu machen, muß in den Simulationsprogrammen die Hypothesengenerierung aber stark **restringiert** werden. Dies erfolgt erstens durch Beschränkung auf Hypothesen, die den vorherrschenden Zielen des Systems entsprechen und die mit den jeweiligen Hintergrundinformationen und Erklärungsschemata verträglich sind, und zweitens durch Bevorzugung von Generalisierungen, analogen Übertragungen oder Modifikationen bestehender Hypothesen. Auch kann ein kognitives System stets nur einen kleinen Teil aller möglichen deduktiven Inferenzen ausführen. Zwar erbringt deduktive Informationsverarbeitung Resultate, die mit größerer Sicherheit wahr sind als die Resultate induktiver Informationsverarbeitung, der größte Teil der deduktiven Resultate ist für die Erreichung der Ziele des Systems aber völlig irrelevant (Holland et al., 1986, S.4).

Die **Ableitung normativer Konsequenzen** und Empfehlungen für die Wissenschaft aus derartigen Effektivitätsstudien ist sicher nicht unproblematisch. Mit der gebührenden Vorsicht können aber Informationsverarbeitungsstrategien, die sich in diesen Untersuchungen bewährt haben, auch für die Zukunft als

begründete und vielleicht bestmögliche Wege zur Generierung erfolgreicher Hypothesen und Vorhersagen empfohlen werden. Sie setzen zwar eine prinzipielle Uniformität der Umwelt voraus, diese Annahme liegt aber allen methodologischen Regeln und Empfehlungen zugrunde. Darüber hinaus können Informationsverarbeitungsstrategien, die sich in entsprechenden Simulationen als adaptiv gegenüber veränderten Bedingungen erwiesen haben, auch bei partiellen Verletzungen der Uniformitätsbedingung empfohlen werden.

Kognitionswissenschaftliche Induktionskonzeptionen können die **philosophischen Analysen** der Induktion damit in verschiedener Weise ergänzen und bereichern:

1. Durch nomologische Modelle und Regelsystem kann offensichtlich auch der **Entdeckungsprozeß** allgemeiner Gesetze beschrieben werden, also gerade die Art von Induktion, die z.B. Carnap und Popper aus ihren Überlegungen ausgeschlossen haben, weil sie ihnen nicht regelgeleitet erschien.
2. Dabei zeigt sich, daß normative Kriterien und kognitive Heuristiken bereits bei der Generierung von Konzepten und verallgemeinernden Hypothesen eine Rolle spielen, nicht erst in daran anschließenden Evaluationsprozessen.
3. Die deduktive und induktive Informationsverarbeitung muß durch die aktuelle **Zielstruktur** des Systems gesteuert werden. Die von Popper nahegelegte Vorstellung einer völlig freien Produktion von Hypothesen ist deshalb kognitionstheoretisch fragwürdig.
4. Die in der Philosophie diskutierten generellen Annahmen über die Uniformität der Welt können durch spezielles **Hintergrundwissen** über regelmäßige Merkmalskonstanzen, -variabilitäten und -zusammenhänge ersetzt werden. Die gegenüber der deduktiven Logik reicheren Repräsentationsformalismen der Kognitionspsychologie könnten sich dabei als adäquatere Möglichkeit der Beschreibung und Präzisierung induktiver Annahmen und Prozesse erweisen.
5. Die induktiven Argumenten zugrundeliegenden Analogie- und **Ähnlichkeitsurteile** können durch Modelle der kognitiven Repräsentation präziser und vor allem psychologisch angemessener dargestellt werden als in den vorliegenden philosophischen Konzeptionen.
6. Mit Hilfe empirisch-psychologischer Untersuchungen kann man die Regeln ermitteln, die tatsächlichen und akzeptierten induktiven Argumenten zugrundeliegen, und typische Fehler wie etwa die Tendenz zur Bestätigung eigener Hypothesen empirisch analysieren. Damit sind die Voraussetzungen geschaffen, um das von Goodman (1973, S.66) beschriebene Ziel eines **reflektiven Äquilibrium**s zwischen allgemeinen Induktionsregeln und tatsächlich akzeptierten induktiven Argumenten zu verfolgen und darüber hinaus eine maximale Kohärenz mit dem verfügbaren Hintergrundwissen und den Zielen des Systems anzustreben (Thagard, 1988).

Allerdings müssen auch die Beschränkungen der vorliegenden psychologischen Analysen induktiven Denkens beachtet werden. Erstens kann kaum geprüft werden, ob mit den Computersimulationen die Informationsverarbeitungsmechanismen bei wissenschaftlichen Induktionsprozessen adäquat beschrieben werden, da die zum Vergleich notwendigen detaillierten Protokolle wissenschaftlicher Problemlösungsprozesse im allgemeinen fehlen. Deshalb ist es sinnvoll, bei den Simulationen zumindest die Ergebnisse der **quasi-empirisch** ausgerichteten Wissenschaftsphilosophie und insbesondere der **strukturalistischen** Rekonstruktionen tatsächlicher Wissenschaftsprozesse (siehe Abschnitt 6) mit einzubeziehen. Zweitens sind Komponenten der Simulationsmodelle oft übersimplifiziert. Vor allem werden die Probleme bei der genauen Definition des Grades der Bewährung oder Bestätigung von Hypothesen ausgeklammert oder nur unvollständig behandelt.

Drittens schließlich operieren viele kognitionspsychologische Simulationen in einer **künstlichen Welt**, deren Fakten und Regularitäten vom Konstrukteur der Simulation relativ willkürlich festgelegt werden können. Es muß deshalb üblicherweise offenbleiben, inwieweit die Erfolge der Simulation beim Erkennen und Vorhersagen dieser Fakten und Regularitäten auf andere mögliche Welten, insbesondere auf die reale Welt, übertragen werden können.

Um Hypothesen generieren zu können, die möglichst zutreffende Voraussagen erlauben, enthalten die meisten Simulationssysteme **Uniformitätsvermutungen**. So geht man gemeinhin davon aus, daß in ähnlichen Situationen sich am ehesten ähnliche Hypothesen bewähren werden, daß oft und gut validierte Hypothesen sich auch weiterhin bewähren werden usw. Hinterfragt oder problematisiert werden derartige Annahmen üblicherweise nicht weiter. Vielmehr werden die Uniformitäten in der betrachteten „künstlichen Welt“ selbst erzeugt, indem die Computerprogramme auf Repräsentationen operieren, für die diese Uniformitäten gelten. Ein realer Anwendungsbereich, in dem die normalerweise angenommenen Uniformitäten nicht oder nur teilweise gegeben sind, könnte durch die entsprechenden Simulationsprogramme vermutlich nur sehr inadäquat bewältigt werden. Wünschenswert wären daher gezieltere Untersuchungen zum adaptiven Charakter induktiver Heuristiken. Wenn gezeigt werden könnte, daß bestimmte Heuristiken sich an verschiedene Uniformitätsmuster in verschiedenen simulierten Welten angleichen können, dann wäre etwas Wesentliches für die Begründung solcher Heuristiken auch unabhängig von der realen Beschaffenheit der jeweiligen Welt gezeigt.

