

Die Logik und das Induktionsproblem

Wolfgang Spohn

*Fachgruppe Philosophie
Universität Konstanz
D - 78434 Konstanz*

Das mit der Philosophie David Humes ins Zentrum der Erkenntnistheorie gerückte Induktionsproblem halte ich für eines der klarsten und eindrucklichsten Beispiele dafür, wie die formalen Mittel aus den philosophischen Logiken philosophischen Nutzen zu entfalten vermögen. Hält man Rückschau auf die immens reichhaltige Entwicklung der Literatur zum Induktionsproblem in den letzten zwanzig oder dreißig Jahren, so zeigt sich meines Erachtens deutlich, daß die in gewissem Sinne grundsätzlichen und allgemeinsten Beiträge dazu von formaler Seite gekommen sind. Diesen Punkt auf elementare Weise nahezubringen, ist das Ziel dieses Beitrags.

Für diesen Zweck ist es nützlich, im Abschnitt 1 einen ganz pauschalen deskriptiven Überblick darüber zu geben, was in den letzten Jahrzehnten aus dem Induktionsproblem geworden ist. Diese Entwicklungen lassen sich freilich erst dann richtig einordnen, wenn man sich klar macht, welche Transformation des Induktionsproblems ihnen zugrunde liegt; im Abschnitt 2 versuche ich, diese Transformation informell herauszuarbeiten. Die Abschnitte 3 und 4 schildern sodann ein Stück weit, wie sich mit formalen Theorien ganz allgemeine Antworten auf das so transformierte Induktionsproblem geben lassen. Und der letzte Abschnitt erläutert die zentrale Stellung, die diese Theorien in der aktuellen erkenntnistheoretischen Diskussion einnehmen können.

1.

Zur Resümierung der gegenwärtigen Lage bietet es sich an, von der Bilanz der Diskussion zum Induktionsproblem auszugehen, welche Wolfgang Stegmüller etwa vor einem Vierteljahrhundert in verschiedenen Schriften, vor allem aber in seinem Aufsatz (1971) und in seinem umfangreichen Werk (1973b), gegeben hat und welche damals Gültigkeit beanspruchen konnte. Danach stellt sich das Induktionsproblem in seiner allgemeinsten Formulierung in der Frage: Gibt es wahrheitskonservierende Erweiterungsschlüsse? Wie Hume schon feststellte und Popper energisch bekräftigte: Nein. An dieser schlichten negativen Antwort führt kein Weg vorbei – was Stegmüller zu der

Zuspitzung brachte: Das Induktionsproblem gibt es nicht, in dieser Form. Stattdessen diagnostizierte er ein theoretisches und ein praktisches Nachfolgerproblem, womit er gleichzeitig das antipodische Verhältnis zwischen Karl Popper und Rudolf Carnap in dieser Frage auflösen wollte. Das theoretische Nachfolgerproblem fragt: Wie lautet die Definition des Begriffs der Bestätigung, Stützung oder Bewährung einer Hypothese? Und wie rechtfertigt man die Adäquatheit dieser Definition? Hingegen lautet das praktische Nachfolgerproblem: Welche Normen gelten für rationales Handeln? Und wie lassen sich diese Normen rechtfertigen? (Vgl. die Einleitung von Stegmüller 1971.)

Mit dieser überraschenden Aufspaltung wollte Stegmüller bewußt provozieren; in der Tat denke ich – wie ich noch erläutern werde –, daß er damit übers Ziel hinausgeschossen ist. Doch muß man sehen, was ihn zu dieser Aufspaltung veranlaßte: die Tatsache nämlich, daß Carnap sein Projekt der induktiven Logik, nachdem er zwanzig Jahre lang daran gearbeitet hatte, schließlich völlig uminterpretierte; Carnap erblickte darin zuletzt in der Tat ein Teilprojekt in einer Gesamtheorie des rationalen Entscheidens und Handelns. (Vgl. Carnap 1971 und Stegmüller 1973b, Teil II.) Daß eine solche Gesamtheorie ein drängendes Desiderat ist, ist keine Frage. Ebenso klar ist freilich, daß Carnap entgegen dem langen Anschein mit seiner induktiven Logik dann ein anderes Projekt verfolgte als Popper in seiner Logik der Forschung (1934).

Stegmüllers Nachfolgerprobleme formulierten zwei verschiedene Forschungsprogramme, die damals unausgeschöpft waren und es heute noch sind. In seinem eigenen Denken entwickelten sich die beiden Programme kurz nach dieser Bilanz noch entscheidend auseinander. Mit Sneed (1971) entdeckte er nämlich die methodologische Rationalität hinter den vermeintlich bloß wissenschaftshistorischen Beobachtungen von Kuhn (1962), die dieser selbst ja durchaus nicht nahelegte. Damit entfernte sich Stegmüller noch weiter von Popper, indem er das theoretische Nachfolgerproblem der Theorienbestätigung oder -bewährung auf die Frage nach der Theoriendynamik im allgemeinen und nach der Verdrängung einer Theorie durch eine andere im besonderen verschob.

Demgegenüber (und auch gegenüber all dem, das mit diesem Kurzsümee nicht erfaßt ist) hat es in den vergangenen 25 Jahren in der Erkenntnistheorie diverse substantielle Entwicklungen gegeben, die teils das Induktionsproblem direkt betreffen und teils indirekt großen Einfluß darauf haben. Aus meiner Sicht heraus will ich nur die folgenden Punkte nennen:

Zuerst zu nennen ist, daß es zwischen den Polen, die sich mit den Schlagwörtern Realismus, Empirismus und Pragmatismus vielleicht am besten markieren lassen, gewaltige Verschiebungen und Verästelungen gegeben hat. Das hatte philosophisch wohl

die größte Bedeutung, weil es diese Pole sind, an denen die Erkenntnistheorie mit der Metaphysik zusammenhängt, und weil es dieser Zusammenhang ist, der die tiefsten Fragen der theoretischen Philosophie aufwirft. (Mit am repräsentativsten ist hierfür das Werk Hilary Putnams mit all seinen Windungen und Wendungen; vgl. etwa Putnam 1993.)

Zweitens hat sich das wissenschaftstheoretische Gedankengut kontinuierlich vermehrt. Dort gibt es viel zu tun; neben der allgemeinen Wissenschaftstheorie gibt es all die mit den verschiedenen Wissenschaften befaßten speziellen Wissenschaftstheorien mit ihren zahlreichen Problemen; das ursprünglich von Patrick Suppes herrührende und schließlich von Stegmüller forcierte strukturalistische Forschungsprogramm ist dabei prominent, aber nicht vorherrschend. Dieses Gedankengut halte ich im Prinzip für erkenntnistheoretisch relevant, da ich nach wie vor, vielleicht einseitig, dazu neige, die Wissenschaftstheorie als verlängerten Arm der Erkenntnistheorie zu betrachten.

Drittens hat die Philosophie des Geistes unter allen philosophischen Disziplinen in den letzten Dekaden den weitaus größten Aufschwung genommen – was hier nicht weiter belegt zu werden braucht. Unleugbar hat das der zeitgenössischen erkenntnistheoretischen Diskussion ganz entscheidende Impulse gegeben.

Viertens: Die vielleicht massivste Bewegung in der Erkenntnistheorie verbirgt sich hinter dem breiten Schlagwort von der Naturalisierung der Erkenntnistheorie; auch diese Bewegung ist erst in den letzten zwanzig Jahren richtig in Gang gekommen. Im deutschsprachigen Raum kennt man darunter vor allem die auf Konrad Lorenz zurückgehende evolutionäre Erkenntnistheorie (vgl. etwa Vollmer 1975). Die angelsächsische Diskussion scheint mir dagegen weiter, nämlich allgemein kognitionswissenschaftlich motiviert zu sein. Darin fließt vieles zusammen, neben biologischen und speziell evolutionstheoretischen Argumentationen vor allem neurowissenschaftliches, psychologisches und linguistisches Gedankengut und nicht zuletzt die Künstliche Intelligenz. (Einen aktuellen Überblick liefert Kornblith 1994). Natürlich hat kein vernünftiger Philosoph je bestritten, daß die empirische Erforschung unserer kognitiven Fähigkeiten in höchstem Maße aufschlußreich ist. Die Naturalisierer betrachten all das jedoch als ein großangelegtes Programm zur Ersetzung oder Reduktion der philosophischen Erkenntnistheorie und haben damit nicht nur empirische Informationen, sondern auch schwerwiegende Auseinandersetzungen in die Philosophie hineingetragen. Von diesen ist auch das Induktionsproblem affiziert; darauf komme ich noch zurück.

Fünftens haben neben der Naturalisierungsdiskussion noch andere Themen besondere Aktualität gewonnen. Ein wieder ganz spannend gewordenes Thema ist das Problem der Basis der Erkenntnis, gleichsam der Zwilling des Induktionsproblems.

Das Problem ist gewiß alt; aber dadurch, daß kohärentistische Lösungen dieser Frage erst jüngst ernstzunehmende, nicht-metaphorische Formulierungen gefunden haben, ist die Debatte zwischen Fundamentalismus und Kohärentismus auch erst jüngst richtig in Fahrt gekommen. (Vgl. BonJour 1985, Bartelborth 1996 oder Spohn 1997/78.)

Sechstens: Teils unabhängig davon, teils im Zusammenhang damit hat sich ebenfalls erst in den letzten zwanzig Jahren eine intensive Diskussion um den sogenannten Schluß auf die beste Erklärung entsponnen, welcher die aktuelle Variante der Peirce-schen Abduktion darstellt und im oben hervorgehobenen allgemeinen Sinn von Induktion sicherlich eine wichtige – manche sagen: die wichtigste – induktive Schlußform ist (vgl. etwa Lipton 1991 und Bartelborth 1996, Teil IV).

