Universität Dortmund, Sommersemester 2007
Institut für Philosophie
C. Beisbart

Grundprobleme der Wissenschaftsphilosophie (Überblick 20. Jahrhundert)

Induktive Logik und Bestätigungstheorien (Zusammenfassung vom 15.5.2007, neue, leicht verbesserte Version 30.5.2007)

1 Bestätigungstheorie

1. Ausgangspunkt: Rationalitätsproblem: Inwiefern sind die Wissenschaften rational? Neue Antwort: Indem sie nur an Theorien festhalten, die empirisch bestätigt/gestützt werden (engl. für Bestätigung „confirmation“). Bestätigung soll hier weniger als Verifikation sein, denn es ist kaum umstritten, daß sich viele Allsätze nicht verifizieren lassen. Davon abgesehen setzen wir im folgenden zunächst ein vortheoretisches Verständnis von Bestätigung voraus.

2. Anschlußfrage: Was ist Bestätigung genau und wann liegt sie vor? Die Bestätigungstheorie versucht vor allem allgemein zu erfassen, wann Bestätigung vorliegt.

3. Ausgangspunkt dazu: Die Bestätigungsrelation: X bestätigt Y.

4. Erste Klärung: Was sind die Relata der Bestätigungsrelation? Bestätigt werden sollen Theorien oder Hypothesen. Wir können Y daher als Satz oder Aussage (vielleicht auch: Satz- oder Aussagenmenge) auffassen und schreiben statt Y auch H.[1] Über das, was X der Art ist, gibt es unterschiedliche Auffassungen: a. X ist ein Objekt, eine Tatsache o.ä. (Beispiel: Ein schwarzer Rabe bestätigt die Hypothese, daß alle Raben schwarz sind). b. X ist eine Aussage/ein Satz, die/der eine Beobachtung wiedergibt (Beispiel: Der Satz „Dieser Rabe ist schwarz“ bestätigt die Hypothese „Alle Raben sind schwarz“). Grundlegend zu dem Unterschied: Hempel (1945a), Teil 6. Für viele Fragen macht es jedoch keinen Unterschied, ob man sich der Auffassung a oder b anschließt. Wir werden deshalb im folgenden zwischen den Auffassungen a und b hin- und herwechseln. Für X setzen wir im folgenden B.

5. Die wichtigste Aufgabe der Bestätigungstheorie neu formuliert: Wann ist die Bestätigungsrelation instantiiert? Kann man durch allgemeine Prinzipien darstellen, wann ein B ein H bestätigt? Und kann den Grad, in dem ein ein H bestätigt, quantitativ messen? (grundlegend zu den Aufgaben der Bestätigungstheorie Hempel 1945a, 5).

---

[1] Eine Aussage ist das, was mit einem Aussagesatz behauptet wird. In diesem Sinne gibt es eine enge Verbindung zwischen Aussagesätzen und Aussagen. Allerdings entsprechen einer Aussage viele Aussagesätze. Der Aussage, daß alle Raben schwarz sind, entsprechen zum Beispiel die Sätze: „Alle Raben sind schwarz“, „Jeder Rabe ist schwarz“ und „All Ravens are black“ – man kann denselben Sachverhalt unterschiedlich ausdrücken. Weil es in unserem Zusammenhang nicht auf Formulierungen ankommt, ist es besser, die Bestätigungsrelation auf Aussagen zu beziehen. In der Literatur, etwa bei Hempel (1945a), wird in diesem Zusammenhang aber oft explizit von Sätzen gesprochen.

6. Erste Idee: Wenn wir B und H als Sätze oder Aussagen auffassen, dann entscheiden die logischen Verhältnisse zwischen B und H, ob B H bestätigt. (Beispiele folgen unten). Daher Programm einer Bestätigungslogik (Hempel 1945a). Dieses Programm paßt zum logischen Empirismus: Wissenschaft ist Empirie plus Logik.

7. Es gibt einen Bezug zwischen dem Induktionsproblem und der Bestätigung. Gehen wir dazu vom folgendem intuitiv vernünftigen Induktionsschluß (Typ: Generalisierung/enumerative Induktion) aus:

   P1 Rabe Egon ist schwarz.

   P2 Rabe Arthur ist schwarz.

   C Alle Raben sind schwarz.

   Vortheoretisch würden wir jetzt auch sagen: P1 und P2 bestätigen jeweils C. Wir können daher allgemeiner festhalten:

   Verbindung Induktion–Bestätigung Die Prämissen eines vernünftigen Induktionsschlusses (Typ: Enumeration) bestätigen die Konklusion.

