

Dr. Jörg Noller

Theorien der Kausalität

MA-Seminar
Mittwochs, 12-14 Uhr c.t.
Raum E206





Bertrand Russell (1872-1970)
On the Notion of Cause (1912)



Hans Reichenbach (1891-1953)
Kausalität und Wahrscheinlichkeit (1930)



Leitfragen

- Wie verhalten sich nach Reichenbach Kausalität und Wahrscheinlichkeit zueinander?
- Inwiefern möchte Reichenbach den Wahrscheinlichkeitsbegriff verteidigen?
- Wie verhalten sich Logik und Wahrscheinlichkeitstheorie zueinander?
- Wie verhalten sich Wahrscheinlichkeit und Induktion zueinander?



„Die gegenwärtige erkenntnistheoretische Situation der Physik, welche in der Quantenmechanik zu Zweifeln an der unumschränkten Gültigkeit des Kausalprinzips geführt hat, ist der Anlaß geworden, daß man sich auch in weiteren Kreisen für das Kausalproblem stärker als je interessiert, daß man von einer Krise der Kausalität gesprochen hat. Wenn man in der Tat heute einen solchen besonderen Anlaß hat, wenn man es zugleich als eine erfreuliche Auswirkung der gegenwärtigen Physik bezeichnen darf, daß ihre Grundlagenprobleme über den Kreis der Fachgenossen hinaus öffentliches Interesse erregen und neue Impulse in eine Wissenschaft allgemeineren Charakters, in die Erkenntnistheorie, hinaustragen, so darf man doch nicht vergessen, daß die erkenntnistheoretische Problemlage der Quantenmechanik keineswegs eine isolierte Situation darstellt, daß sie vielmehr durchaus eingebettet ist in eine historische Entwicklung, die schon mehr als 100 Jahre zurückreicht und deren konsequente Weiterführung und vielleicht Vollendung wir gegenwärtig erleben. Denn der Einzug des Wahrscheinlichkeitsbegriffs in die Physik liegt schon um solche Zeiträume zurück.“ (158)



„Wenn dieser Begriff auch anfangs nur in sozusagen unscheinbarer Gestalt in der Physik auftrat, so hat er doch mehr und mehr an Bedeutung gewonnen und damit schließlich eine Stellung erreicht, die dem Kausalbegriff an Bedeutung nicht mehr nachsteht. Es scheint uns vielmehr, daß es allein die Verkennung dieses historischen Zusammenhanges ist, welche die gegenwärtige Situation als eine Krise empfinden läßt, während sie in Wahrheit nur die konsequente Entwicklung einer begrifflichen Notwendigkeit darstellt, deren Tragweite man unglücklicherweise noch nicht durchschaut hat.“ (158)



„Es ist das Unheil des Wahrscheinlichkeitsbegriffs, daß ihm seit seiner wissenschaftlichen Geburt ein Makel anhaftet, der Makel des Unvollkommenen und Spielerischen zugleich. Des Unvollkommenen: denn man hat die Wahrscheinlichkeitsgesetze immer nur als etwas Behelfsmäßiges ansehen wollen, das neben dem großen Bruder, der Kausalität, nur eine Ausflucht menschlicher Unwissenheit darstellt und sich mit ihm an Sicherheit und erkenntnistheoretischer Tiefe nicht messen kann. Und des Spielerischen: die Schuld daran trug vor allem das erste mathematische Aufblühen des Wahrscheinlichkeitsbegriffs, das an die Theorie der Glücksspiele gebunden war und den Wahrscheinlichkeitsbegriff als eine geistvolle mathematische Aushilfe für Probleme erscheinen ließ, die der Physik inhaltlich zu uninteressant waren, um eine tiefere physikalische Durchdenkung zu verdienen.“ (159)



„Heute besitzt ja die Anwendung des Wahrscheinlichkeitsbegriffs in der Theorie der Glücksspiele nur noch die Bedeutung einer durchsichtigen Veranschaulichung des mathematischen Algorithmus der Wahrscheinlichkeitsrechnung, ohne daß doch der Begriff sich von dem ihm seit damals anhaftenden Odium des Spielerischen schon ganz befreit hätte. Und doch muß die nachfolgende Entwicklung angesehen werden als ein Eindringen des Wahrscheinlichkeitsbegriffs in immer wichtigere und tiefere Sphären der Physik, der Naturerkenntnis überhaupt. Schon der Ausbau der Fehlertheorie zeigte, daß die anlässlich der Glücksspiele getriebenen mathematischen Studien eine fruchtbare Anwendung auf ernste naturwissenschaftliche Probleme ermöglichten; hier erschien der Wahrscheinlichkeitsbegriff zum erstenmal in der Physik selbst, wenn auch zunächst nur als eine Korrektur der Meßgenauigkeit von an sich kausalen Gesetzen.“ (159)