Aus der Tatsache, daß man ohne derartigen Annahmen offenbar kein wissenschaftliches Denken simulieren kann, kann gefolgert werden, daß wissenschaftliches Denken auf Uniformitätsannahmen beruht und daß es eine Aufgabe methodologischer Analysen sein sollte sie näher zu explizieren. Wir werden darauf noch zurückkommen.

6. Strukturalistische Analyse der Induktion

In diesem Abschnitt wollen wir die induktiven Anteile wissenschaftlicher Forschungsprozesse genauer lokalisieren und charakterisieren, indem wir von der strukturalistischen Wissenschaftskonzeption (**non-statement view**, Balzer, Moulines & Sneed, 1987; Stegmüller, 1979; siehe auch Gadanne, Kapitel 7 in diesem Band) und den Resultaten strukturalistischer Analysen tatsächlicher wissenschaftlicher Theorien und Forschungen (Westermann, 1987a; Westmeyer, 1989) ausgehen.

Die strukturalistische Wissenschaftskonzeption ermöglicht präzise und umfassende metatheoretische Analysen von Terminologien und Behauptungen, Verbindungen und Entwicklungen von wissenschaftlichen Theorien aus verschiedenen Fachgebieten, sie erlaubt und erfordert aber auch den Einbezug pragmatischer und konventionalistischer Aspekte, die den Wissenschaftsprozess entscheidend mitprägen. Damit bildet die strukturalistische Wissenschaftsauffassung tragfähige Brücken zwischen der **analytischen Wissenschaftsphilosophie** mit ihrem logisch-rekonstruktiven Grundanliegen, dem mehr methodologisch orientierten **Kritischen Rationalismus** und den wissenschaftshistorisch und -soziologisch ausgerichteten Ansätzen (Westermann, 1987b).

6.1 Induktion im Wissenschaftsprozess

Aus strukturalistischer Sicht ergeben sich einige Konsequenzen für Stellenwert und Problematik induktiver Argumente in empirischen Wissenschaften, die wir im folgenden thesenartig zusammenfassen wollen.

1. Maße für die globale induktive Bestätigung von **Theorien** sind nicht sinnvoll zu konzeptualisieren und zu verwenden, denn eine Theorie ist kein Aussagensystem mit unbegrenztem Geltungsanspruch, sondern ein epistemisches Instrument, dessen Elemente mit speziellen und jeweils begrenzten **intendierten Anwendungsbereichen** versehen werden.
2. Entscheidende Aspekte der empirischen Prüfung von Hypothesen, wie die Validitätssicherung und die signifikanzstatistische Auswertung, die traditionellerweise als induktiv bezeichnet werden, können weitgehend deduktiv rekonstruiert werden (Bredenkamp, 1980; Gadanne, 1984; Hager & Westermann, 1983; Erdfelder & Bredenkamp, Kapitel 14 in diesem Band; Hussy & Möller, Kapitel 11 in diesem Band).
3. Die Neuaufstellung oder Modifikation von Theorieelementen (**theoretische Fortschritte**) und die Ausdehnung von intendierten Anwendungsbereichen (**empirische Fortschritte**) beinhalten kein genuin induktives Denken, falls die resultierenden Hypothesen tatsächlich empirisch überprüft

werden sollen. Diese empirischen Hypothesen gehen zwar über das bisherige Wissen hinaus, ihr Wert hängt aber nicht so sehr davon ab, wie gut sie durch die bisher vorliegenden Erfahrungen gestützt werden. Er wird vielmehr vor allem durch den Informations- und Erkenntnisgewinn bestimmt, der mit einem nachfolgenden empirischen Untersuchungsergebnis verbunden ist.

4. Von Bedeutung ist induktives Denken hingegen bei der Formulierung und Bewertung von **empirischen Vermutungen** über die erfolgreiche Anwendbarkeit von Theorien auf empirische Systeme, die nicht empirisch überprüft werden können oder sollen.

Die vierte These soll im folgenden etwas näher begründet werden. Die zentrale Rolle in der strukturalistischen Theorienformulierung spielen die sog. **Theorieelemente**, die miteinander zu einem Theoriennetz verknüpft sind. Jedes Theorieelement besteht aus einem **formalen Kern** und einer Menge von **intendierten Anwendungen**. Diese intendierte Anwendungsmenge **I** ist ein pragmatisches Konzept und kann stets nur unscharf abgegrenzt werden. Sie enthält als Teilmengen vor allem die von der jeweiligen wissenschaftlichen Gemeinschaft akzeptierten paradigmatischen Anwendungen (I_0) und die später hinzugekommenen erfolgreichen Anwendungen (I_0). Außerdem gibt es „hypothetische“ Anwendungen (I_h), die vorläufig in die Menge **I** aufgenommen worden sind, bei denen aber noch empirisch geprüft werden soll, ob sie tatsächlich erfolgreiche Anwendungen sind. Darüber hinaus kann in **I** aber auch eine Menge I_v von vermuteten Anwendungen enthalten sein.

Sie repräsentiert die festen Überzeugungen der Vertreter der Theorie darüber, auf welche anderen, ähnlichen empirischen Systeme das Theorieelement ebenfalls erfolgreich angewendet werden kann, ohne daß dies eigens empirisch überprüft wird. Diese Überzeugungen wollen wir als **empirische Vermutungen** bezeichnen.

Empirische Vermutungen können eindeutig als Ergebnis induktiver Argumente charakterisiert werden. Erstens sind sie insofern **gehaltserweiternd**, als sie über das akzeptierte empirisch fundierte Wissen hinausgehen. Zweitens werden sie aber nach Auffassung ihrer Vertreter durch Hintergrundwissen und bisherige Erfahrung stark **gestützt**.

Prinzipiell könnte man induktive Anwendungsvermutungen vermeiden, indem man die Gültigkeit einer Theorie strikt nur für genau die Fälle unterstellt, die erfolgreich empirisch überprüft worden sind. Tatsächlich sind induktive Geltungsbereichserweiterungen jedoch ein wesentliches Charakteristikum des üblichen Umgangs mit wissenschaftlichen Theorien, das es methodologisch zu analysieren gilt. Sie treten im Rahmen jeder wissenschaftlichen oder praktischen Anwendung einer Theorie **T** auf, bei der die Frage der Gültigkeit von **T** weder explizit überprüft noch auf spätere Untersuchungen verschoben wer-

den kann, sondern bei der die erfolgreiche Anwendbarkeit von T unterstellt werden muß, um andere Handlungsziele verfolgen zu können. Dies ist vor allem der Fall, wenn eine Theorie **T** als **Hilfstheorie** in einer Untersuchung zur empirischen Prüfung einer anderen Theorie T' verwendet wird oder wenn eine bewährte Theorie zur Phänomenerklärung und -vorhersage für andere Personen und Situationen herangezogen wird.