Ein entscheidender Auslöser für viele dieser Diskussionen war siebte die Frage, wie der zentrale Begriff des Wissens überhaupt zu explizieren sei. Seit 1963, als das Gettier-Problem ruchbar wurde, wurde diese Frage heftiger debattiert als je zuvor; die Debatte ist aber mittlerweile weitgehend in den schon erwähnten Themenkreisen aufgegangen (beides spiegelt sich in Bieri 1987).

Achtens, schließlich, hat es in der formalen Erkenntnistheorie wesentliche Fortschritte gegeben. Carnaps engeres Programm der induktiven Logik kocht auf bescheidener Flamme weiter. Doch hat es unter dem Schlagwort Bayesianismus, welches im weiten Sinne einfach die Behandlung erkenntnistheoretischer Fragen auf der Grundlage der mathematischen Wahrscheinlichkeitstheorie meint und dem so auch die induktive Logik zuzurechnen ist, viele fruchtbare Beiträge gegeben; davon legen z.B. Pearl (1988) und Earman (1992) beredtes Zeugnis ab. Die umwälzenderen Entwicklungen hat es freilich jenseits der Wahrscheinlichkeitstheorie gegeben. Unter dem Einfluß der Künstlichen Intelligenz, die intensiv damit beschäftigt ist, Methoden der Wissensrepräsentation zu entwickeln, hat sich z.B. die sogenannte nicht-monotone Logik entwickelt, die mittlerweile viele Spielarten kennt (s. Gabbay et al. 1994 und 1995); sie läßt sich auch als direkter Beitrag zum Induktionsproblem deuten. Und insbesondere ist so etwas wie eine allgemeine Theorie der Überzeugungsänderung – zu englisch: belief revision – zur Blüte gekommen (s. etwa Gärdenfors 1988, Gärdenfors, Rott 1995 und Rott 1998). Auch das sind alles Entwicklungen der letzten zwanzig Jahre, deren Wichtigkeit ich noch werde betonen können.

2.

All diese enorm reichhaltigen Entwicklungen lassen sich hier nicht weiter ausführen. Um sie etwas besser einordnen zu können, ist es aber ganz wichtig, sich einen

ebenso einfachen wie grundlegenden Sachverhalt vor Augen zu führen, der etlichen vielleicht selbstverständlich erscheint, der mir aber, so scheint mir, oft nicht mit hinreichender Schärfe wahrgenommen wird: der Sachverhalt nämlich, daß *induktive Schemata ziemlich dasselbe sind wie Revisions schemata*. Damit ist folgendes gemeint:

Klar ist zunächst, daß ein erkennendes Subjekt im Laufe seines kognitiven Lebens eine Unmenge an, neutral ausgedrückt, Daten erhält. Worin diese Daten genau bestehen, ob sie externe Sachverhalte über die Außenwelt oder interne Sachverhalte über das Subjekt selbst zum Inhalt haben, ob sie gewiß und infallibel sein müssen oder unsicher und fallibel sein können, all das gehört zum Problem der Basis der Erkenntnis, welches jetzt nicht unser Problem ist. Klar ist ferner, daß die Daten eines Subjekts nach jedem vernünftigen Verständnis so arm sind, daß das Subjekt zum schnellen Untergang verurteilt wäre, wollte es seine Überzeugungen auf seine Daten und ihre deduktiven Folgerungen beschränken; z.B. genügen jedenfalls alle Überzeugungen über die Zukunft nicht dieser Beschränkung. Das Subjekt ist also vital darauf angewiesen, in seinen Überzeugungen weit über seine Daten hinauszugehen.

Wie tut es das? Dadurch, daß es, wie ich es ausdrücke, ein bestimmtes induktives Schema realisiert. Ein *induktives Schema* ist dabei eine Funktion, die jeder beliebigen Folge von Daten eine Menge von Überzeugungen oder, allgemeiner, einen doxastischen Zustand, der über diese Daten hinausgeht, zuordnet. Evident gibt es unzählige induktive Schemata. Doch verwendet jedes erkennende Subjekt nur ein induktives Schema – welches freilich durch sein tatsächliches kognitives Leben, das ja nicht alle möglichen Datenfolgen durchwandert, nicht eindeutig bestimmt ist. Das Induktionsproblem besteht mithin – so stellt es sich seit Hume – in der Frage, ob sich die Verwendung eines bestimmten induktiven Schemas rechtfertigen läßt, und wenn ja, wie.

Doch stellt sich die Frage der Überzeugungsbildung eigentlich nicht so global. Die natürlichere Problemstellung ist eher folgende: Da hat das Subjekt, irgendwoher, einen mehr oder weniger reichen Schatz an Überzeugungen. Nun bekommt es ein neues Datum – und verändert dadurch im Regelfall seine Überzeugungen. Wie tut es das? Dadurch, daß es, wie ich es ausdrücke, ein bestimmtes Revisions schema, realisiert. Ein *Revisions schema* ist dabei eine Funktion, die jeder beliebigen Menge von Überzeugungen und jedem Datum eine neue Menge von Überzeugungen zuordnet, oder allgemeiner: jedem doxastischen Anfangszustand und jedem Datum einen doxastischen Endzustand. Ein Revisions schema ist also, mit anderen Worten, ein mögliches dynamisches Gesetz für doxastische Zustände – so ähnlich wie Newtons Gravitationsgesetz ein dynamisches Gesetz für die Bewegungszustände schwerer Körper ist. Wieder gibt

es unzählige Revisionsschemata, und wieder stellt sich die Frage, welches der vielen man verwenden soll.

Diese Frage kommt dem Induktionsproblem gleich, einfach weil es eine fast exakte Entsprechung zwischen Revisionsschemata und induktiven Schemata gibt. Denn in der einen Richtung gilt, daß jedes induktive Schema ein Revisionsschema erzeugt, indem es jeder Folge von Daten einen ersten doxastischen Zustand und der um ein neues Datum erweiterten Datenfolge einen zweiten doxastischen Zustand zuordnet und damit die Funktion definiert, die dem ersten Zustand und dem neuen Datum den zweiten Zustand zuordnet. Diese Funktion ist jedenfalls dann wohldefiniert, sofern das induktive Schema, wenn es zwei verschiedenen Datenfolgen den gleichen doxastischen Zustand zuordnet, gleichartigen Erweiterungen dieser Datenfolgen ebenfalls den gleichen doxastischen Zustand zuordnet – was eine plausible Bedingung an induktive Schemata ist. Diese Funktion liefert noch nicht ein volles Revisionsschema, da ihr Definitionsbereich nicht alle doxastischen Zustände, sondern nur solche enthält, die das induktive Schema aus Datenmengen erzeugt; doch sieht man daran, daß der Definitionsbereich immerhin alle doxastischen Zustände enthält, auf die es vom Standpunkt des induktiven Schemas aus ankommt – so daß man das, was zu einem vollen Revisionsschema fehlt, vernachlässigen darf. Umgekehrt gilt, daß jedes Revisionsschema ein induktives Schema erzeugt, sofern man ihm einen apriorischen doxastischen Zustand als Startpunkt beigesellt. Denn damit kann das Revisionsschema dann jede beliebige Folge von Daten aufrollen und so eine Funktion festlegen, die jeder Folge von Daten einen doxastischen Zustand zuordnet.

Die Rechtfertigung von Revisionsschemata gleicht also der Rechtfertigung induktiver Schemata – bis auf einige doch nicht zu vernachlässigende Facetten. Ein inhaltlicher Unterschied liegt in der gerade gemachten Beobachtung, daß ein Revisionsschema nur dann ein induktives Schema erzeugt, wenn man ihm einen apriorischen doxastischen Zustand beigesellt; zu letzterem ist also auch irgendwie Stellung zu beziehen. Das ist ein reales Problem, welches den Statistikern und Wahrscheinlichkeitstheoretikern von jeher bewußt war; das zeigt sich etwa in dem statistischen Grundlagenstreit zwischen den Bayesianern, die die Bezugnahme auf eine subjektive Apriori-Verteilung für unumgänglich halten, und konkurrierenden Methoden, die diese anscheinend unwissenschaftliche Subjektivität doch als entbehrlich zu erweisen hoffen. In der Erkenntnistheorie wurde dieses Problem aber nicht immer in hinreichender Schärfe gesehen, vielleicht weil es in der Rede von induktiven Schemata und ähnlichem nicht aufscheint. Indem sie dieses Problem explizit macht, erweist sich also die Rede von Revisionsschemata als vorteilhaft.

Ein anderer Unterschied scheint vorderhand ein bloß atmosphärischer zu sein. Die Bemühungen um die Rechtfertigung eines induktiven Schemas standen meist unter dem Eindruck, es müsse möglich sein, ein induktives Schema eindeutig auszuzeichnen – ein Eindruck, der vielleicht auch von der eingebildeten Unabhängigkeit von der Frage nach dem Apriori-Zustand gefördert wurde. Die aktuellere Diskussion um Revisions-schemata war hingegen von vornherein von solch hohen und, wie ich denke, überhöhten Ansprüchen frei; in ihr ging es immer nur darum, was sich an Regeln für die Dynamik doxastischer Zustände formulieren läßt – wobei offen blieb, ob diese Regeln diese Dynamik schon eindeutig fixieren. Diese Aufgabe des Alles-oder-Nichts-Denkens eröffnete zweifelsohne ein reiches Spektrum von Zwischenmöglichkeiten.