„Nachdem die Parallelität von Wahrscheinlichkeitsgesetzen und Kausalgesetzen einmal erkannt war, tauchte schon bald innerhalb der Physik die Frage auf nach der erkenntnistheoretischen Rangordnung dieser beiden Gesetzbeurteilungen. Die einen hielten den Kausalbegriff für den primären; sie glaubten — in welcher Auffassung die idealistische Philosophie seit Kant sicherlich eine Rolle spielt —, daß letzten Endes Kausalgesetze das Weltgeschehen regieren und Wahrscheinlichkeitsgesetze nur dann angewendet werden dürfen, wenn die genaue Erfassung der Naturvorgänge im einzelnen aus technischen Gründen nicht möglich ist. Nach dieser Auffassung ist das Geschehen im kleinen durch strenge Kausalgesetze bestimmt; nur für das Geschehen im großen wendet der Mensch Wahrscheinlichkeitsgesetze an, weil die strenge Behandlung eines Systems, das sich, wie jeder makroskopische Körper, aus einer ungeheuer großen Zahl von Elementarprozessen zusammensetzt, seiner menschlichen Rechenkunst verschlossen ist.“ (160)



„Daneben tauchte aber schon immer eine zweite Auffassung auf, für die man einen ersten Autor heute wohl nicht mehr auffinden kann, die aber seit den Boltzmannschen Arbeiten gewissermaßen in der Luft lag: die Auffassung, daß umgekehrt das Geschehen im kleinen nur wahrscheinlichkeitsmäßigen Charakter hat, während durch das Zusammenwirken so vieler Elementarprozesse im Makroskopischen Gesetze von großer Regelmäßigkeit und daher scheinbar kausaler Form entstehen. Nach dieser Auffassung wäre also die Kausalität ein aus der makroskopischen Physik abstrahierter Gedanke, dessen Postulierung für molekulare Bereiche unberechtigt und auch für die Naturerkenntnis nicht notwendig erscheint. An diese Auffassung schließt sich heute die Quantenmechanik an; in welcher Form, das werden wir noch zu formulieren haben.“ (160)



„Es läßt sich zeigen, daß die Gleichwahrscheinlichkeit bei den Glücksspielen auf die Annahme einer stetigen Wahrscheinlichkeitsfunktion zurückgeführt werden kann. Nehmen wir etwa das Roulettespiel: wenn wir annehmen, daß der Umdrehungswinkel des Zeigers, in Vielfachen von 2π gezählt, in der Häufigkeit seines Vorkommens bei wiederholtem Losschnellen durch eine stetige Wahrscheinlichkeitsfunktion geregelt ist, so bedeutet die Gliederung in rote und schwarze Sektoren eine Unterteilung des Arguments der Wahrscheinlichkeitsfunktion in schmale gleiche Intervalle. Es läßt sich mathematisch zeigen, daß die Flächensumme aus dem 1., 3., 5. Ordinatensstreifen mit Näherung gleich der Flächensumme aus dem 2., 4., 6. usw. Ordinatensstreifen ist, und daß diese Näherung bei gegebener Wahrscheinlichkeitsfunktion um so besser ist, je schmaler / die Sektoren gewählt werden. Der metrische Ansatz der Gleichwahrscheinlichkeit für Rot und Schwarz im Roulette läßt sich also zurückführen auf die topologische Voraussetzung der Existenz einer stetigen Wahrscheinlichkeitsfunktion. Das Entsprechende gilt für alle anderen Glücksspiele.“ (175)