Die Frage der Übertragbarkeit von Untersuchungsergebnissen auf andere Personen und „natürliche“ Situationen ist gerade im Kontext **technologischer Forschungsprogramme** (siehe Herrmann, Kapitel 6 in diesem Band) von großer Bedeutung. Dies hat zu der bekannten Forderung geführt, wissenschaftliche Untersuchungen sollten nicht nur „intern“, sondern auch „extern“ valide sein (Campbell & Stanley, 1963; Cook & Campbell, 1979). Das Konzept der **externen Validität** ist aber in mehrfacher Hinsicht zu undifferenziert und kein sinnvolles generelles Gütemerkmal für empirische Untersuchungen (Gadene, 1984; Westermann, 1987a). In ihm werden die Frage der Güte einer hypothesenprüfenden Untersuchung mit der Frage der Gültigkeit der entsprechenden Theorie in einem nicht-untersuchten Kontext vermischt. Da grundlagenwissenschaftliche Theorien sich typischerweise auf kausale Zusammenhänge zwischen relativ wenigen Variablen beziehen, können sie nur durch Experimente in künstlich abgeschlossenen Situationen valide überprüft werden. Diese Experimente sind damit aber notwendigerweise extern invalide, weil ihre Ergebnisse nicht unbedingt auf „natürliche“ Situationen übertragen werden können.

6.2 Berechtigung empirischer Vermutungen

Wenn wir uns vor einem bestimmten Wissenshintergrund verschiedene mögliche empirische Vermutungen vorstellen, so können diese uns offensichtlich mehr oder minder begründet oder gewagt erscheinen. Wir wollen im folgenden von diesem Vorverständnis ausgehen und versuchen, Faktoren zu explizieren, von denen die Güte, Adäquatheit oder Berechtigung einer empirischen Vermutung abhängen könnte.

Allgemein gesagt soll die Berechtigung einer empirischen Vermutung um so höher sein, je mehr **gute Gründe** es für die Erwartung gibt, daß sie sich in einer hypothetisch möglichen Untersuchung bewähren würde oder bewährt hätte. Konkret können wir dann eine empirische Vermutung EV_x als berechtigter bezeichnen als eine andere empirische Vermutung EV_y , wenn alle Gründe, die für das Zutreffen von EV_y sprechen, auch für das Zutreffen von EV_x sprechen, und wenn es darüber hinaus mindestens einen Grund gibt, der für das Zutreffen von EV_x , nicht aber für das Zutreffen von EV_y spricht.

Wir können sicher nicht erwarten, zu einer vollständigen und endgültigen Liste von Determinanten und Korrelaten der Berechtigung einer empirischen Vermutung zu gelangen, vielmehr sind vielfältige Modifikationen, Ergänzungen und Ausdifferenzierungen möglich. Auch können wir die Wirkung dieser **Berechtigungs-faktoren** stets nur unter der Voraussetzung spezifizieren, daß sie nicht durch die gegensinnig wirkende Variation anderer Faktoren überlagert wird. Ohne Einschränkungen ist deshalb die Berechtigung von empirischen Vermutungen nur zu vergleichen, wenn sie sich in einem einzigen oder in mehreren gleichsinnig wirkenden relevanten Einflußfaktoren unterscheiden, während alle anderen bekannten und unbekanntem Faktoren gleich sind oder sich zumindest nur zufällig unterscheiden. Diese **Ceteris-paribus-Bedingung** (oder präziser: Ceteris-distributionibus-paribus-Klausel, Steyer, Kapitel 15 in diesem Band) verhindert zwar die vergleichende Bewertung beliebiger empirischer Vermutungen, wir können und wollen unsere Berechtigungs-faktoren aber auch nur im Sinne einer regulativen Idee verstehen: Unsere Überlegungen sollen Hinweise geben, welche Gesichtspunkte bei der Aufstellung einer konkreten empirischen Vermutung beachtet werden sollten, damit sie als möglichst berechtigt bezeichnet werden kann.

Aus den Überlegungen in den vorangegangenen Abschnitten ergibt sich, daß jedem induktiven Argument zumindest implizit spezielle **Uniformitätsannahmen** zugrundeliegen und daß eine adäquate wissenschaftliche Methodologie nicht ohne (implizite) Uniformitätsannahmen auskommt.

Deshalb kann jede Aussage über Kriterien für die Berechtigung einer empirischen Vermutung als Aussage über zugrundeliegende Vorstellungen von Uniformitäten im betrachteten Realitätsausschnitt interpretiert werden, und eine nach diesen Kriterien berechtigte empirische Vermutung kann in anderen „Welten“ inadäquat sein. Um nicht in infinite Begründungsregresse oder -zirkel zu gelangen, können wir die folgende Zusammenstellung von Berechtigungs-faktoren als Bestandteile einer **Definition** betrachten, durch die ein Uniformitätsmodell oder eine komparative Berechtigungsrelation zwischen empirischen Vermutungen charakterisiert wird, mit deren Hilfe wir unser Vorverständnis der unterschiedlichen Berechtigung oder Güte induktiver Geltungsbereichserweiterungen explizieren.

Um die prinzipiell mögliche Willkür einer derartigen Definition einzuschränken und um eine befriedigende Ähnlichkeit zwischen Explikat und Explikandum zu erreichen, wollen wir bei der Zusammenstellung der Berechtigungs-faktoren sowohl die tatsächlichen wissenschaftlichen Urteilsprozesse als auch ein möglichst breites Spektrum der wesentlichen philosophischen **Induktions-konzeptionen** berücksichtigen. Daraus folgt natürlich nicht, daß unser Ergebnis in irgendeiner Weise zwingend wäre. Vielmehr stellt es einen allgemeinen

konzeptuellen Rahmen dar, der im Lichte neuer Erkenntnisse oder kritischer Diskussion verworfen oder modifiziert werden kann.

Im folgenden wollen wir **vier Arten von Faktoren** beschreiben, die die Berechtigung einer induktiven empirischen Vermutung $EV(T,a)$ über die erfolgreiche Anwendbarkeit eines Theorieelements T auf ein empirisches System a beeinflussen.

(1) Die Berechtigung einer induktiven empirischen Vermutung soll zunächst einmal um so höher sein, **je** größer die **Anzahl** der bisherigen erfolgreichen Anwendungen von T bzw. je größer ihre relative Häufigkeit in der Menge der bisherigen Anwendungen ist. Dies entspricht Reichenbachs und Carnaps enumerativen Induktionskonzeptionen (siehe S. 430f.).