Dieser vorderhand bloß atmosphärische, aber letztlich ganz zentrale Umschwung ist freilich der Effekt der lange bohrenden Induktionsskepsis, die mit Hume anhub, vom Kantischen Programm nicht überwunden werden konnte, sich im Gegenteil mit Goodman (1955) wesentlich verschärfte, auch darin allen Lösungsversuchen widerstand und sich sogar zu anderen Formen des Skeptizismus, etwa einem Bedeutungs-skeptizismus (s. Kripke 1982, S. 58ff.), erweiterte. (Zu diesem Effekt trug sicherlich auch die Tatsache bei, daß Carnaps Projekt der induktiven Logik die anfänglich hochgespannten Ziele nicht wegen skeptizistischer Einwände, sondern aufgrund konstruktiver Probleme nicht einlösen konnte.) Die positive Wirkung solcher Skepsis war von jeher, daß sie überhöhte Begründungsansprüche als solche entlarvte; die negative Wirkung war, daß dann nichts mehr begründbar und alles beliebig erschien. Beides ist im beschriebenen Umschwung aufgehoben. In Bezug auf Revisions-schemata wird ja gerade gefragt, was an dynamischen Regeln begründbar ist. Wieviel das am Ende ist, ist weder in positiver noch in negativer Hinsicht vorentschieden; und der Skeptizist kann nicht mehr mit pauschalen Fragen und Argumenten landen, sondern muß sich mit den spezifischen Begründungen, die gegeben werden, auseinandersetzen.

An diesem zentralen Umschwung waren aber zweifelsohne zwei weitere Unterschiede beteiligt. Zum einen geht es bei den Revisions-schemata um die lokale Frage, wie auf ein einzelnes neues Datum zu reagieren sei, während es bei den induktiven Schemata um die globale Frage ging, was allen erhaltenen Daten insgesamt zu entnehmen sei – was die viel einschüchterndere Frage ist und so eher ein Alles-oder-Nichts-Denken herausfordert. Zum anderen – das war gewiß gravierender – stellte sich das Problem hinsichtlich der induktiven Schemata bevorzugt als die Frage nach dem induktiven Schließen, danach, was sich aus den Daten erschließen läßt; das belegt etwa Stegmüllers oben zitierte paradigmatische allgemeine Formulierung des Induktionsproblems. Durch die scheinbare Verwandtschaft mit dem deduktiven Schließen klingt diese

Frage dann so, als müßten die Antworten darauf richtig oder falsch sein. Hingegen fehlt diese unglückliche Konnotation bei der Frage hinsichtlich der Revisions schemata; da geht es unzweideutig um die Dynamik doxastischer Zustände und nicht um das unzeitlich wirkende Entfalten des Gehalts von Prämissen.

Wegen dieser Unterschiede scheint mir die angemessene Formulierung des Induktionsproblem in der folgenden Frage zu liegen: *Welche Regeln gelten für die Dynamik doxastischer Zustände, und wovon nimmt diese Dynamik ihren Anfang?* Die Rede vom Gelten ist absichtlich noch undeutlich; darauf werde ich im Abschnitt 5 noch eingehen. Doch ist zunächst festzustellen, daß es eigentlich nicht richtig ist, diese Frage als Nachfolger des Induktionsproblem zu bezeichnen; wie ich gezeigt habe, ist sie identisch mit dem Induktionsproblem. Die Schriften von Hume, dem wir all das zu verdanken haben, decken sich – wenn man ihn nicht allzu platt als empirischen Assoziationspsychologen liest, sondern wohlwollender rationalitätstheoretisch interpretiert – gut mit dieser Einsicht. Insoweit diese Einsicht verschüttet war, lag es wohl an den genannten Verschiebungen des Problembewußtseins. In Bezug auf die aktuelle einschlägige Diskussionslage scheint mir diese Formulierung jedoch vollkommen angemessen.

Diese Feststellung deckt sich auch mit Stegmüllers zu Beginn geschilderten Resümee; in der Tat führt sie seine zwei Nachfolgerprobleme wieder zusammen. Denn mit Praxis hat das praktische Nachfolgerproblem eigentlich wenig zu tun. Carnaps Wende lag ja, wie auch Stegmüller deutlich macht, darin, daß er seiner induktiven Logik ausdrücklich diese dynamische anstelle der am Schließen orientierten Betrachtungsweise unterlegte; daß unsere doxastischen Zustände im Verbund mit unseren Wünschen und Zielen im Prinzip immer auch praktisch werden, ist natürlich richtig, aber in Bezug auf Carnaps Projekt vorerst nicht erheblich. Und das theoretische Nachfolgerproblem hat Stegmüller selbst, wie erwähnt, von der Frage nach dem Bestätigungs begriff in die Frage nach der Theoriendynamik transformiert. Insofern steht mein hiesiges Resümee ganz in Einklang mit dem Stegmüllers.

3.

Über die Dynamik doxastischer Zustände läßt sich nun auf vielen Ebenen sehr viel sagen; deswegen ist das so bündig wirkende Induktionsproblem letztlich so unerschöpflich. Doch sagte ich zu Beginn, daß die grundsätzlichen und allgemeinsten Beiträge dazu von formaler Seite gekommen sind. Verfolgen wir daher in den nächsten Abschnitten ein Stück weit zwei der formalen Ansätze; ihre Bedeutsamkeit läßt sich dann konkreter erklären.

Die Behandlung der Dynamik doxastischer Zustände setzt zweierlei voraus. Als erstes müssen wir eine Menge \mathbf{P} von möglichen Denk- oder Glaubensinhalten oder – das ist der philosophische Terminus, der sich eingebürgert hat – von Propositionen annehmen, zu denen die betrachteten doxastischen Zustände Stellung beziehen. Eine Minimalannahme ist dabei, daß die Menge \mathbf{P} unter Negation, Konjunktion und Adjunktion abgeschlossen ist, d.h. daß gilt:

wenn $A, B \in \mathbf{P}$, so auch $\sim A$ (= es ist nicht der Fall, daß A),
 $A \& B$ (= A und B) und $A \vee B$ (= A oder B).

Was man sich unter diesen Propositionen genau vorzustellen hat, ist eine der schwierigsten und in diesem Jahrhundert meistdiskutierten philosophischen Fragen (einige aktuelle Komplexitäten sind in Spohn 1997 diskutiert). Die Frage wäre einfach, wenn man Propositionen mit ihrem Ausdrucksmittel, Sätzen, gleichsetzen könnte. Als grobe Richtschnur ist das vielleicht auch gut genug. Doch tun sich bei genauerem Hinsehen mindestens drei schwere Probleme auf. Zunächst gibt es mehrfachen Grund zur Annahme, daß sich nicht alle Propositionen sprachlich ausdrücken lassen. Ferner ist es sehr oft so, daß ein Satz nicht eine bestimmte Proposition ausdrückt; er kann mehrdeutig sein, oder seine Bedeutung kann vom Kontext, in dem er geäußert wird abhängen. Schließlich können verschiedene Sätze dieselbe Proposition ausdrücken; welche Äquivalenzrelation hier einschlägig ist, ist freilich höchst umstritten. Ich will hier einfach annehmen, daß (im Sinne der klassischen Logik) logisch äquivalente Sätze dieselbe Proposition ausdrücken, daß also z.B. $A \vee B = \sim(\sim A \& \sim B)$. \mathbf{P} ist somit eine *Boolesche Algebra*. Damit können $W = A \vee \sim A$ als die sichere Proposition und $\emptyset = A \& \sim A$ als die unmögliche Proposition definieren. Ferner möge $A \Rightarrow B$ bedeuten, daß B aus A logisch folgt; das besagt nichts anderes, als daß es eine Proposition C gibt, so daß $B = A \vee C$. Schließlich ist das weitere leichter nachvollziehbar, wenn wir von vornherein annehmen, daß \mathbf{P} nur endlich viele Propositionen enthält; die technischen Probleme, die sich mit unendlichen Propositionenmengen stellen, hat man im Griff, sind hier aber nicht relevant.

Unterliegt auch die Menge \mathbf{P} von Propositionen oder möglichen Denkinhalten einer Dynamik? Ja, gewiß. Unsere Begriffe ändern sich – manche vergessen wir, aber vor allem entwickeln wir laufend neue – und mit ihnen die Denkinhalte. Doch gibt es darüber nur sehr unzulängliche theoretische Vorstellungen; hier halten wir uns besser an eine konstante Menge \mathbf{P} .

Zweitens ist klar, daß die Beschreibung der Dynamik doxastischer Zustände von einer Beschreibung ihrer Statik ausgehen muß, also davon, wie sie zu einem gegebenen Zeitpunkt beschaffen sind. Eigentlich geht aber beides Hand in Hand, denn die Beschreibung der Statik muß sich natürlich an den Bedürfnissen der Dynamik orientieren.

Die nach wie vor insgesamt beste solche Beschreibung – und die erste, die ich hier erörtern will – ist die probabilistische, derzufolge ein Subjekt für jede Proposition eine subjektive Wahrscheinlichkeit hat. Genauer gesagt, definieren wir:

Definition 1: P ist genau dann ein *Wahrscheinlichkeitsmaß* (*W-Maß*) für \mathbf{P} , wenn P ein Funktion von \mathbf{P} in die Menge der reellen Zahlen ist derart, daß für alle $A, B \in \mathbf{P}$ gilt:

(a) $P(A) \geq 0$ [Nicht-Negativität],

(b) $P(W) = 1$ [Normiertheit],

(c) wenn $A \& B = \emptyset$, so $P(A \vee B) = P(A) + P(B)$ [Additivität].

Sofern $P(A) \neq 0$, definieren wir zudem $P(B / A) = P(A \& B) / P(A)$ als die *durch A bedingte Wahrscheinlichkeit von B* (gemäß P).