„Damit wird das mysteriöse Auftreten der Gleichwahrscheinlichkeit in den Glücksspielen als Folge einer Voraussetzung aufgedeckt, die der erkenntnistheoretischen Kritik in ganz anderem Maße zugänglich ist. Die Existenz stetiger Wahrscheinlichkeitsfunktionen ist eine Voraussetzung, die wir in ganz anderen Gebieten der Physik, vor allem in der Fehlertheorie, wiederfinden; daß sie bei den Glücksspielen gerade zur Gleichwahrscheinlichkeit diskreter Fälle führt, liegt in dem besonderen Mechanismus der Apparate begründet, die so eingerichtet sind, daß sie eine stückweis abwechselnde Aufteilung der Funktion bewirken. Die Gleichwahrscheinlichkeit enthält deshalb gar kein besonderes erkenntnistheoretisches Problem; dies liegt vielmehr allein in der Existenz derartiger Wahrscheinlichkeitsfunktionen.“ (175)



„Für die erkenntnistheoretische Weiterführung des Wahrscheinlichkeitsproblems bedeutet nun die Zurückführung auf Wahrscheinlichkeitsfunktionen einen wesentlichen Fortschritt. Hatte man vorher geglaubt, in den Wahrscheinlichkeitsgesetzen eine besondere Art Gesetzlichkeit vorzufinden, die von der kausalen Gesetzlichkeit der Natur vollständig zu trennen ist, so läßt sich durch Heranziehen des Prinzips der Wahrscheinlichkeitsfunktion zeigen, daß diese Trennung nur äußerlicher Art ist, daß vielmehr Wahrscheinlichkeitsgesetze und Kausalgesetze nur verschiedene logische Aufspaltungen der einen Naturgesetzlichkeit bedeuten. Wir können dies jetzt kurz begründen, indem wir für eine ausführliche Darstellung auf frühere Arbeiten des Verfassers verweisen müssen.“ (176)



„Wenn wir die roten und schwarzen Sektoren des Roulettespiels als gleichwahrscheinlich bezeichnen, so machen wir damit keine andere Voraussetzung über die Natur, als sie der Geometer oder Physiker macht, wenn er eine physikalische Größe mißt; wir nehmen an, daß die physikalische Größe „Umdrehungswinkel des Roulettezeigers“ in ihrer Häufigkeit bei wiederholten Realisierungen ebenso durch eine / Wahrscheinlichkeitsfunktion bestimmt ist, wie dies etwa der Physiker macht, der die Länge einer Geschoßbahn vorausberechnet hat und seine Berechnung mit Beobachtungsergebnissen vergleicht. Das Rätsel der gleichwahrscheinlichen Fälle ist damit beseitigt; an seine Stelle tritt eine viel allgemeinere Voraussetzung, die nichts anderes bedeutet als die notwendige Ergänzung des Kausalprinzips.“ (178 f.)



„Es ist in der historischen Diskussion des Induktionsproblems genügend klar hervorgetreten, daß es sich hier um eine logische Notwendigkeit nicht handelt. Das erkannt zu haben, ist die eigentliche Leistung Humes, und dieser Erkenntnis ist seitdem nichts Wesentliches hinzugefügt worden. Und es ist ebenfalls schon von Hume deutlich gezeigt worden, daß eine Begründung des Induktionsgesetzes durch Erfahrung nicht möglich ist, weil jeder derartige Schluß das gleiche Gesetz auf einer höheren Stufe wieder voraussetzt. An diesem erkenntnistheoretischen Tatbestand läßt sich nicht rütteln, und philosophische Theorien, die diesen Tatbestand verkennen, sind nicht diskussionsfähig. Wir wollen uns im folgenden deshalb nur mit zwei philosophischen Theorien zur Klärung des Induktionsproblems auseinandersetzen, die unter Beachtung dieses Tatbestandes entwickelt worden sind.“ (183)



„Die erste dieser Theorien ist der konventionalistische Lösungsversuch des Induktionsproblems. Nach dieser Auffassung bedeutet das Induktionsprinzip gar keine Aussage über die wirkliche Welt, sondern es enthält lediglich ein Ordnungsprinzip der Wissenschaft. Danach besteht die Aufgabe der physikalischen Theorienbildung darin, alle Beobachtungsbefunde so lange zu interpretieren, bis das Induktionsprinzip erfüllt ist; stellen sich Verstöße gegen das Induktionsprinzip heraus, so erklärt man die bisherige Theorie für falsch und ergänzt sie durch zusätzliche Annahmen derart, daß dem Prinzip wieder Genüge geleistet wird.“ (183)