   Nun fragt sich, ob die Verbindung auch in der umgekehrten Richtung gilt: Wenn B H bestätigt, folgt dann auch, daß B die Prämisse eines geeigeneten Induktionsschlusses ist, der von B nach H führt? Mit anderen Worten: Gibt es auch eine Bestätigung, die nichts mit enumerativer Induktion zu tun hat? Die Antwort auf diese Frage lautet vermutlich nein. Denn B bestätigt H auch, wenn H eine gute (die beste) Erklärung für B liefert. Beispiel (nach Ladyman 2002): Die Hypothese „Gabi ist nicht zu Hause“ wird gestützt/bestätigt durch die Aussage, daß niemand die Tür öffnet, als Peter bei Gabi klingelt. Daß Gabi nicht zuhause ist, bildet einfach die beste Erklärung dafür, daß niemand öffnet (vgl. dagegen die Erklärung durch die Hypothese H': Gabi wurde von Außerirdischen entführt).

   Wenn B H insofern bestätigt, als H die beste Erklärung für B liefert, dann ist es vernünftig, von B auf H zu schließen:

   B Als Peter bei Gabi klingelt, öffnet niemand.

   H Gabi ist nicht zuhause.

   Vielleicht kann man als zusätzliche Hypothese noch hinzufügen: Die beste Erklärung dafür, daß B, ist H. In jedem Fall ist auch dieser Schluß nicht formal gültig. Es handelt sich dabei aber wenigstens oberflächlich betrachtet um keine enumerative Induktion.

   Insgesamt gilt also: Im Rahmen einer Bestätigungstheorie behandeln wir die Induktion mit. Allerdings behandeln wir nicht nur die Induktion.

8. Frage: Wie steht es dann aber mit dem Induktionsproblem? Versucht die Bestätigungstheorie, das Induktionsproblem zu lösen? Setzt sie eine Lösung des Induktionsproblems voraus? Antwort: komplex. Die Bestätigungstheorie versucht allgemein zu erfassen, wann B und H bestätigt. Wenn die obige Verbindung zwischen Bestätigung und Induktion gilt, genauer: wenn eine Bestätigungstheorie sagt, daß

P1 C bestätigt, dann wird damit implizit der obige Induktionsschluß als berechtigt sanktioniert. Insofern ist die Bestätigungstheorie kaum mit der Überzeugung zu vereinbaren, die Induktion sei nicht rational.

Allerdings *begründet* die Bestätigungstheorie nicht, inwiefern der obige Induktionsschluß berechtigt ist. Denn in der Bestätigungstheorie geht es nur die Formulierung von Prinzipien, wann B H bestätigt, und nicht primär darum, diese Prinzipien zu rechtfertigen. Nur eine Begründung einer Bestätigungstheorie, die implizit Induktionsschlüsse sanktioniert, würde daher das Induktionsproblem wirklich lösen (vgl. dazu Lipton 1991).

Immerhin könnte eine Bestätigungstheorie ein erster Schritt auf dem Weg zu einer Rechtfertigung der Induktion sein.

2 Die einfachste Bestätigungstheorie: Hypothetico-Deduktivismus

1. These: Aussage B bestätigt H genau dann, wenn H B enthält (H→B). Beispiel: H: Alle Raben sind schwarz. B: Rabe Egon ist schwarz (beruht nur auf aussagenlogischer Relation).

2. Problem: Gegenbeispiel: H: Alle Raben sind schwarz. B: Der Rabe Egon ist schwarz oder rosa. Wir haben H→B, aber intuitiv bestätigt B H nicht.

3. Weiteres Problem (etwa Goodman 1955, 55). Plausible Annahme: Wenn B H bestätigt, dann bestätigt B auch alles, was aus H folgt. Aus dieser Annahme und dem Hypothetico-Deduktivismus ergibt sich: Jede Beobachtung bestätigt jede Hypothese (Beweis: Seien B und H beliebig; wir betrachten B∧H. Offenbar folgt aus B∧H B. Daher bestätigt B (B∧H). Da aus B∧H auch H folgt, bestätigt B auch H, q.e.d.).