(2) Popper hat betont, daß die Bewährung von Hypothesen zwar auch von der Zahl bestandener Prüfungen abhängt, viel stärker aber von ihrer Strenge (siehe S. 440ff.). Konkret soll deshalb eine induktive Ausdehnung des Anwendungsbereiches einer Theorie um so berechtigter sein, je „strenger“ ihre bisherigen erfolgreich bestandenen Anwendungsversuche gewesen sind.

Da aus strukturalistischer Sicht das wesentliche Ziel des Wissenschaftsprozesses nicht in der Falsifikation von Theorien besteht, sondern in der Identifikation und Abgrenzung ihrer erfolgreichen Anwendungsbereiche, dient es nicht dem Erkenntnisfortschritt, wenn wir nur einseitig nach strengen Prüfungen streben. Vielmehr müssen wir unseren Theorien faire Bewährungschancen geben und die Hypothesen über ihre empirische Anwendbarkeit auch mit einem gewissen **Wohlwollen** prüfen (Westermann, 1987b): Die Wahrscheinlichkeit, eine dieser Hypothesen abzulehnen, obwohl sie tatsächlich zutrifft, soll jeweils möglichst gering sein. Damit wird die Chance erhöht, tatsächliche erfolgreiche Anwendungen zu identifizieren, und die Basis für berechnete empirische Vermutungen wird vergrößert.

(3) Ähnlich wie Popper betont auch Cohen (1989), daß für die Induktion die Anzahl positiver Instanzen nur von sekundärer Wichtigkeit ist. Vielmehr hängt seiner Auffassung nach der Grad der induktiven Stützung einer Hypothese ganz wesentlich davon ab, wie stark sich die Beobachtungsevidenzen im Hinblick auf Faktoren unterscheiden, die auch als mögliche Ursachen für die beobachteten Phänomene in Frage kommen, d.h. inwieweit die bisherigen Prüfungen geeignet waren, Alternativerklärungen auszuschließen. Dementsprechend soll eine empirische Vermutung um so berechtigter sein, je größer die Zahl der Merkmale ist, in denen sich die bisherigen erfolgreichen Anwendungen von T unterscheiden und je größer die Unterschiede auf diesen divergierenden Merkmalen sind. Diese **Variabilitäten** beeinflussen die Berechtigung natürlich um so stärker, je relevanter sie sind, d.h. je stärker nach dem jeweiligen Hintergrundwissen die Erwartung berechtigt gewesen ist, daß die

divergierenden Merkmale die erfolgreiche Anwendbarkeit von T beeinflussen könnten.

Anders ausgedrückt wird die Berechtigung einer empirischen Vermutung erhöht, wenn theoriekonforme empirische Zusammenhänge über die Variation von wesentlichen Personen- und Untersuchungsmerkmalen konstant bleiben, d.h. wenn keine **Moderatoreffekte** bestehen oder wenn keine **disordinalen Interaktionen** (Bredenkamp, 1980; Hager & Westermann, 1983) zwischen den eigentlich interessierenden Ursachenvariablen und anderen Faktoren vorliegen.

(4) Da wir empirische Vermutungen als Ausdehnung des Anwendungsbereiches auf ähnliche Anwendungen charakterisiert haben, kann ihre Berechtigung nicht nur von Zahl, Strenge, Variabilität oder anderer Eigenschaften bisheriger Anwendungen bestimmt werden, sondern sie muß insbesondere auch von der **Ähnlichkeit** zwischen dem noch nicht untersuchten empirischen System a einerseits und den paradigmatischen und späteren erfolgreichen Anwendungen andererseits abhängen. Wir können hier keine detaillierten Ähnlichkeitsmodelle und -maße für intendierte Anwendungen einer Theorie entwickeln. Es genügt, davon auszugehen, daß eine empirische Vermutung generell um so berechtigter ist, je größer die Zahl der übereinstimmenden Merkmale zwischen der neuen Anwendung und bisherigen erfolgreichen Anwendungen von T ist, je geringer die Zahl der divergierenden Merkmale zwischen ihnen ist und je geringer die Unterschiede auf den nicht-übereinstimmenden Merkmalen sind.

Bei der genaueren Analyse der Ähnlichkeit zwischen den bisherigen und der vermuteten Anwendung muß natürlich auch wieder die **Relevanz** von Merkmalen und Unterschieden berücksichtigt werden. Wie Thagard und Nisbett (1982) betont haben (s. Abschn. 4), hängt unsere Bereitschaft zu induktiven Verallgemeinerungen besonders von unserem Hintergrundwissen über die übliche Variabilität der betrachteten Objekte hinsichtlich der betrachteten Merkmale ab. Im Falle der Einbeziehung eines nicht untersuchten Falls a in die Menge der intendierten Anwendungen des Theorieelements T ist insbesondere wichtig zu beurteilen, inwieweit die Merkmalsübereinstimmungen zwischen erfolgreichen und vermuteten Anwendungen dazu führen wurden, daß die theoriekonformen Variablenbeziehungen erhalten bleiben, und inwieweit entsprechende Merkmalsunterschiede zur Modifikation dieser Zusammenhänge führen könnten. Eine empirische Vermutung soll damit um so berechtigter sein, je stärker nach dem gegenwärtigen Hintergrundwissen die erfolgreiche Anwendbarkeit von T von der Konstanz der übereinstimmenden Merkmale abhängt und je weniger sie durch Variation der nicht-übereinstimmenden Merkmale beeinflusst wird. Damit ist die relevante Ähnlichkeit zwischen zwei Anwendungen kein „objektiver“ Sachverhalt, sondern einer, der von theore-

tischen Behauptungen abhängig ist, teilweise sogar von der Theorie, um deren vermutete Anwendbarkeit es bei den Ähnlichkeitsüberlegungen geht.

Die Ähnlichkeit von zwei Anwendungsbereichen kann also nur unter dem Vorbehalt der Richtigkeit der entsprechenden Theorien eingeschätzt werden. Der für die Berechtigung induktiver Vermutungen relevante Faktor der Ähnlichkeit setzt sich damit aus zwei Teilen zusammen: aus der allgemeinen Behauptung, daß die Berechtigung einer Anwendungsvermutung mit der Ähnlichkeit auf den relevanten Merkmalen ansteigt, und aus den speziellen Annahmen über die relevanten Merkmale. Aus diesem Grund kann im Falle einer nicht erfolgreichen empirischen Vermutung die allgemeine Ähnlichkeitsbehauptung und damit das ganze Uniformitätsmodell stets dadurch geschützt werden, daß man annimmt, daß die relevanten Merkmale falsch spezifiziert worden sind. Trotzdem werden (wie bei jedem Forschungsparadigma) anhaltende **Mißerfolge bei der Anwendung** dieses Modells seine Adaptation oder Aufgabe nahelegen.