Damit können wir sagen, daß der doxastische Zustand P_t eines gegebenen Subjekts zum Zeitpunkt t (soweit er die Propositionenmenge \mathbf{P} betrifft – diesen Zusatz werde ich mir in Zukunft sparen) jedenfalls ein *W-Maß* auf \mathbf{P} ist. Man sollte noch mehr als nur das sagen können; doch ist nicht klar, welche weiteren Eigenschaften von allen doxastischen Zuständen zu erwarten sind. Vielleicht folgende (s. Carnap 1971, Abschn. 7):

(d) $P(A) = 0$, nur wenn $A = \emptyset$ [Regularität].

W-Maße mit der Eigenschaft (d) heißen *regulär* oder *strikt positiv*. Alle weiteren Bedingungen an probabilistisch beschriebene doxastische Zustände, die in der Literatur diskutiert worden sind, ergeben sich erst in einem dynamischen Kontext.

Welche dynamischen Regeln gelten nun für so beschriebene doxastische Zustände? Die einfachste Regel, die genauso alt ist wie die Wahrscheinlichkeitstheorie selbst, ist die

Konditionalisierungsregel: Wenn ein Subjekt zum Zeitpunkt t das *W-Maß* P_t als doxastischen Zustand hat und die Information, die es zwischen t und t' erhält, in der Proposition A besteht – wobei $P_t(A) \neq 0$ –, so ist sein doxastischer Zustand $P_{t'}$ zu t' dadurch definiert, daß für alle $B \in \mathbf{P}$: $P_{t'}(B) = P_t(B/A)$.

Das Datum, das ein Subjekt im fraglichen Zeitraum erhält, besteht gemäß dieser Regel also in einer Proposition A ; mit diesem Datum geht es dann zu den durch A bedingten als den neuen absoluten Wahrscheinlichkeiten über. Die durch A bedingten Wahrscheinlichkeiten selbst ändern sich dabei nicht; sie sind gemäß P_t und $P_{t'}$ dieselben. Nun kann man die dynamischen Entwicklungen studieren, die sich gemäß dieser Regel für bestimmte W -Maße aus bestimmten Datenfolgen ergeben und daraus weitere Bedingungen an vernünftige subjektive Wahrscheinlichkeiten gewinnen; in dieses subtile Geschäft will ich jetzt nicht einsteigen. Eines fällt aber unmittelbar auf, nämlich daß das Datum A zum späteren Zeitpunkt t' Wahrscheinlichkeit 1 hat (da $P_{t'}(A/A) = 1$) und so maximal sicher und unrevidierbar geworden ist. Das erscheint fragwürdig. Das kann man auch so ausdrücken, daß die Konditionalisierungsregel aus dem Bereich der regulären W -Maße herausführt und daher mit der Regularitätsbedingung (d) unverträglich ist.

Erst Jeffrey (1965), Kap. 11, – vorher hat man sich darüber einfach keine so genauen Gedanken gemacht – hat hier auf Abhilfe gesonnen. Er schlug vor, daß das Datum A nicht mit Gewißheit, sondern nur mit einer mehr oder weniger großen Wahrscheinlichkeit p aufgenommen wird – man ist sich ja manchmal ausgesprochen unsicher, was man gesehen hat – und daß $\sim A$ mithin mit einer Restwahrscheinlichkeit von $1-p$ noch für möglich gehalten wird. Welche Änderung ein solches Datum auslöst, beschreibt die

Regel der Jeffrey-Konditionalisierung: Wenn ein Subjekt zum Zeitpunkt t das W -Maß P_t als doxastischen Zustand hat und zwischen t und t' die Information A mit der Sicherheit p erhält, so ist sein doxastischer Zustand $P_{t'}$ zu t' dadurch definiert, daß für alle $B \in \mathbf{P}$: $P_{t'}(B) = p P_t(B/A) + (1-p) P_t(B/\sim A)$.

Wiederum kann man den Effekt dieser Regel so beschreiben, daß die durch A und die durch $\sim A$ bedingten Wahrscheinlichkeiten gemäß P_t und $P_{t'}$ gleich bleiben; darauf hat die Information keinen Einfluß. Es ändern sich direkt nur die absoluten Wahrscheinlichkeiten von A und $\sim A$, und mit ihnen die meisten anderen absoluten und bedingten Wahrscheinlichkeiten.

Jeffrey selbst hat die Regel gleich für den allgemeineren Fall formuliert, indem sich das Subjekt aufgrund seiner Erfahrungen zwischen t und t' nicht bloß zwischen A und $\sim A$, sondern zwischen mehreren einander ausschließenden Propositionen unsicher ist. Es ist nun auch, genau genommen, nicht mehr richtig, A als Datum zu bezeichnen; das Datum, welches die doxastische Änderung bestimmt, ist vielmehr: " A mit der

Wahrscheinlichkeit p (und $\sim A$ mit der Wahrscheinlichkeit $1-p$)". (Garber 1980 hat hier noch eine bessere Formulierung gefunden, nach der das Datum in einer Proposition und einem Stärkegrad besteht, welcher dann zusammen mit der alten Wahrscheinlichkeit die neue Wahrscheinlichkeit dieser Proposition bestimmt.) Klar ist jedenfalls, daß die Jeffrey-Konditionalisierung für $0 < p < 1$ mit der Regularitätsbedingung im Einklang steht.

Das sind nur zwei Beispiele für allgemeine Regeln der Dynamik doxastischer Zustände im probabilistischen Beschreibungsrahmen. Hier ließe sich nun sehr lange fortfahren: Die Frage, wie sich diese Formen der Konditionalisierung rechtfertigen ließen, wurde erst in den 70er Jahren gestellt und gewissen Antworten zugeführt (s. etwa Skyrms 1990, Kap. 5). In dieser Zeit wurde auch das Prinzip von der Minimierung der relativen Entropie, welches in der statistischen Physik schon länger eine Rolle spielte (s. Jaynes 1978), als ein Prinzip für die Änderung subjektiver Wahrscheinlichkeiten entdeckt (s. etwa Hunter 1991). Das von van Fraassen (1984) formulierte und (1995) verteidigte sogenannte Reflexionsprinzip erfreut sich wohl noch größerer Allgemeinheit. Und so weiter.

All das vermag nur schwach anzudeuten, inwiefern die Wahrscheinlichkeitstheorie die weitaus am gründlichsten erforschte und genutzte formale Beschreibung doxastischer Zustände liefert und so von größter erkenntnistheoretischer Relevanz ist. Daß das Ansehen der Wahrscheinlichkeitstheorie bei der philosophischen Erkenntnistheorie gleichwohl nicht so hoch ist, liegt nicht nur an der abschreckenden Mathematik oder an ungelösten Problemen. Der Hauptgrund scheint mir vielmehr in dem schlichten Umstand zu liegen, daß ein als W -Maß beschriebener doxastischer Zustand keine Meinungen oder Überzeugungen im normalen Sinne enthält, die das Subjekt jedenfalls für wahr hält und die sich dann als wahr oder als falsch herausstellen können. Wenn ich es etwa für sehr wahrscheinlich halte, daß es morgen regnet, so hat es einfach keinen Sinn, von dieser doxastischen Einstellung zu sagen, sie sei wahr oder falsch; sie kann bestenfalls wohlinformiert, vernünftig und ähnliches sein. Ohne den Wahrheitsbegriff kann eine probabilistische Erkenntnistheorie aber auch nicht vom Wissen reden; und so scheint sie zentrale erkenntnistheoretische Anliegen enttäuschen zu müssen.

Dieser Anschein ist sicherlich verheerend. Doch will ich nun nicht verfolgen, was alles an probabilistischer Remedur ersonnen wurde (genau darum geht es im Kern in dem in der Literatur ausführlich diskutierten sogenannten Lotterie-Paradox; s. etwa ##). Die andere Reaktion auf das Problem ist, doxastische Zustände eben von vornherein so zu beschreiben, daß sie wahre oder falsche Meinungen oder Überzeugungen enthalten. Das ist im Prinzip nicht schwierig; bahnbrechend hierfür war die Entwicklung der

doxastischen Logik durch Hintikka (1962). Doch wurde erst in den letzten zwanzig Jahren die Frage nach der Dynamik so beschriebener doxastischer Zustände überhaupt erörtert – mit Erfolg, wie der nächste Abschnitt deutlich machen will.

4.

Beginnen wir wiederum mit der statischen Beschreibung. Es geht im weiteren, wie gesagt, ausschließlich ums Für-wahr-und ums Für-falsch-Halten, also um eine ganz grobe Beschreibung, wonach ein Subjekt lediglich gewisse Meinungen für wahr hält, also hat, andere für falsch hält, also ablehnt, und wieder andere weder bejaht noch verneint; davon, das Meinungen mehr oder weniger fest sind, ist vorderhand gar nicht die Rede. Wie läßt sich also die Menge aller Meinungen, die ein Subjekt zu einem gegebenen Zeitpunkt hat, beschreiben? In der Literatur werden hier in der Regel (s. etwa schon Hintikka 1962) drei einfache Prinzipien angenommen:

- (1) wenn das Subjekt A für wahr hält und B für wahr hält, so hält es auch $A \& B$ für wahr;
- (2) wenn das Subjekt A für wahr hält, so hält es auch $A \vee B$ für wahr;
- (3) das Subjekt hält \emptyset für falsch und nicht für wahr.

Diese klingen zweifelsohne unverdächtig. Doch haben sie eine überraschend starke Konsequenz, nämlich daß sich die Menge aller Meinungen eines Subjekts durch eine einzige Proposition $G \neq \emptyset$, seine *Gesamtmeinung*, charakterisieren läßt. Definieren wir, um das einzusehen, G als die Konjunktion aller Meinungen des Subjekts. Da \mathbf{P} endlich ist, ist auch diese Konjunktion endlich und mithin eine Proposition in \mathbf{P} . Wegen (1) hält das Subjekt G für wahr. Wegen (3) gilt $G \neq \emptyset$. Wegen (2) gehört auch für jedes B in \mathbf{P} $G \vee B$ zu den Meinungen des Subjekts. In der Tat ist jede Meinung des Subjekts mit einer Meinung der Form $G \vee B$ logisch äquivalent und somit – gemäß unseren Annahmen über Propositionen – identisch. Die Menge der Meinungen des Subjekts besteht mithin genau aus den logischen Folgerungen aus G , d.h. aus allen Propositionen A mit $G \Rightarrow A$.