3 Eine weitere Bestätigungstheorie: Das Nicod-Kriterium

1. Das Nicod-Kriterium

   Nicod Ein Objekt a bestätigt eine Hypothese der Form „Alle Objekte der Art G sind F“ (logische Form $\forall x(G(x) \rightarrow F(x))$) genau dann, wenn a ein Objekt der Art G ist, das auch F ist ($F(a)$ und $G(a)$). Beispiel: Ein schwarzer Rabe bestätigt die Hypothese, daß alle Raben schwarz sind.

   a schwächt (englisch „disconfirm“) eine Hypothese der angegebenen Form, wenn a ein Objekt der Art G ist, aber nicht F ist ($F(a)$ und $\neg G(a)$). Beispiel: Ein rosa Rabe schwächt die Hypothese, daß alle Raben schwarz sind (dieser Begriff von Schwächung entspricht Poppers Begriff von Falsifikation).

   Wenn a die Hypothese weder bestätigt noch schwächt, dann nennt man a neutral in Bezug auf die Hypothese (Formulierung nach Hempel 1945a, 10).

   Das Nicod-Kriterium beruht auf einer prädikatenlogischen Rekonstruktion der Hypothese.

2. Probleme mit dem Nicod-Kriterium: 1. Es läßt sich nur für bestimmte Hypothesen anwenden (ib., 10 f.). 2. Die Paradoxien der Bestätigungstheorie (betrifft nicht nur Nicod-Kriterium): Dazu müssen wir nur davon ausgehen, daß ein schwarzer Rabe

die Hypothese H: „Alle Raben sind schwarz“ bestätigt. Nun ist H logisch äquivalent zu H’ „Alle nicht-schwarzen Dinge sind nicht Raben“ ($\forall x(\neg F(x) \rightarrow \neg G(x))$). Wenn es bei der Bestätigung nicht darauf ankommt, wie man eine Hypothese formuliert, dann bestätigt daher ein blauer Schuh H’ und daher auch H! Das ist aber kontranintuitiv. Goodman (1955), 72: „indoor ornithology“. Für das Nicod-Kriterium ist das besonders schlimm, da man H auch umformulieren kann zu $\forall x(F(x) \wedge \neg G(x)) \rightarrow (G(x) \wedge \neg G(x))$

3. Hempels Lösung des Paradoxes (Antwort des hartgesottenen Theoretikers): Ein roter Schuh bestätigt tatsächlich H. Unsere Intuitionen sind verfehlt. Der Satz „Alle Raben sind schwarz“ handelt *nicht* bloß von Raben.

4. Eine andere Lösung des Problems (die wir im Seminar diskutiert haben): Wissenschaftliche Hypothesen lassen sich nicht einfach in der Form $\forall x(G(x) \rightarrow F(x))$ rekonstruieren. Vielmehr haben wissenschaftliche Hypothesen einen Anwendungsbereich. Die Hypothese, daß alle Raben schwarz sind, hat zum Beispiel den Anwendungsbereich der Raben. Für die Bestätigung einer Hypothese sind nur Objekte innerhalb des Anwendungsbereiches relevant. Daher sind nur Raben für die Bestätigung der Hypothese relevant, daß alle Raben schwarz sind. H’ hat dagegen als Anwendungsbereich weiße Gegenstände.

   Einwand (Godfrey-Smith 2003, 3.3): Diese Lösung läuft im wesentlichen darauf hinaus, daß H und H’ nicht mehr streng gleichbedeutend sind. In anderen Zusammenhängen als der Bestätigung sehen Wissenschaftler de facto H ($\forall x(G(x) \rightarrow F(x))$) und H’ ($\forall x(\neg F(x) \rightarrow \neg G(x))$) als äquivalent an. Beispiel: Aus der Tatsache, daß ein Vogel weiß ist, wird geschlossen, daß es sich um keinen Raben handelt. Daher wäre es unfair, nur im Rahmen der Bestätigungstheorie einen Unterschied zwischen H und H’ zu machen.

   Gegeneinwand: Auch wenn H und H’ nicht gleichbedeutend sind, weil sie verschiedene Anwendungsbereiche haben, so kann man H doch weitergehend benutzen, als das der Einwand annimmt. In dem eben genannten Beispiel muß man zum Beispiel nur annehmen, daß H’ aus H folgt, nicht aber daß H und H’ gleichbedeutend sind.

5. Eine noch andere Lösung des Problems: *In bestimmten Umständen* bestätigt ein roter Schuh in der Tat die genannte Hypothese. Nehmen wir an, jemand sagt uns, er hat ein rotes Objekt. Dabei könnte es sich um ein Raben handeln. Dann wäre unsere Hypothese falsifiziert. Nun bringen wir mehr über das rote Objekt in Erfahrung. Es stellt sich heraus, daß das rote Objekt ein Schuh ist. Man kann nun sagen, daß hier die Hypothese H getestet wurde und sich bestätigt hat. Das Beispiel lehrt uns: Es kommt bei einer Bestätigung nicht nur auf einen Satz an. Ob B H bestätigt, hängt auch davon ab, was unser Vorwissen ist, wie B gewonnen wurde (handelte es sich um einen Test?) etc. Idee dann: Die Bestätigungsrelation ist nicht zwei- sondern mindestens dreistellig. Nicht: B bestätigt H, sondern B bestätigt H in Umständen U (nach Godfrey-Smith 2003, 47–50).