Die Berechtigung einer empirischen Vermutung, die durch die in den vorangegangenen Absätzen angesprochenen Faktoren näher expliziert wurde, soll die auf unserem bisherigen Wissen basierende subjektive Erwartung ausdrücken, daß sie sich in einer hypothetischen Untersuchung bewähren würde. Sie ist deshalb nur für Anwendungsbehauptungen, die **nicht empirisch überprüft** werden, ein sinnvolles Bewertungskriterium. Empirische Hypothesen, die gezielt überprüft werden sollen, sind dagegen im allgemeinen am wertvollsten, wenn die Unsicherheit am größten ist, ob sie sich bewähren oder nicht, weil das Untersuchungsergebnis dann den höchsten **Informationswert** besitzt.

Außerdem hängt die Frage, ob eine empirische Vermutung als Grundlage für weitergehende Handlungen und Entscheidungen akzeptiert werden sollte, nicht nur von ihrer Berechtigung ab, sondern auch von den epistemischen und praktischen **Konsequenzen** der Akzeptanzentscheidung, d.h. von den erwarteten Nutzen und Kosten bei richtigen und falschen Entscheidungen über die empirische Vermutung.

Die identifizierten Berechtigungsfaktoren verdeutlichen das beständige Risiko, daß empirische Vermutungen über die erfolgreiche Anwendbarkeit von Theorien aufgrund späterer Erkenntnisse aufgegeben oder modifiziert werden müssen. Diese Unsicherheit und Vorläufigkeit des Wissens ist ein wesentliches Kennzeichen jeder empirischen Wissenschaft. Es unterscheidet sie von der deduktiven Logik und führt auch dazu, daß die Versuche der Philosophie, die (relative) Sicherheit induktiver Schlüsse formal-logisch zu begründen oder zu quantifizieren, so wenig Relevanz für die empirischen Wissenschaften haben. Überlegungen zur Berechtigung induktiv verallgemeinernder Aussagen in der Wissenschaft können nicht zu (absoluter) Sicherheit oder (hoher) Wahrscheinlichkeit für diese Generalisierungen führen, sondern sie können nur dazu ani-

mieren, sich bei der Formulierung empirischer Vermutungen insofern so rational wie möglich zu verhalten, als daß man bewußt die Faktoren beachtet, von denen es nach bisherigem Wissen abhängen könnte, ob diese Hypothesen sich empirisch bewähren werden.

7. Zusammenfassende Schlußbemerkungen

Zu Anfang dieser Arbeit haben wir zwei mit dem Induktionsproblem zusammenhängende Fragen formuliert. Sie betrafen die Rechtfertigung der **Ableitung** allgemeiner Aussagen und den Grad ihrer Stützung durch die zugrundeliegenden Beobachtungen (siehe S. 429). Nach den strukturalistischen Überlegungen im vorangegangenen Abschnitt finden sich im üblichen Umgang mit wissenschaftlichen Theorien nicht nur deduktive, sondern auch wesentliche induktive Argumentationen. Sie umfassen aber mehr als die einfachen Enumerationen und Extrapolationen, auf die sich der Großteil der philosophischen Induktionsdiskussion bezieht. Die induktiven Anteile der Wissenschaftsprozesse betreffen nach unserer Auffassung nicht die globale Bewertung von Theorien, sondern vor allem die Frage, über welche (angenommenerweise) irrelevanten Faktoren die Anwendungsbehauptung auf neue Fälle ausgedehnt werden kann. Damit stellt sich das Problem des (induktiven) Bestätigungsgrades von Theorien nicht mehr, so daß auch die in den Abschnitten 1 bis 3 angesprochenen Schwierigkeiten bei der Einführung von theoretisch angemessenen und praktisch verwendbaren Bestätigungsbegriffen und -maßen für uns keine unangenehmen Konsequenzen haben.

Auch aus strukturalistischer Sicht bestehen bleibt jedoch das Problem der Rechtfertigung induktiver Argumente. Die im Abschnitt 3 diskutierte Vermeidung jeder Art von Induktion durch eine rein deduktive Methodologie im Sinne von Popper erscheint nicht als befriedigende Antwort, vor allem weil auch sie verborgene induktive Annahmen enthält und keine begründeten Vorhersagen und Akzeptanzentscheidungen erlaubt. Einzig gangbar scheint der im Abschnitt 4 abgesteckte pragmatische Weg zu sein, induktive Argumente dadurch zu rechtfertigen, daß ihre **Nützlichkeit** bzw. Notwendigkeit zum Erreichen bestimmter wissenschaftlicher Ziele herausgestellt wird. Unterstützt wird diese Auffassung dadurch, daß aus kognitionspsychologischer Sicht (Abschnitt 5) induktives Denken keineswegs so irrational sein muß wie bloßes Raten, sondern als zielgerichtet, regelgeleitet und effektiv beschrieben werden kann.

Diese pragmatische Argumentation kann man als Rechtfertigung der Ableitung induktiver Anwendungsvermutungen ansehen. Die zweite Frage nach der Stützung solcher Anwendungsvermutungen konnten wir dadurch angehen, daß wir eine vorläufige Menge von Faktoren identifiziert haben, durch

die die Berechtigung einer empirischen Vermutung erhöht und die Adäquatheit induktiver wissenschaftlicher Argumente verbessert wird. Diese Kriterien sind auf Annahmen über die Uniformität des betrachteten Gegenstandsbezugs zurückzuführen und damit prinzipiell empirisch prüfbar, kritisierbar und revidierbar.

Wir sehen den Vorteil dieser pragmatischen Behandlung des Induktionsproblems darin, daß sie zu begründeten Handlungs- und Entscheidungskriterien in epistemisch unsicheren Situationen führt. Methodologische Positionen, die sich jeder Art von Induktion enthalten, können in diesen unvermeidbaren Situationen nicht weiterhelfen. Allgemein ist die Aufstellung von Normen, Präskriptionen oder Empfehlungen für bestimmte Situationen dann gerechtfertigt, wenn gute Gründe für die Erwartung genannt werden können, daß die entsprechenden Handlungen für die Erreichung der angestrebten Ziele hinreichend oder zumindest besonders nützlich oder effizient sind. Eine normative, präskriptive oder empfehlende Verwendung unserer Faktoren scheint uns vor allem deshalb gerechtfertigt zu sein, weil sie explizit aus anerkannten wissenschaftstheoretischen Positionen abgeleitet worden sind und damit die besten bekannten Mittel und Wege bezeichnen, die jeweils betonten epistemischen Ziele zu erreichen. Unter den jeweiligen erkenntnis- und entscheidungstheoretischen Prämissen können sie deshalb als rationale Handlungsgrundlage rekonstruiert werden. Außerdem haben sie sich zum Teil in Form von methodologischen Konventionen durchgesetzt und bewährt.