Anders gesagt, beinhalten die Prinzipien (1), (2) und (3), daß die Meinungen eines Subjekts konsistent und unter logischer Folgerung abgeschlossen ist – was viele angesichts der Unentscheidbarkeit dieser Begriffe (nicht im angenommenen endlichen Fall, aber ab der Prädikatenlogik erster Stufe) für eine unzulässig starke Unterstellung halten. Hauptverantwortlich für diese Konsequenz ist freilich die frühere Annahme, daß

logisch äquivalente Propositionen in der Tat identisch sind; diese Annahme müßte als erste aufgegeben werden. Es gibt viele Ideen für weniger anspruchsvolle Annahmen; aber alle sind umstritten (##). So bleiben wir hier besser bei unseren starken Annahmen, zumal sie mit der erwähnten Konsequenz die weiteren Überlegungen sehr vereinfachen.

Wie können wir die bisherige statische Betrachtung zu einer dynamischen erweitern? Nehmen wir an, der doxastische Zustand eines Subjekts zum Zeitpunkt t sei durch die Gesamtmeinung G_t charakterisiert und es erhalte zwischen t und t' die Information A . Was läßt sich dann über die neue Gesamtmeinung $G_{t'}$ des Subjekts zu t' sagen? Zwei Fälle sind hier zu unterscheiden:

Im ersten Fall ist die Information mit den bisherigen Überzeugungen des Subjekts verträglich, d.h. $G_t \& A \neq \emptyset$; das ist der Normalfall. Hier scheint es einerseits vernünftig anzunehmen, daß

$$(4) \quad G_{t'} \Rightarrow G_t \& A,$$

daß sich also in der neuen Gesamtmeinung alle alten Überzeugungen wie auch die aufgenommene Information versammeln; es gibt keinen Grund zu größerer Zurückhaltung. Andererseits liegt es nahe anzunehmen, daß

$$(5) \quad G_t \& A \Rightarrow G_{t'},$$

daß also die neue Gesamtmeinung nicht mehr als die alten Überzeugungen, die neue Information und ihre gemeinsame Folgerungen enthält; jede Meinung, die darüber hinausginge, entbehrte der Rechtfertigung. Beide Annahmen zusammen bestimmen in diesem Fall aber schon die neue Gesamtmeinung; danach muß $G_{t'} = G_t \& A$ sein. Darin ist übrigens der Fall eingeschlossen, daß die Information A dem Subjekt schon bekannt ist oder voll seinen Erwartungen entspricht; dann bewirkt die Information keine Änderung seiner Überzeugungen.

Im zweiten Fall ist die Information mit den bisherigen Überzeugungen des Subjekts unverträglich, d.h. $G_t \& A = \emptyset$. Dieser Fall ist in der Tat gar nicht ungewöhnlich. Die Realität enttäuscht laufend unsere Erwartungen, und wir leugnen dann die Realität nicht, sondern passen unsere Erwartungen an. Wie tun wir das, was ist in diesem Fall die neue Gesamtmeinung? Es ist schwer, über diesen Fall Allgemeinverbindliches zu sagen; die Literatur ist voll von Fehlschlägen. Eigentlich läßt sich nur feststellen, daß jedenfalls

$$(6) \quad \emptyset \neq G_t \Rightarrow A,$$

daß also die neue Gesamtmeinung wieder konsistent ist und die Information A enthält – was daran liegt, daß wir die Information so weit immer als akzeptierte Information betrachten.

So weit, so schlecht; mit der Aussage (6) bleibt unsere Dynamik doxastischer Zustände (als Gesamtmeinungen) unvollständig. Genau an dieser Stelle setzt freilich der entscheidende Gedanke ein, der die ältere Literatur zum Thema von der neueren der letzten zwanzig Jahre trennt. Die ältere Literatur versuchte, die Aussage (6) substantiell zu verstärken. Die neuere verzichtet einsichtsvoll darauf, und hat eine Methode entdeckt, mit der sich schon auf der Grundlage der bisherigen Annahmen eine vollständige Dynamik formulieren läßt. Wie das? Der Gedanke ist eigentlich ganz einfach und typisch für eine formale Vorgehensweise:

Auch wenn wir über den zweiten der obigen Fälle allgemein nicht mehr als (6) sagen können, so dürfen wir doch annehmen, daß die Gesamtmeinung des Subjekts irgendeine der Bedingung (6) genügende Änderung erfährt. Wir dürfen weiter annehmen, daß diese Reaktion auf die empfangene Information schon im alten doxastischen Zustand angelegt ist. Und schließlich dürfen wir annehmen, daß im alten Zustand schon für jede mögliche Information eine entsprechende Reaktion angelegt ist. Mit anderen Worten, der alte Zustand besteht nicht nur aus einer Gesamtmeinung (und all ihren Folgerungen), sondern schließt eine bestimmte Disposition zur Reaktion auf die unterschiedlichsten Informationen ein. Diese Disposition läßt sich als eine Funktion beschreiben, die jeder möglichen Information diejenige Gesamtmeinung zuordnet, die das Subjekt hätte, wenn es diese Information bekäme. Welche Bedingungen diese Disposition erfüllen sollte, haben wir dabei in den Aussagen (4), (5) und (6) schon festgeschrieben. Diese Überlegung führt zu der folgenden

Definition 2: g ist genau dann ein *Meinungsänderungsschema* für \mathbf{P} , wenn g eine Funktion ist, die jeder Proposition in \mathbf{P} mit Ausnahme von \emptyset eine Proposition in \mathbf{P} zuordnet derart, daß für alle Propositionen A und B gilt:

$$(a) \quad \emptyset \neq g(A) \Rightarrow A,$$

$$(b) \quad \text{wenn } g(A) \& B \neq \emptyset, \text{ so } g(A \& B) = g(A) \& B.$$

Das ist, wie gesagt, so zu lesen, daß man im Zustand g nach der Information A die Gesamtmeinung $g(A)$ hat. Das impliziert, daß man im Zustand g selbst die Gesamt-

meinung $g(W)$ hat, da die sichere Proposition W garantiert keinen Informationsgehalt hat und so die Gesamtmeinung nicht ändert. Daß g für \emptyset nicht definiert ist, liegt daran, daß \emptyset keine mögliche Information darstellt. Die Annahme, daß alle anderen Propositionen sehr wohl mögliche Informationsgehalte sind, ist zwar in der Definition 2 enthalten, ließe sich aber abschwächen. In der Bedingung (a) schlägt sich die Aussage (6) nieder, die ja a fortiori auch für den ersten, oben besprochenen Fall gilt. Und die Bedingung (b) sagt, was passiert, wenn nach der ersten Information A eine zweite Information B hinzutritt, die mit der nach der ersten Information erzielten Gesamtmeinung konsistent ist: nämlich, daß dann die aufgrund der Information A & B gebildete Gesamtmeinung gerade aus der nach A gebildeten Gesamtmeinung und der weiteren Information B besteht. Insofern sagt die Bedingung (b) dasselbe wie die Aussagen (4) und (5), nur allgemeiner für jede nach einer ersten Information erreichten Gesamtmeinung.

Mit dieser einfachen, aber höchst effektiven Begriffsbildung können wir schließlich ganz leicht ein vollkommen bestimmtes dynamisches Gesetz für Gesamtmeinungen formulieren:

Regel zur Änderung von Gesamtmeinungen: Wenn ein Subjekt zum Zeitpunkt t das Meinungsänderungsschema g_t hat und die Information, die es zwischen t und t' erhält, in der Proposition $A \neq \emptyset$ besteht, so ist $G_{t'} = g_t(A)$ seine Gesamtmeinung zu t' .

Im Kern beruht die gesamte von Peter Gärdenfors begonnene und dann von vielen fortgesetzte sogenannte "belief revision theory" (s. etwa Gärdenfors 1988, Gärdenfors, Rott 1995 und Rott 1998) auf dieser Begriffsbildung – eine unzulässig knappe Bemerkung freilich, da sie nicht zu ahnen gibt, wieviel an äquivalenten Formulierungen und subtilen Varianten, an Vergleichen und Verallgemeinerungen dort in höchst eindrucksvoller Weise untersucht worden ist.

Gleichwohl springt ein Ungenügen dieser dynamischen Regel sofort ins Auge. Sie macht keinen Hehl daraus, daß der anfängliche doxastische Zustand zu t nun nicht mehr durch eine Gesamtmeinung, sondern durch ein ganzes Meinungsänderungsschema charakterisiert ist. Dann müssen aber alle doxastischen Zustände so charakterisiert sein und insbesondere der spätere doxastische Zustand zu t' . Die dynamische Regel muß sagen, wie die Informationen oder Daten das alte Meinungsänderungsschema in ein neues wenden; andernfalls bleibt die dynamische Theorie unvollständig. Das Problem wird besonders plastisch, wenn wir uns fragen, wie sich der doxastische Zustand nach t' weiter verändert. Unsere Regel kann dazu offenbar nichts mehr sagen, da der

Anfangszustand der weiteren Änderung nun gar nicht als Meinungsänderungsschema beschrieben ist. Darum heißt das Problem auch das Problem der iterierten Meinungsänderung.