„Nun ist es sicher richtig, daß ein derartiges elastisches Verfahren bei der Theorienbildung benutzt wird; dennoch halten wir es nicht für möglich, darauf eine Rechtfertigung des Induktionsprinzips zu begründen. Man erkennt dies durch folgende Überlegung. Ein gegebener Tatbestand der Erfahrung umfaßt eine endliche Anzahl von Beobachtungsdaten, und es läßt sich wohl erreichen, diese Beobachtungsdaten durch Theorien derart zu interpretieren, daß innerhalb der gegebenen endlichen Menge der Regelmäßigkeit des Induktionsprinzips Genüge geleistet wird. Was aber damit in keiner Weise begründet werden kann, ist der Glaube, daß auch bei weiterer / Vermehrung der Beobachtungsdaten die Regelmäßigkeit sich erhalten wird.“ (183 f.)



„Damit erkennen wir die zentrale Stellung, die dem Induktionsprinzip für die Wissenschaft zukommt: dieses Prinzip entscheidet über die Wahrheit wissenschaftlicher Theorien. Es aus der Wissenschaft streichen zu wollen, hieße nichts anderes, als die Entscheidung über Wahrheit und Falschheit der Theorien aus der Wissenschaft herauszunehmen. Aber es ist klar, daß dann die Wissenschaft nicht mehr das Recht hätte, ihre Theorien von den willkürlichen Gedankenschöpfungen der Dichter zu unterscheiden.“ (186)



„Wir geben zu, daß die Wahrscheinlichkeitsschlüsse logisch nicht gerechtfertigt werden können; ja, wir haben früher schon noch viel mehr zugegeben: daß Wahrscheinlichkeitsaussagen nicht einmal sinnhaft sind, wenn wir das Induktionsprinzip nicht schon voraussetzen. Denn wir konnten ja zeigen, daß das Induktionsprinzip bereits in der Sinndeutung der Wahrscheinlichkeitsaussage als wesentlich auftrat, weil auf ihm die induktive Entscheidbarkeit beruht. Jedoch liefert gerade die Analyse des Sinnproblems die Mittel, um das Geltungsproblem in neuem Lichte zu sehen. Wir konnten zeigen, daß Wahrscheinlichkeitsaussagen nicht sinnvoll sind, wenn wir an der Alternative der strengen Logik festhalten, daß jede Aussage als wahr oder falsch entscheidbar sein muß.“ (186)



„Was für das Geltungsproblem seit Hume als Tatsache zugegeben werden muß, ist aber nur das Korrelat zu jener Tatsache des Sinnproblems: denn es ist damit nur gezeigt, daß man die Geltung der Wahrscheinlichkeitsgesetze nicht begründen kann, wenn man die strenge Logik, angewandt auf den gegebenen Befund von Sinneswahrnehmungen, als alleinige Quelle der Wirklichkeitserkenntnis ansieht. Sinnproblem und Geltungsproblem scheitern also in gleicher Weise, wenn man an der strengen Logik als alleiniger Quelle wissenschaftlichen Denkens festhält. Wir schließen aus dieser Tatsache aber nicht, daß die Geltung der Wahrscheinlichkeitssätze / unbegründbar sein muß, sondern wir schließen vielmehr, daß jene Voraussetzung falsch ist. Es ist eben nicht möglich, das System der wissenschaftlichen Aussagen allein durch Logik in Verbindung mit Berichten über Wahrnehmungserlebnisse zu begründen — das ist für uns das erkenntnistheoretische Resultat.“ (186 f.)



„Wenn wir aber gefragt werden, warum wir unter solchen Umständen an die Wahrscheinlichkeitsgesetze glauben, so haben wir darauf nur die eine Antwort, daß wir gar nicht anders als an diese Gesetze glauben können. Die Forderung, daß die Erkenntnistheorie die letzten Grundlagen der Wirklichkeitserkenntnis zu beweisen hätte, hat sich in der ganzen Entwicklung der Erkenntnistheorie als unhaltbar erwiesen; es kann nur die Aufgabe sein, diese letzten Grundlagen durch Analyse aufzuzeigen. Wenn man sich mit diesem Aufzeigen für die Wahrscheinlichkeitstheorie nicht begnügen will, wenn man eine Zurückführung auf die Logik verlangt, so scheint mir dies eine ungerechtfertigte Forderung zu sein, die vermutlich in einer Unterschätzung der erkenntnistheoretischen Situation der Logik ihren Grund hat.“ (187)