Um zu untersuchen, inwieweit sich mit Hilfe unserer Faktoren der tatsächliche Umgang mit empirischen Vermutungen adäquat beschreiben läßt, sind gezielte empirische Untersuchungen zur Beurteilung wissenschaftlicher Hypothesen und ihrer erfolgreichen Anwendbarkeit notwendig. Darüber hinaus ist eine Integration in die kognitionswissenschaftlichen Induktionsmodelle und Simulationsprogramme erstrebenswert. Notwendig ist aber vor allem eine präzisere Formulierung der Berechtigungsfaktoren. Dazu können wir uns z.B. psychologische Modellvorstellungen, insbesondere über die Abhängigkeit globaler Ähnlichkeitsbeurteilungen von spezifischen Merkmalsunterschieden (Tversky, 1977), zunutze machen (siehe im einzelnen Westermann, Heise & Gerjets, 1992).

Literatur

- Adler, J. E. (1980). Criteria for good inductive logic. In L.J. Cohen & M. Hesse (Eds.), *Applications of inductive logic* (pp. 379-405). Oxford: Clarendon.
- Amico, R. P. (1986). On the vindication of deduction and induction. *Australasian Journal of Philosophy*, 64, 322-330.

- Anderson, J. R. (1983). *The architecture of cognition*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Balestra, D.J. (1979). Non-falsifiability: An inductivist perspective. *International Logic Review*, 10, 118-125.
- Balzer, W., Moulines, C. U. & Sneed, J. D. (1987). *An architectonic for science. The structuralist program*. Dordrecht: Reidel.
- Barker, S. & Achinstein, P. (1960). On the new riddle of induction. *Philosophical Review*, 69, 511-522.
- Bredenkamp, J. (1980). *Theorie und Planung psychologischer Experimente*. Darmstadt: Steinkopff.
- Campbell, D.T. (1974). Evolutionary epistemology. In P. A. Schilpp (Ed.), *The philosophy of Karl Popper* (pp.413-463). La Salle, IL: Open Court.
- Campbell, D. T. & Stanley, J. C. (1963). Experimental and quasi-experimental designs for research in teaching. In N.L. Gage (Ed.), *Handbook of research in teaching* (pp. 171-246). Chicago: Rand McNally.
- Carnap, R. (1926). *Physikalische Begriffsbildung*. Karlsruhe: Braun.
- Carnap, R. (1946). Theory and prediction in science. *Science*, 104, 520-521.
- Carnap, R. (1950, 1962). *Logical foundations of probability*. (1st, 2nd ed.) Chicago, IL: University of Chicago Press.
- Carnap, R. (1952). *The continuum of inductive methods*. Chicago, IL: University of Chicago Press.
- Carnap, R. (1963). Replies and systematic expositions. In P.A. Schilpp (Ed.), *The philosophy of Rudolf Carnap* (pp. 859-1013). La Salle, IL: Open Court.
- Carnap, R. (1971). A basic system of inductive logic, part I. In R. Carnap & R.C. Jeffrey (Eds.), *Studies in inductive logic and probability*: Vol. I (pp. 33-165). Berkeley: University of California Press.
- Clement, J. (1988). Observed methods for generating analogies in scientific problem solving. *Cognitive Science*, 12, 563-586.
- Cohen, L.J. (1977). *The probable and the provable*. Oxford: Clarendon.
- Cohen, L.J. (1980). Inductive logic 1945-1977. In E. Agazzi (Ed.), *Modern logic - A survey* (pp. 353-375). Dordrecht: Reidel.
- Cohen, L.J. (1982). Intuition, induction, and the middle way. *Monist*, 65, 287-301.
- Cohen, L.J. (1989). *An introduction to the philosophy of induction and probability*. Oxford: Clarendon.
- Cohen, L. J. & Hesse, M. (Eds.) (1980). *Applications of inductive logic*. Oxford: Clarendon.
- Cohen, Y. (1979). A new view of *grue*. *Zeitschrift für allgemeine Wissenschaftstheorie*, 10, 244-252.
- Cook, T.D. & Campbell, D.T. (1979). *Quasi-experimentation. Design & analysis issues for field settings*. Boston: Houghton Mifflin.
- Cox, J. W. R. (1986). Induction and disjunction. *Philosophical Papers*, 15, 89-95,

- De Olivera, M. B. (1985). The problem of induction: A new approach. **British Journal for the Philosophy of Science**, **36**, 129-145.
- Dreistadt, R. (1968). An analysis of the use of analogies and metaphors in science. **Journal of Psychology**, **68**, 97-116.
- Eddidin, A. (1984). Inductive reasoning and the uniformity of nature. **Journal of Philosophical Logic**, **13**, 285-302.
- Essler, W. K. (1973). **Wissenschaftstheorie: Band 3. Wahrscheinlichkeit und Induktion**. Freiburg: Alber.
- Essler, W. K. (1980). Induktion. In J. Speck (Hrsg.), **Handbuch wissenschaftstheoretischer Begriffe: Band 2** (S.297-307). Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht.
- Gadene, V. (1984). **Theorie und Erfahrung in der psychologischen Forschung**. Tübingen: Mohr.
- Gärdenfors, P. (1990). Induction, conceptual spaces and AI. **Philosophy of Science**, **17**, 78-95.
- Gaifman, H. (1985). On inductive support and some recent tricks. **Erkenntnis**, **22**, 5-21.
- Goodman, N. (1973). **Fact, fiction and forecast**. (3rd ed.) Indianapolis: Bobbs-Merrill.
- Grünbaum, A. (1963). **Philosophical problems of space and time**. New York: Knopf.
- Hager, W. & Westermann, R. (1983). Planung und Auswertung von Experimenten. In J. Breidenkamp & H. Feger (Hrsg.), Hypothesenprüfung. (**Enzyklopädie der Psychologie, Serie Forschungsmethoden der Psychologie: Band 5**) (S.24-238). Göttingen: Hogrefe.
- Hempel, C. G. (1943). A purely syntactical definition of confirmation. **Journal of Symbolic Logic**, **8**, 122-143.
- Hempel, C. G. (1945). Studies in the logic of confirmation. **Mind**, **54**, 1-26, 97-121.
- Hempel, C. G. (1965). **Aspects of scientific explanation and other essays in the philosophy of science**. New York: Free Press.
- Hempel, C.G. (1981). Turns in the evolution of the problem of induction. **Synthese**, **46**, 389-404.
- Hesse, M. (1966). **Models and analogies in science**. Notre Dame, IN: University of Notre Dame Press.
- Hesse, M. (1974). **The structure of scientific inference**. London: Macmillan.
- Hesse, M. (1980). What is the best way to assess evidential support for scientific theories?. In L.J. Cohen & M. Hesse (Eds.), **Applications of inductive logic** (pp.202-217). Oxford: Clarendon.
- Hintikka, J. (1966). A two-dimensional continuum of inductive methods. In J. Hintikka & P. Suppes (Eds.), **Aspects of inductive logic** (pp. 113-132). Amsterdam: North-Holland.
- Hintikka, J. & Niiniluoto, I. (1976). An axiomatic foundation for the logic of inductive generalization. In M. Przelecki, U. Szaniawski & R. Wojcicki (Eds.), **Formal methods of the methodology of science** (pp.57-81). Wrocław: Ossolineum.
- Holland, J. H., Holyoak, K. J., Nisbett, R. E. & Thagard, P. R. (1986). **Induction: Processes of inference, learning, and discovery**. Cambridge, MA: MIT-Press.