Dieses Problem ist erstmals von Harper (1976) in einem verwandten Kontext behandelt worden. In der Literatur zur "belief revision" existieren dazu verschiedene Lösungsansätze (s. etwa ##). Doch scheint mir die Lösung, die ich in Spohn (1988) vorgeschlagen habe, nach wie vor die beste zu sein; sie transzendiert freilich die mit der Definition 2 abgegrenzte Begrifflichkeit in einer wichtigen Hinsicht. Diese Lösung möchte ich zuletzt noch kurz erläutern.

Dazu müssen wir das Verhalten von Meinungsänderungsschemata noch etwas genauer studieren. Sei g ein solches. Relativ dazu sei definiert: $g(W) = E_0$, $g(\sim E_0) = E_1$, ..., $g(\sim E_0 \ \& \ \dots \ \& \ \sim E_k) = E_{k+1}$, und so weiter. Da wir uns auf endlich viele Propositionen beschränkt haben, muß diese Prozedur mit einem E_n aufhören, für welches $\sim E_0 \ \& \ \dots \ \& \ \sim E_n = \emptyset$. Auf diese Weise erzeugt g eine Folge von Propositionen E_0 , ..., E_n . Wie ist diese zu deuten? E_0 ist die in g enthaltene Gesamtmeinung oder, wie ich für die weitere Diskussion sagen will, die *Wirklichkeit* gemäß g . E_1 ist dann die Gesamtmeinung, die man mit g hätte, wenn man lediglich die Information erhält, daß E_0 falsch, die Wirklichkeit also nicht so ist, wie man mit g annimmt. Nennen wir daher E_1 die *1. Möglichkeit* gemäß g . So setzt sich das fort. E_{k+1} ist dann die Gesamtmeinung, die man mit g hätte, wenn man die Information enthält, daß sowohl E_0 wie auch E_1 bis E_k falsch sind; E_{k+1} ist also die *k+1. Möglichkeit*, die man mit g annimmt, wenn sowohl die mit g angenommene Wirklichkeit wie auch die mit g angenommenen ersten k Möglichkeiten nicht zutreffen. Mit E_n , der *n-ten Möglichkeit*, erschöpft sich schließlich das Verfahren; diese kann sich ohne Widerspruch nicht mehr als falsch erweisen. Auf diese Weise ist in g eine *Möglichkeitenordnung* enthalten – wobei ich den Ausdruck "Ordnung" betone, weil die Zahlen, die die Möglichkeitsstufen numerieren, nur eine Reihenfolge ausdrücken – genauso wie es die Platzziffern 1 bis 18 in der Bundesligatabelle tun.

Mithilfe dieser Möglichkeitsordnung kann man nun auch jeder Proposition eine Möglichkeitsstufe zuordnen. Dies leistet die in der folgenden Weise für jedes $A \neq \emptyset$ definierte Funktion ρ :

$$(7) \quad \rho(A) = \min \{j \mid A \ \& \ E_j \neq \emptyset\}.$$

Danach kommt also A genau dann die Möglichkeitsstufe 0 zu, wenn A der g -Wirklichkeit zufolge wahr sein kann (nicht muß); und A hat die Möglichkeitsstufe k , wenn A gemäß der k -ten Möglichkeit E_k wahr sein kann (nicht muß), aber in allen besseren g -

Möglichkeiten und auch in der g -Wirklichkeit jedenfalls falsch sein muß. Je höher also die Möglichkeitsstufe einer Proposition ist, eine desto entlegenerer Möglichkeit stellt sie gemäß dem Meinungsänderungsschema g dar.

Welche Eigenschaften hat die Funktion ρ ? Zunächst gilt:

(8) ρ nimmt alle Werte zwischen 0 und n an.

Das liegt daran, daß die Zahlen so weit nur so etwas wie Platzziffern darstellen, die natürlich alle vergeben sein müssen. Gehaltvoller sind die beiden nächsten Aussagen:

(9) für jede Proposition $A \neq \emptyset$ ist $\rho(A) = 0$ oder $\rho(\sim A) = 0$ (oder beides).

Denn es kann nie sein, daß sowohl $\rho(A)$ als auch $\rho(\sim A)$ größer als 0 sind, daß also sowohl A wie $\sim A$ der g -Wirklichkeit zufolge falsch sein müssen; doch kann es schon passieren, daß die g -Wirklichkeit, also die Gesamtmeinung gemäß g bezüglich A und $\sim A$ unentschieden und daher $\rho(A) = \rho(\sim A) = 0$ ist. Ferner gilt für je zwei Propositionen A und $B \neq \emptyset$:

(10) $\rho(A \vee B) = \min \{\rho(A), \rho(B)\}$.

Denn einerseits muß die Möglichkeitsstufe von $A \vee B$ mindestens so gut sein wie die von A und die von B . Andererseits kann sie nicht besser sein als beide; dann gemäß allen besseren Möglichkeitsstufen sind sowohl A als auch B und damit auch $A \vee B$ falsch.

Schließlich ist festzustellen, daß sich aus der Funktion ρ das Meinungsänderungsschema g , von dem wir ausgegangen sind, zurückgewinnen läßt. Denn definieren wir (für $k = 0, \dots, n$) F_k als die Adjunktion aller Propositionen A , für die $\rho(A) \geq k$, (und $F_{n+1} = \emptyset$), so ist $E_k = F_k \& \sim F_{k+1}$; und es ist ferner für jedes A mit $\rho(A) = k$ $g(A) = A \& E_k$. Diese Behauptungen sind nicht direkt einsichtig, doch lassen sie sich unschwer beweisen. Auf diesen Beweis kommt es jetzt aber nicht an, sondern nur auf die Konsequenz, die sich daraus ergibt: nämlich daß es sich bei einem Meinungsänderungsschema g , bei einer Möglichkeitsordnung E_0, \dots, E_n und der gemäß (7) definierten Funktion ρ um drei äquivalente Modellierungen doxastischer Zustände handelt.

Das bedeutet, daß das Problem der iterierten Meinungsänderung – um uns ihm wieder zuzukehren – mit dem einen Begriff so schwer zu lösen ist wie mit dem andern. Doch läßt sich die Lösung, die ich vorgeschlagen habe, nun leicht benennen; sie setzt an

der dritten Modellierung an und nimmt daran eine einfache Verallgemeinerung vor, die lediglich im Verzicht auf die Bedingung (8) besteht. Das mündet in die folgende

Definition 3: ρ ist genau dann eine *Rangfunktion* für \mathbf{P} (ursprünglich benutzte ich die Bezeichnung "Konditionalfunktion", doch hat sich im Englischen mittlerweile der Ausdruck "ranking function" eingebürgert; cf. Goldszmidt, Pearl 1996)), wenn ρ jeder Proposition in \mathbf{P} außer \emptyset eine natürliche Zahl zuordnet derart, daß für alle $A, B \neq \emptyset$ gilt:

- (a) $\rho(A) = 0$ oder $\rho(\sim A) = 0$ (oder beides),
- (b) $\rho(A \vee B) = \min \{\rho(A), \rho(B)\}$.

$\rho(A)$ heißt auch *der Rang von A*. Für den Fall, daß $A \& B \neq \emptyset$, sei ferner *der bedingte Rang von B unter der Bedingung A* definiert als $\rho(B/A) = \rho(A \& B) - \rho(A)$.

Wie eine solche Rangfunktion als doxastischer Zustand zu interpretieren ist, ist aufgrund des Vorangegangenen schon klar. Wenn $\rho(A) = 0$, so könnte A gemäß ρ der Wirklichkeit entsprechen. $\rho(A) > 0$ bedeutet also, daß A in ρ für falsch gehalten wird; je größer $\rho(A)$, desto unplausibler oder entfernter ist gemäß ρ die Möglichkeit, daß A doch wahr ist. Mithin wird A in ρ genau dann *für wahr gehalten*, wenn $\rho(\sim A) > 0$; daraus ergibt sich auch die in ρ enthaltene Gesamtmeinung.

Mit dem Verzicht auf die Bedingung (8) scheint sich also kaum etwas geändert zu haben? Dieser Eindruck wäre freilich nur halb richtig. Denn mit diesem Verzicht lassen sich die durch ρ zugeordneten Zahlen nicht mehr bloß als Platzziffern in einer von einem Meinungsänderungsschema erzeugten Möglichkeitsordnung verstehen; die Ränge ordnen nicht nur, sondern messen gewissermaßen die Möglichkeiten nach ihrer Entfertheit. Aus diesem Grunde tun sich manche mit der neuen Begriffsbildung schwer; doch ist es gerade diese Hinsicht, in der die Rangfunktionen wesentlich den von Meinungsänderungsschemata abgegrenzten Rahmen transzendieren. Beredtesten Ausdruck findet diese Verallgemeinerung in der Definition bedingter Ränge. Denn die darin verwandte Subtraktion ergibt nur dann Sinn, wenn die Ränge eine quantitative Bedeutung haben und nicht bloß eine Ordnung anzeigen.