4 Hempels Bestätigungstheorie

1. Hempels Auffassung von Bestätigung in Grundzügen (Hempel 1945b, Teil 9). Hempel, ib., 107 selbst spricht vom „Satisfaction Criterion“.

(a) Ein Beobachtungssatz B bestätigt eine Hypothese H direkt, wenn B die Einschränkung von H auf die Objekte, von denen B spricht (den Anwendungsbereich von B), enthält. Beispiel: H: In jedem Garten wohnt ein Vogel. B: In Meiers und Müllers Garten wohnt je ein Vogel. B bestätigt H.

(b) Ein Beobachtungssatz B bestätigt eine Hypothese H (sei es direkt, sei es indirekt), wenn er direkt eine Hypothese H' bestätigt, aus der H folgt.[2]

(c) Ein Beobachtungssatz B schwächt eine Hypothese H, wenn er die Verneinung von H bestätigt.

2. Hempels Definition vermeidet das Problem mit dem Raben Egon: B „Der Rabe Egon ist schwarz oder rosa“ bestätigt nun nicht mehr die Hypothese H, daß alle Raben schwarz sind. Keine direkte Bestätigung: B spricht von Egon. Die Einschränkung von H auf den Anwendungsbereich von B lautet: Egon ist schwarz. Daß Egon schwarz oder rosa ist, enthält nicht, daß Egon schwarz ist. Keine indirekte Bestätigung: Jede Hypothese H', aus der H folgt, impliziert in Bezug auf Egon, daß Egon schwarz ist.

3. Problem immer noch: Die Paradoxien der Bestätigung.

5 Probabilistische Bestätigungstheorien

1. Ansatz: Eine Hypothese wird durch B bestätigt, wenn B H wahrscheinlicher macht (bzw. wenn H B wahrscheinlicher macht).

2. Beispiel: In ein Zimmer kommen der Reihe nach einzeln Menschen. Die Wahrscheinlichkeit, daß der nächste Mensch ein Mann und blond ist, sei 15%. Die Wahrscheinlichkeit, daß der nächste Mensch ein nicht-blonder Mann ist, betrage 45%. Außerdem sei die Wahrscheinlichkeit, daß die nächste Person eine blonde Frau ist, 30%.

   Wir fragen uns nun: Ist der nächste Mensch, der das Zimmer betritt, blond? Man kann ausrechnen, daß die Wahrscheinlichkeit dafür 45% beträgt. Im Zweifel ist es daher er vernünftiger anzunehmen, daß der nächste nicht blond ist.

   Nehmen wir nun aber an, wir bekämen die zusätzliche Information, daß die nächste Person, die das Zimmer betritt, ein Frau ist (zusätzliche Information). Was würden wir nun vernünftigerweise tippen? In diesem Fall macht es keinen Sinn, nur die Wahrscheinlichkeit dafür zu betrachten, daß die nächste Person blond ist. Wir können uns nur die Frauen betrachten und uns fragen: Wie viele von ihnen sind blond? In der Wahrscheinlichkeitstheorie entspricht dem die bedingte Wahrscheinlichkeit, daß die nächste Person blond ist, gegeben, es handelt sich um eine Frau. Diese Wahrscheinlichkeit beträgt in unserem Beispiel 75%, d.h. es ist sehr wahrscheinlich, daß die nächste Person blond ist, wenn sie eine Frau ist. Im Zweifelsfall würden wir tippen, daß die nächste Person blond ist.

   Das Beispiel zeigt nun, wie der Zugang zu zusätzlicher Information ein Ereignis wahrscheinlicher machen kann. Idee: Wenn Evidenz eine Theorie bestätigt, dann macht sie diese im selben Sinne wahrscheinlicher.

[2] Bei Hempel, ib. heißt es: wenn er direkt eine Gruppe von Hypothesen bestätigt, aus denen H' folgt. Man kann eine Gruppe von Hypothesen aber immer durch Bildung der Konjuktion als eine einzige Hypothese („und“-Zusammensetzung) auffassen.