- Holyoak, K. J., Koh, K. & Nisbett, R.E. (1989). A theory of conditioning: Inductive learning within rule-based default hierarchies. *Psychological Review*, 96, 315-340.
- Holyoak, K. J. & Nisbett, R.E. (1988). Induction. In R. J. Sternberg & E.E. Smith (Eds.), *The psychology of human thought* (pp. 50-91).
- Hoppe, H. (1975). Goodmans Schein-Rätsel. *Zeitschrift für allgemeine Wissenschaftstheorie*, 6, 131-139.
- Hübner, K. (1980). Einige kritische Bemerkungen zum gegenwärtigen Popperianismus auf der Grundlage einer Theorie der Systemmengen. In G. Radnitzky & G. Andersson (Hrsg.), *Fortschritt und Rationalität der Wissenschaft (S. 275-286)*. Tübingen: Mohr.
- Hume, D. (1978). *Treatise of human nature*. (2nd ed.) Oxford: Clarendon (Original erschienen 1739).
- Jason, G. J. (1985). Two problems of induction. *Dialectica*, 39, 53-74.
- Jones, G.E. (1982). Vindication, Hume, and induction. *Canadian Journal of Philosophy*, 12, 119-129.
- Jones, G. & Perry, C. (1982). Popper, induction and falsification. *Erkenntnis*, 18, 97-104.
- Kemeny, J. G. (1963). Carnap's theory of probability and induction. In P.A. Schilpp (Ed.), *The philosophy of Rudolf Carnap* (pp. 711-738). La Salle, IL: Open Court.
- Klahr, D. & Dunbar, K. (1988). Dual space search during scientific reasoning. *Cognitive Science*, 12, 148.
- Kronthaler, E. (1984). Zur kritischen Analyse des Induktionsproblems. *Zeitschrift für Philosophische Forschung*, 38, 278-291.
- Kuhn, T.S. (1981). *Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen*. (5. Aufl.) Frankfurt/Main: Suhrkamp (Original erschienen 1970: The structure of scientific revolutions).
- Kuipers, T. A. F. (1978). On the generalization of the continuum of inductive methods to universal hypotheses. *Synthese*, 37, 255-284.
- Kuipers, T.A.F. (1984). Two types of inductive analogy by similarity. *Erkenntnis*, 21, 63-87.
- Kulkarni, D. & Simon, H. A. (1988). The processes of scientific discovery: The strategy of experimentation. *Cognitive Science*, 12, 139-175.
- Kummer, W. (1982). Zur Interpretation der induktiven Logik. *Deutsche Zeitschrift für Philosophie*, 30, 603-613.
- Kutschera, F. von (1972). *Wissenschaftstheorie I, II*. München: Fink.
- Kyburg, H.E. (1961). *Probability and the logic of rational belief*. Middletown: Wesleyan University Press.
- Kyburg, H. E. (1964). Recent work in inductive logic. *American Philosophical Quarterly*, 1, 249-287.
- Kyburg, H. E. & Nagel, E. (Eds.) (1963). *Induction: Some current issues*. Middletown: Wesleyan University Press.
- Lakatos, I. (1968). Change in the problem of inductive logic. In I. Lakatos (Ed.), *The problem in inductive logic* (pp. 315-417). Amsterdam: North Holland.

- Lakatos, I. (1982). **Mathematik, empirische Wissenschaft und Erkenntnistheorie** (Philosophische Schriften: Band 2). Braunschweig: Vieweg.
- Lane, N. R. & Lane, S.A. (1984). Theory, observation and inductive learning. **Ratio**, 26, 140-151.
- Langley, P.A., Simon, H.A., Bradshaw, G.L. & Zytkow, J.M. (1987). **Scientific discovery. Computational explorations of the creative processes**. Cambridge, MA: MIT Press.
- Laudan, L. (1981). **Science and Hypothesis. Historical essays on scientific methodology**. Dordrecht: Reidel.
- Lenzen, W. (1974). **Theorien der Bestätigung wissenschaftlicher Hypothesen**. Stuttgart: Frommann-Holzboog.
- Levi, I. (1967). **Gambling with truth**. New York: Knopf.
- Levi, I. (1979). Inductive appraisal. **Current Research in Philosophy of Science**, 339-351.
- Levi, I. (1982). Self-profile. In R. Bogdan (Ed.), **Henry E. Kyburg jr. & Isaac Levi** (pp. 181-216). Dordrecht: Reidel.
- Levinson, A. (1974). Popper, Hume, and the traditional problem of induction. In A. Schilpp (Ed.), **The philosophy of Karl Popper** (pp.322-331). La Salle, IL: Open Court.
- Machina, K. E (1985). Induction and deduction revisited. **Nous**, 19, 571-578.
- Mackie, J.L. (1979). A defense of induction. In G. F. Macdonald (Ed.), **Perception and identity** (pp. 113-130). London: Macmillan.
- McClelland, J.L. & Rumelhart, D. E. (Eds.) (1986). **Parallel distributed processing: Vol. 2. Psychological and biological models**. Cambridge, MA: MIT Press.
- Miller, D. (1980). Can science do without induction?. In L.J. Cohen & M. Hesse (Eds.), **Applications of inductive Logic** (pp. 109-129). Oxford: Clarendon.
- Mura, A. (1990). When probabilistic support is inductive. **Philosophy of Science**, 17, 278-289.
- Newell, A. & Simon, H.A. (1972). **Human problem solving**. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Newell, A., Shaw, J.C. & Simon, H.A. (1958). Elements of a theory of human problem solving. **Psychological Review**, 61, 151-166.
- Niiniluoto, I. (1980). Analogy, transitivity, and the confirmation of theories. In L.J. Cohen & M. Hesse (Eds.), **Applications of inductive logic** (pp. 218-234). Oxford: Clarendon.
- Niiniluoto, I. (1981). Analogy and inductive logic. **Erkenntnis**, 16, 1-34.
- Niiniluoto, I. & Tuomela, R. (1973). **Theoretical concepts and hypothetico-inductive inference**. Dordrecht: Reidel.
- Nisbett, R.E., Krantz, D.H., Jepson, D. & Kunda, Z. (1983). The use of statistical heuristics in everyday inductive reasoning. **Psychological Review**, 90, 339-363.
- Pollock, J.L. (1984). A solution to the problem of induction. **Nous**, 18, 423-461.
- Popper, K. R. (1965). **Conjectures and refutations. The growth of scientific knowledge**. (2nd ed.) London: Routledge and Kegan Paul.