Dieser Begriff des bedingten Ranges verhilft uns schließlich zu einer Lösung des Problems der iterierten Meinungsänderung, d.h. zu einer allgemeinen dynamischen Regel für Rangfunktionen bzw. damit modellierte doxastische Zustände (wie umgekehrt das Fehlen dieses Begriffs meines Erachtens letztlich erklärt, wieso sich im Rahmen von Meinungsänderungsschemata keine gute Lösung dafür findet). Diese Lösung orientiert sich an der oben erläuterten Jeffrey-Konditionalisierung für W-Maße. Danach

hatte sich ja lediglich die subjektive Wahrscheinlichkeit der Information A in vorgegebener Weise zu p und entsprechend die Wahrscheinlichkeit von $\sim A$ zu $1-p$ verändert (weswegen eher A zusammen mit p als Datum zu bezeichnen war), während die durch A und die durch $\sim A$ bedingten Wahrscheinlichkeiten gleich geblieben waren. Dieses Muster können wir direkt auf Rangfunktionen übertragen. Wieder nehmen wir an, daß die Information A nicht absolut sicher, doch mit einer gewissen Stärke daherkommt, so daß $\sim A$ zu einer entlegenen Möglichkeit, etwa des Ranges m , wird, und daß die Information aber die durch A und die durch $\sim A$ bedingten Ränge nicht beeinflußt; beides zusammen bestimmt schon eindeutig den neuen doxastischen Zustand. Dies ist in der folgenden Regel zusammengefaßt:

Konditionalisierungsregel für Rangfunktionen: Wenn ein Subjekt zum Zeitpunkt t die Rangfunktion ρ_t als doxastischen Zustand hat und zwischen t und t' die Information A mit der Stärke m erhält (so daß $\sim A$ der Rang m zugewiesen wird), so ist sein doxastischer Zustand $\rho_{t'}$ zu t' dadurch definiert, daß für alle $B \in \mathbf{P}$ mit $B \neq \emptyset$ gilt:

$$\rho_{t'}(B) = \min \{ \rho_t(B/A), \rho_t(B/\sim A) + m \}.$$

(Mindestens einer der beiden Ausdrücke, von denen das Minimum zu nehmen ist, ist ja gemäß Definition 3 wohldefiniert.) $\rho_{t'}$ ist dann ersichtlich wieder eine Rangfunktion, für die, wie erwünscht, $\rho_{t'}(A) = 0$ und $\rho_{t'}(\sim A) = m$ gilt. Es ist zu erwähnen, daß sich diese Regel in der Weise allgemeiner formulieren läßt, wie es Jeffrey für seine Form der probabilistischen Konditionalisierung getan hat. Außerdem gilt wiederum, daß man diese Regel so umformulieren kann, daß die Stärke, mit der die Information kommt, wirklich ein Merkmal des Datums selbst ist (vgl. Shenoy 1991); die Formulierung, die ich gegeben habe, war in dieser Hinsicht nicht ganz einwandfrei, da der Parameter m für das Resultat der Überzeugungsänderung in Bezug auf A und $\sim A$ stand und nicht für das Maß dieser Änderung.

Für ein genaueres Studium dieser Regel wie der Theorie der Rangfunktionen insgesamt ist hier kein Platz – wiewohl klar ist, daß erst ein solches Studium eine fundierte Einschätzung des erkenntnistheoretischen Ertrags dieser Theorie ermöglicht. Doch habe ich damit erreicht, was ich mir hier zu erläutern vorgenommen habe: nämlich daß es eine Modellierung doxastischer Zustände gibt, die es im Gegensatz zu den W -Maßen erlaubt, unmittelbar von Meinungen, vom Für-wahr- und vom Für-falsch-Halten zu sprechen, und für die sich gleich den W -Maßen eine vollkommen allgemeine dynamische Regel ihrer Änderung formulieren läßt – für die sich also die eine Teilfrage,

die wir im Abschnitt 2 als mit dem Induktionsproblem gleichwertig erkannt haben, allgemein beantworten läßt (die andere Teilfrage nach den Apriori-Zuständen, von denen die Dynamik ihren Anfang nimmt, habe ich hier nicht erörtert). Diese Tatsache läßt aber, denke ich, die große erkenntnistheoretische Relevanz der Theorie der Rangfunktionen zumindest erahnen.

5.

Mit dieser kurzen Schilderung der Anfänge einer formalen Erkenntnistheorie will ich es hier bewenden lassen. Als Motivation für die Anstrengungen der letzten beiden Abschnitte hatte ich zu ihrem Beginn behauptet, daß darin die allgemeinsten und grundsätzlichen aktuellen Beiträge zum Induktionsproblem liegen. So schulde ich zuletzt noch eine Einlösung dieser durchaus vollmundigen Behauptung.

Erinnern wir uns dazu an die Formulierung, die wir dem Induktionsproblem gegeben haben: *Welche Regeln gelten für die Dynamik doxastischer Zustände, und wovon nimmt diese Dynamik ihren Anfang?* Die Unerschöpflichkeit dieses Problems liegt, so sagte ich, daran, daß man die Dynamik doxastischer Zustände auf so vielen verschiedenen Ebenen behandeln kann. Was hierbei als erstes festzuhalten ist, ist, daß man diese Dynamik sowohl unter normativer wie unter empirischer Perspektive betrachten kann; diese wichtige Unterscheidung verbarg sich hinter der Rede vom Gelten dynamischer Regeln.

Insbesondere die empirische Perspektive hat einen ungeheuren Aufschwung genommen. Da spannt sich ein weiter Themenbogen: von der neurophysiologischen Erforschung kognitiver Mechanismen über die kognitionspsychologische Untersuchung von Wahrnehmen, Lernen, Denken, Sprechen und Handeln, theoretische Modelle aus Psychologie, Linguistik und KI, die Entwicklungspsychologie und die Sozialpsychologie kognitiver Funktionen, Überlegungen zur evolutionären Selektion bestimmter kognitiver Mechanismen und so weiter bis hin zu wissenschaftssoziologischen und wissenschaftshistorischen Studien und allgemeinen Betrachtungen zur Ideen- und Geistesgeschichte. Diese vielfältigen Entwicklungen fügen sich bestens in das Bild einer naturalisierten Erkenntnistheorie. Freilich, was hat all das mit Philosophie zu tun?

Eine Funktion, die die Philosophie häufig hat, ist die des Vorreiters: dort, wo die Dinge schwer oder noch gar nicht empirisch aufzuschließen sind, da bereitet die philosophische Spekulation und Imagination einen oft luftigen, aber auch fruchtbaren Nährboden. Das gilt in hohem Maße auch für unser Thema – was vielleicht am schlagendsten von der großen Wirkung bezeugt wird, die Hume und seine Assoziationsgesetze

des Denkens auf die sich erst später formierende Psychologie bis weit in dieses Jahrhundert hinein gehabt haben. Teilweise fängt die Philosophie also einfach an, was die empirischen Wissenschaften dann mit ungleich besseren Mitteln und größerem Eifer fortführen.

Trotzdem kommt in dem so entstandenen Reichtum der Kern des Induktionsproblems nicht richtig in den Blick. Denn zum einen stößt man durch die große empirische Vielfalt kaum zu den allgemeinsten dynamischen Regeln und Gesetzen vor. Zum andern wird dabei die meines Erachtens entscheidende normative Dimension vernachlässigt. Beides hängt zusammen, und beides wird durch die vorangegangenen Abschnitte belegt.

Was die Allgemeinheit angeht, so habe ich vorgeführt, auf welche Weise man zu denkbar allgemeinen Regeln vorstoßen kann; und daß man auch auf so allgemeiner Ebene genau und detailliert arbeiten kann, sollte durch diese Ausführungen glaubhaft geworden sein; das rechtfertigt ja auch schon ein Stück weit diese abstrakte und allgemeine Betrachtungsweise. Ferner ist, denke ich, klar, daß man auf rein empirischem Wege niemals zu so allgemeinen Regeln hätte gelangen können. Der Empiriker wird demgegenüber einwenden, daß diese Allgemeinheit völlig der empirischen Grundlage entbehrt; sie wird ihm wie ein nichtiges Glasperlenspiel anmuten.

Darum gilt es schließlich, die normative Betrachtungsweise zu betonen. Der Ausdruck "normativ" ist dabei noch zu unspezifisch; er ist hier enger rationalitätstheoretisch zu verstehen. Denn es geht hier nicht um Normen der Moral, des Rechts oder was es da sonst an Quellen geben mag, sondern ausschließlich um Normen der theoretischen Vernunft, die sagen sollen, wie wir unsere Überzeugungen *rationalerweise* bilden und ändern sollen.

Diese rational-normative Betrachtungsweise hat in der philosophischen Behandlung des Induktionsproblems eine lange Tradition, welche ja gerade in dem zu Beginn geschilderten Resümee von Stegmüller zusammengefaßt worden ist. Seltsamerweise wurde in dieser älteren Literatur die normative Frage nach der Induktion eigentlich nie in der oben als äquivalent erwiesenen Form gestellt, nämlich als die Frage, wie doxastische Zustände rationalerweise zu ändern seien. In dieser Form wurde die Frage in der Tat erst in den vergangenen 20 Jahren gründlich untersucht, und zwar gerade in dem Bereich der Literatur, auf den ich mich durchweg bezogen habe. Davon habe ich oben einen Eindruck zu geben versucht. Daß es sich dabei um eine normative Diskussion handelt, ist in meiner Schilderung wenig zum Vorschein gekommen. Doch wenn wir ausführlicher in das Für und Wider der diversen Annahmen, Bedingungen, Defini-

tionen und Regeln eingestiegen wären, so hätte sich gezeigt, daß hier durchweg normativ oder rationalitätstheoretisch argumentiert wird:

Die in der Literatur vorfindlichen Argumente, wieso ein doxastischer Zustand die Regeln mathematischer Wahrscheinlichkeit befolgen sollte, sind in diesem Sinne normativer Art. Ob subjektive Wahrscheinlichkeiten auch regulär sein sollten, ist eine normative Frage. Damit wird auch die Diskussion zwischen der einfachen und der Jeffrey-Konditionalisierung zu einer normativen. Und so weiter. Die Prinzipien (1), (2) und (3), die das Für-wahr-Halten regeln, sind von der gleichen rational-normativer Art. Das gleiche gilt für die Annahmen (4), (5) und (6), die den Meinungsänderungsschemata zugrunde liegen. Die verschiedenen Lösungen des Problems der iterierten Meinungsänderung – die erläuterte mithilfe der Rangfunktionen und die nicht erläuterten auf der Grundlage von Meinungsänderungsschemata – sind rationalitätstheoretisch zu bewerten. Und wieder so weiter.