3. Ausführung der Grundidee: B bestätigt H genau dann, wenn

$$p(H|B) > P(H)\ . \tag{1}$$

In unserem Beispiel: Hypothese H: Die nächste Person ist blond. Evidenz B: Die nächste Person ist eine Frau. $p(H|B) = 75\% > 45\% = p(H)$.

4. Man kann nun das Ausmaß, in dem H durch B bestätigt wird, quantifizieren, indem man etwa $p(H|B) - P(H)$ berechnet. Je größer dieser Wert, desto größer ist die Bestätigung. Auf dieser Basis werden etwa Bayessche Bestätigunstheorien entwickelt. Für einen Überblick dazu siehe etwa Eells & Fitelson (2000).

5. Problem: Wie kann man die Wahrscheinlichkeit $p(H|B)$ errechnen? Antwort: der Satz von Bayes:

$$p(H|B) = \frac{p(H \wedge B)}{p(B)} \tag{2}$$
$$= \frac{p(B|H)p(H)}{p(B)} \tag{3}$$
$$= \frac{p(B|H)p(H)}{p(B|H)p(H) + p(B|\neg H)p(\neg H)} \tag{4}$$

D.h. man kann die Wahrscheinlichkeit $p(H|B)$ (die sogenannte a posteriori Wahrscheinlichkeit) durch die Wahrscheinlichkeiten $p(H)$ und $p(\neg H) = 1 - p(H)$ („priors") und die Wahrscheinlichkeiten $p(B|H)$ und $p(B|\neg H)$ („likelihoods") berechnen. Woher kommen nun aber diese Wahrscheinlichkeiten? Idee: Die likelihoods spezifizieren nur Wissen über hypothetische Zusammenhänge (was ist wahrscheinlich, wenn H wahr ist?) – sie sollten sich im wesentlichen aus H selber ergeben. Die priors werden durch die sog. Bayesianer subjektivistisch interpretiert. Idee: $p(H)$ quantifiziert meinen Glaubensgrad, also den Grad, in dem ich H für wahr halte. $p(H) = 1$ bedeutet: Ich bin mir sicher, daß H stimmt. $p(H) = 0$ bedeutet: Ich halte H für sicher falsch. Neues Problem: Unterschiedliche Personen sind sich einer Hypothese unterschiedlich sicher. Lösung der Bayesianer: Es ist rational, seine Glaubensgrade mit der Zeit zu erneuern, und zwar nach folgender Regel (Bayesches Updating): Wenn $p(H)$ meinen Glaubensgrad in Hypothese H quantifiziert und wenn ich die Beobachtungen B mache, dann sollte ich $p(H)$ durch $p(H|B)$ ersetzen (wenn also zum Beispiel B H sehr wahrscheinlich macht, dann ist $p(H|B)$ groß und ich sollte meinen Glaubensgrad für H entsprechend erhöhen). Konvergenzresultate: Unter bestimmten Bedingungen gilt: Wenn wir von unterschiedlichen Glaubensgraden für H ausgehen ($p_1(H)$ und $p_2(H)$) und unsere Glaubensgrade mithilfe des Bayesschen Updating mit derselben Evidenz erneuern, dann konvergieren die Glaubensgrade, die sich für H ergeben, gegen denselben Wert. Anschaulich: Wenn wir über genug gleiche Evidenz verfügen, dann sind die Werte von $p(H)$ egal.

6. Das Bayessche Programm liefert allgemein eine Interpretation für Wahrscheinlichkeiten. Es wird zur Zeit intensiv diskutiert.

Literaturverzeichnis

Eells, E. & Fitelson, B., *Measuring Confirmation*, The Journal of Philosophy **96** (2000), 437–461.

Godfrey-Smith, P., *Theory and Reality. An Introduction to the Philosophy of Science*, University of Chicago Press, Chicago, 2003.
Goodman, N., *Fact, Fiction, Forecast*, Harvard University Press, Cambridge (MA), 1955.
Hempel, C. G., *Studies in the Logic of Confirmation (I.)*, Mind **54** (1945), 1–26, wiederabgedruckt in Sklar, L., Philosophy of Science. Probability and Confirmation, Garland, New York 2000, 245–270.
Hempel, C. G., *Studies in the Logic of Confirmation (II.)*, Mind **54** (1945), 97–121, wiederabgedruckt in Sklar, L., Philosophy of Science. Probability and Confirmation, Garland, New York 2000, 271–295.
Ladyman, J., *Understanding Philosophy of Science*, Routledge, London and New York, 2002.
Lipton, P., *Inference to the Best Explanation*, Routledge, London, 1991, zweite, erweiterte Auflage 2004.