„Auch die logischen Grundsätze lassen sich nicht beweisen. Wenn man gesagt hat, daß diese Grundsätze auch keines Beweises bedürftig seien, weil sie leer seien, so hat man übersehen, daß „leer“ eben auch nichts anderes heißt als „allein den logischen Grundsätzen entsprechend“, und daß eine solche Rechtfertigung zirkelhaft wäre. Es gibt für unsern Glauben an die Logik keine andere Rechtfertigung als den Hinweis auf die Tatsache, daß wir gar nicht anders denken können. Das Analoge können wir aber für die Wahrscheinlichkeitsgesetze auf zeigen: wir können gar nicht anders, als an die Wahrscheinlichkeitsgesetze glauben. Diese Aussage hat nach dem, was wir zum Sinnproblem der Wahrscheinlichkeit ausführten, für uns eine analoge Position wie die entsprechende Aussage für die Logik. Denn wir fanden, daß die Wahrscheinlichkeitsaussage nur einen Sinn hat, wenn das Induktionsprinzip gilt; darum hat die Aussage, daß die Wahrscheinlichkeitsgesetze nicht gelten, für uns keinen Sinn.“
(187)



„Diese entscheidende Tatsache ergibt sich aus unserer Analyse des Sinnproblems; die Aussage, daß Wahrscheinlichkeitsgesetze nicht gelten, bedeutet die Prophezeiung, daß bei Wiederholungsreihen die dem Induktionsprinzip entsprechende Regelmäßigkeit nicht eintritt — und diese Aussage hat nur dann einen Sinn, wenn sie induktiv entscheidbar ist, wenn also das Induktionsprinzip gilt. Die Aussage, daß die Wahrscheinlichkeitsgesetze nicht / gelten, ist also in sich widerspruchsvoll und sinnlos. Wir wollen damit nicht sagen, daß wir durch eine solche Argumentation die Geltung der Wahrscheinlichkeitsgesetze bewiesen hätten; das haben wir so wenig getan, wie es ein Beweis für die Geltung der Logik ist, daß jedes Abweichen von ihren Gesetzen zu einem Widerspruch führt. Das ist eben deshalb kein Beweis, weil das Auftreten eines Widerspruchs nur dann als Beweis für Nichtgeltung angesehen werden kann, wenn man schon weiß, daß die Logik gilt. Es gibt keine Rechtfertigung der Logik; was wir allein behaupten können, ist, daß ein Streit um ihre Grundlagen gar nicht möglich ist. Für die Wahrscheinlichkeitslogik steht es genau so; wir können sie nicht begründen, aber wir können konstatieren, daß wir ihr Gegenteil gar nicht denken können.“ (187 f.)



„Unsere Antwort auf das Geltungsproblem besteht deshalb nicht in einer Beantwortung der Humeschen Frage; vielmehr ist der Versuch einer logischen Begründung der Wahrscheinlichkeitsaussage eine unmögliche Zielsetzung, vergleichbar der Quadratur des Kreises. Wie aber dieses Problem die Mathematik nicht zum Scheitern bringt, sondern in dem Nachweis der Unzulässigkeit seiner Fragestellung seine Erledigung findet, so löst sich für uns das Humesche Problem dahin auf, daß es die unzulässige Forderung einer Rechtfertigung der Wahrscheinlichkeitsaussagen mit den Mitteln der strengen Logik bedeutet. An Stelle dieses Scheinproblems setzen wir eine Analyse des Erkenntnisverfahrens, welche uns den Wahrscheinlichkeitsbegriff als Kernbestandteil aller Wirklichkeitsaussagen zeigt und seine Gesetze in einer besonderen Wahrscheinlichkeitslogik zusammenfaßt. Diese Wahrscheinlichkeitslogik ist der begriffliche Rahmen aller Naturerkenntnis überhaupt; wir können ihn nur aufzeigen und durchforschen, nicht aber begründen. So sicher wir aber glauben, daß Aussagen über die Welt der wirklichen Dinge überhaupt einen Sinn besitzen, so sicher dürfen wir von dem Recht und dem Sinn des Wahrscheinlichkeitsbegriffs überzeugt sein.“ (188)



Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!