Den Reichtum und die Detailliertheit der normativen Diskussion, die sich hier entwickelt hat, kann ich mit solchen Bemerkungen bestenfalls andeuten. Immerhin machen sie aber begreiflich, wieso ich den Kern des philosophischen Induktionsproblem in den geschilderten formalen Theorien bewahrt sehe.

Wie verhalten sich dann die normative und die empirische Betrachtungsweise zueinander? Da ist zunächst festzustellen, daß auch der Naturalisierer der Erkenntnistheorie normative Überlegungen nicht leugnen muß. Charakteristisch ist eher die Einstellung, die der Naturalisierer Quine in einem bekannten Zitat (Hahn, Schilpp 1986, S.664f.) ausdrückt: "... normative Epistemologie ist ein Zweig des Ingenieurwesens. Sie ist die Technologie der Wahrheitssuche oder, erkenntnistheoretisch zurückhaltender ausgedrückt, der Vorhersage. ... es geht hier um Effizienz in Bezug auf ein oberstes Ziel, Wahrheit oder Vorhersage. Das Normative wird hier, wie auch sonst im Ingenieurwesen, deskriptiv, sobald der Zielparameter explizit gemacht wird."

Diese Äußerung ist jedoch unzulässig stark. Vielleicht mag es ja am Ende gelingen, alle epistemologischen Normen auf die Verpflichtung auf die Wahrheitssuche zu reduzieren. Doch ist diese lediglich behauptete und nirgends eingelöste Reduzierbarkeit keineswegs trivial. Vielmehr ist die normative Diskussion, wie ich sie hier angedeutet habe, so bunt und reichhaltig, daß ein vorgefaßter Reduktionismus hier plakativ und wunschhaft ist; die Diskussion um die Normen der theoretischen Vernunft lebt aus eigenem, nicht aus fremdem Recht.

Wie das Verhältnis solcher normativen Rationalitätsüberlegungen zur empirischen Erkenntnistheorie stattdessen zu beschreiben ist, ist freilich eine komplexe Frage, die die normativ-empirische Doppelnatur des Rationalitätsbegriffs im allgemeinen

betrifft und die jetzt nicht mehr zu erörtern ist (in Spohn 1993 habe ich sie sorgfältiger zu analysieren versucht). Doch bin ich davon überzeugt, daß die normative Diskussion für die empirische insofern regulativ ist, als wir uns bei all unseren schwerwiegenden Unvollkommenheiten dennoch auch empirisch als einigermaßen rational im Sinne der normativen Diskussion verstehen wollen; es ist schlecht vorstellbar, daß die empirische Erkenntnistheorie den Rationalitätsbegriff einfach umgehen kann.

Wenn diese Überzeugung stimmt, dann bleibt es bei der Eigenständigkeit und Unreduzierbarkeit der philosophischen Erkenntnistheorie. Und – so schließt sich der Kreis – wenn meine Einschätzung der jüngsten Entwicklung der philosophischen Diskussion zum Induktionsproblem fair war, dann waren es gerade die in formaler Allgemeinheit und insofern natürlich mit logischen Mitteln operierenden Beiträge, die diese Eigenständigkeit am nachdrücklichsten realisiert haben.

Literaturverzeichnis

- Bartelborth, T. (1996), *Begründungsstrategien. Ein Weg durch die analytische Erkenntnistheorie*, Berlin.
- Bieri, P. (Hg.) (1987), *Analytische Theorie der Erkenntnis*, Frankfurt a.M.
- BonJour, L. (1985), *The Structure of Empirical Knowledge*, Cambridge, Mass.
- Carnap, R. (1971), "Inductive Logic and Rational Decisions" und "A Basic System of Inductive Logic, Part I", in: R. Carnap, R.C. Jeffrey (Hg.), *Studies in Inductive Logic and Probability, vol. 1*, Berkeley u.a., S. 5-31 + 33-165.
- Earman, J. (1992), *Bayes or Bust? A Critical Examination of Bayesian Confirmation Theory*, Cambridge, Mass.
- van Fraassen, B.C. (1984), "Belief and the Will", *Journal of Philosophy* 81, 235-256.
- van Fraassen, B.C. (1995), "Belief and the Problem of Ulysses and the Sirens", *Philosophical Studies* 77, 7-37.
- Gabbay, D.M., C.J. Hogger, J.A. Robinson (Hg.) (1994), *Handbook of Logic in Artificial Intelligence and Logic Programming, vol. 3, Nonmonotonic Reasoning and Uncertainty Reasoning*, Oxford.
- Gabbay, D.M., C.J. Hogger, J.A. Robinson (Hg.) (1995), *Handbook of Logic in Artificial Intelligence and Logic Programming, vol. 4, Epistemic and Temporal Reasoning*, Oxford.
- Garber, D. (1980), "Field and Jeffrey Conditionalization", *Philosophy of Science* 47, 142-145.
- Gärdenfors, P. (1988), *Knowledge in Flux. Modeling the Dynamics of Epistemic States*, Cambridge, Mass.
- Gärdenfors, P., H. Rott (1995), "Belief Revision", in Gabbay et al. (1995), S. 36-132.
- Goldszmidt, M., J. Pearl (1996), "Qualitative Probabilities for Default Reasoning, Belief Revision, and Causal Modeling", *Artificial Intelligence* 84, 57-112.
- Goodman, N. (1955), *Fact, Fiction, and Forecast*, Cambridge, Mass., 3. Aufl. 1973.
- Hahn, L.E., P.A. Schilpp (Hg.) (1986), *The Philosophy of W. V. Quine*, La Salle, Ill.

- Harper, W.L. (1976), "Rational Belief Change, Popper Functions, and Counterfactuals", in: W.L. Harper, C.A. Hooker (Hg.), *Foundations of Probability Theory, Statistical Inference, and Statistical Theories of Science, vol. I*, Dordrecht, S. 73-15.
- Hintikka, J. (1962), *Knowledge and Belief*, Ithaca, N.Y.
- Hunter, D. (1991), "Maximum Entropy Updating and Conditionalization", in: Spohn et al. (1991), S. 45-57.
- Jaynes, E. (1978), "Where Do We Stand on Maximum Entropy?", in: R.D. Levine, M. Tribus (Hg.), *The Maximum Entropy Formalism*, Cambridge, Mass.
- Jeffrey, R.C. (1965), *The Logic of Decision*, Chicago, 2. Aufl. 1983.
- Kornblith, H. (Hg.) (1994), *Naturalizing Epistemology*, 2. Aufl., Cambridge, Mass.
- Kripke, S. (1982), *Wittgenstein on Rules and Private Language*, London.
- Kuhn, T.S. (1962), *The Structure of Scientific Revolutions*, Chicago.
- Lipton, P. (1991), *Inference to the Best Explanation*, London.
- Pearl, J. (1988), *Probabilistic Reasoning in Intelligent Systems: Networks of Plausible Inference*, San Mateo, Calif.
- Popper, K.R. (1934), *Logik der Forschung*, 3. erw. Aufl.: Tübingen 1969.
- Putnam, H. (1993), *Von einem realistischen Standpunkt. Schriften zu Sprache und Wirklichkeit*, Hamburg.
- Rott, H. (1998), *Making Up One's Mind: Foundations, Coherence, Nonmonotonicity*, Oxford.
- Shenoy, P.P. (1991), "On Spohn's Rule for Revision of Beliefs", *International Journal of Approximate Reasoning* 5, 149-181.
- Skyrms, B. (1990), *The Dynamics of Rational Deliberation*, Cambridge, Mass.
- Sneed, J.D. (1971), *The Logical Structure of Mathematical Physics*, Dordrecht.
- Spohn, W. (1988), "Ordinal Conditional Functions. A Dynamic Theory of Epistemic States", in: W.L. Harper, B. Skyrms (Hg.), *Causation in Decision, Belief Change, and Statistics, vol. II*, Dordrecht, S. 105-134.
- Spohn, W. (1993), "Wie kann die Theorie der Rationalität normativ und empirisch zugleich sein?", in: L. Eckensberger, U. Gähde (Hg.), *Ethik und Empirie. Zum Zusammenspiel von begrifflicher Analyse und erfahrungswissenschaftlicher Forschung in der Ethik*, Frankfurt a.M., S. 151-196.
- Spohn, W. (1997), "Über die Gegenstände des Glaubens", in: G. Meggle (Hg.), *Analyomen 2. Proceedings of the 2nd Conference "Perspectives in Analytical Philosophy". Vol. I: Logic, Epistemology, Philosophy of Science*, Berlin, S.291-321.
- Spohn, W. (1997/98), "How to Understand the Foundations of Empirical Belief in a Coherentist Way", *Proceedings of the Aristotelian Society, New Series* 98, 23-40.
- Spohn W., B.C. van Fraassen, B. Skyrms (Hg.) (1991), *Existence and Explanation*, Dordrecht.
- Stegmüller, W. (1971), "Das Problem der Induktion: Humes Herausforderung und moderne Antworten", in H. Lenk (Hg.), *Neue Aspekte der Wissenschaftstheorie*, Braunschweig, S. 13-74; nachgedruckt als Buch: Darmstadt 1975.
- Stegmüller, W. (1973a), *Probleme und Resultate der Wissenschaftstheorie und Analytischen Philosophie, Band II, Theorie und Erfahrung, 2. Halbband, Theorienstrukturen und Theoriendynamik*, Berlin u.a.
- Stegmüller, W. (1973b), *Probleme und Resultate der Wissenschaftstheorie und Analytischen Philosophie, Band IV, Personelle und Statistische Wahrscheinlichkeit*, Berlin u.a.
- Vollmer, G. (1975), *Evolutionäre Erkenntnistheorie*, Stuttgart.