- Popper, K. R. (1973). **Objektive Erkenntnis. Ein evolutionärer Entwurf**: Hamburg: Hoffmann & Campe.
- Popper, K.R. (1974). Replies to my critics. In P.A. Schilpp (Ed.), **The philosophy of Karl Popper** (pp.961-1197). La Salle, IL: Open-Court.
- Popper, K.R. (1981). A proof of the impossibility of inductive probability. *Nature*, 302, 687-688.
- Popper, K. R. (1934, 1984). **Logik der Forschung**. (1., 8. Aufl.) Tübingen: Mohr.
- Popper, K.R. & Miller, D. (1983). A proof on the impossibility of inductive probability. *Nature*, 302, 687-688.
- Popper, K. & Miller, D. W. (1987). Why probabilistic support is not inductive. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London**, Series A, 321, 569-591.
- Putnam, H. (1974). The „corroboration“ of theories. In P.A. Schilpp (Ed.), **The philosophy of Karl Popper** (pp.221-240). La Salle, IL: Open-Court.
- Reichenbach, H. (1935). **Wahrscheinlichkeitslehre. Eine Untersuchung über die logischen und mathematischen Grundlugen der Wahrscheinlichkeitsrechnung**. Leiden: Sijthoff.
- Reichenbach, H. (1938). **Experience and prediction. An analysis of the foundations and the structure of knowledge**. Chicago: University of Chicago Press.
- Rivadulla, A. (1987). Kritischer Realismus und Induktionsproblem. **Erkenntnis**, 26, 181-193.
- Rosenkrantz, R. D. (1982). Does the philosophy of induction rest on a mistake? **Journal of Philosophy**, 79, 78-97.
- Rumelhart, D.E. & McClelland, J.L. (Eds.) (1986). **Parallel distributed processing: Vol. 1. Foundations**. Cambridge, MA: MIT Press.
- Salmon, W. C. (1968). The justification of inductive rules of inference. In I. Lakatos (Ed.), **The problem of inductive logic** (pp.24-43). Amsterdam: North Holland.
- Salmon, W.C. (1978). Unfinished business: the problem of induction. **Philosophical Studies**, 33, 1-19.
- Salmon, W. C. (1979). **The foundations of scientific inference**. (5th ed.) Pittsburgh: University of Pittsburgh Press.
- Salmon, W.C. (1982). Further reflections. In R. McLaughlin (Ed.), **What? Where? When? Why?** (pp.231-280). Dordrecht: Reidel.
- Schlesinger, G. (1981). Strawson on induction. **Philosophia**, 10, 199-208.
- Shirley, E. S. (1981). An unnoticed flaw in Barkers and Achinstein's solution to Goodman's new riddle of induction. **Philosophy of Science**, 48, 611-617.
- Simon, H.A. (1966). Scientific discovery and the psychology of problem solving. In R. Colodny (Ed.), **Mind and Cosmos** (pp. 22-40). Pittsburgh: University of Pittsburgh Press.
- Simon, H. A. (1973). Does scientific discovery have a logic? **Philosophy of Science**, 40, 471-480.
- Spohn, W. (1981). Analogy and inductive logic: A note on Niiniluoto. **Erkenntnis**, 16, 35-52.

- Stegmüller, W. (1971). Das Problem der Induktion. Humes Herausforderung und moderne Antworten. In H. Lenk (Hrsg.), *Neue Aspekte der Wissenschaftstheorie* (S. 13-74). Braunschweig: Vieweg.
- Stegmüller, W. (1973). *Personelle und statistische Wahrscheinlichkeit: 1. Halbband. Personelle Wahrscheinlichkeit und rationale Entscheidung (Probleme und Resultate der Wissenschaftstheorie und analytischen Philosophie, Band 4)*. Berlin: Springer-Verlag.
- Stegmüller, W. (1978). *Hauptströmungen der Gegenwartsphilosophie*: Band I. (6. Aufl.) Stuttgart: Kröner.
- Stegmüller, W. (1979). *The structuralist view of theories*. Berlin: Springer-Verlag.
- Stemmer, N. (1975). The Goodman paradox. *Zeitschrift für allgemeine Wissenschaftstheorie*, 6, 340-354.
- Strawson, P.E. (1952). *Introduction to logical theory*. London: Methuen.
- Strube, G. (1990). Neokonnektionismus: Eine neue Basis für die Theorie und Modellierung menschlicher Kognition? *Psychologische Rundschau*, 41, 129-143.
- Suppe, F. (1977). *The structure of scientific theories* (2nd ed.). Urbana: University of Illinois Press.
- Tarski, A. (1977). *Einführung in die mathematische Logik*. (5.Aufl.) Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht.
- Thagard, P. (1990). The conceptual structure of the chemical revolution. *Philosophy of Science*, 57, 183-209.
- Thagard, P. (1988). *Computational philosophy of science*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Thagard, P. & Nisbett, R. E. (1982). Variability and confirmation. *Philosophical Studies*, 42, 379-394.
- Tversky, A. (1977). Features of similarity. *Psychological Review*, 84, 327-352.
- van Wright, G. H. (1957). *The logical problem of induction*. Oxford: Blackwell.
- Wertheimer, M. (1959). *Productive thinking*. (enlarged ed.) Westport, CT: Greenwood Press.
- Westermann, R. (1987a). *Strukturalistische Theorienkonzeption und empirische Forschung in der Psychologie*. Berlin: Springer-Verlag.
- Westermann, R. (1987b). Wissenschaftstheoretische Grundlagen der experimentellen Psychologie. In G. Lüer (Hrsg.), *Allgemeine Experimentelle Psychologie* (S. 5-42). Stuttgart: Fischer.
- Westermann, R., Heise, E. & Gerjets, P. (1992). The justification of empirical suppositions. A structuralist analysis of an inductive form of scientific reasoning. In H. Westmeyer (Ed.), *The structuralist program in psychology: Foundations and applications* (pp. 41-54). Seattle: Hogrefe and Huber.
- Westmeyer, H. (Ed.) (1989). *Psychological theories from a structuralist point of view*. Berlin: Springer-Verlag.
- Will, U. (1982). Eine pragmatische Rechtfertigung der Induktion. *Zeitschrift für Allgemeine Wissenschaftstheorie*, 13, 84-98.