

KLASSIKERSEMINAR: KARL R. POPPER

Popper zum Determinismus und zu Wahrscheinlichkeiten
(Zusammenfassung zum 19.12.2011)

1 Einführung

Im Aufsatz „Über Wolken und Uhren“ (WU, hier zitiert nach Popper 1973) bekennt sich Popper zum Indeterminismus. Dieser ist nicht unvereinbar mit der menschlichen Freiheit, wie es der Determinismus zu sein scheint. Allerdings können freie Entscheidungen auch nicht reine Zufallsprodukte sein. Popper sucht daher nach einem Mittelding zwischen freien und determinierten Systemen. Er findet es in der plastischen Steuerung. Popper argumentiert weiter, dass Ereignisse oder Eigenschaften aus den Welten 2 und 3 einen kausalen Einfluss auf Welt 1 haben können.

Poppers Ausführungen sind an einigen Stellen problematisch. Wir vertiefen daher einige Aspekte zum Determinismus. Anschließend lernen wir die späte Wahrscheinlichkeitsauffassung von Popper kennen.

2 Determinismus

1. Popper definiert den Determinismus sehr ungenau über die Aussage, dass alle Wolken eigentlich Uhren sind (WU, 229). Dabei firmieren Uhren als regelmäßig und vorhersehbar (WU, 216). Der Determinismus sagt also nach Popper aus, dass die ganze Welt regelmäßig und vorhersehbar ist – bis ins kleinste Detail. Diese Definition ist jedoch problematisch, da sie epistemische (Vorhersehbarkeit) und metaphysische Aspekte vermengt.
2. Heute versucht man den Determinismus als metaphysische Auffassung über die Welt zu verstehen. Grundintuition ist, dass alles vorherbestimmt ist. Was aber heißt das genau? Earman (1986), Ch. 2 hat dazu folgenden Vorschlag unterbreitet:

Eine Welt w ist genau dann deterministisch, wenn gilt: wenn eine nomologisch mögliche Welt w' und w zu einem beliebigen Zeitpunkt vollständig übereinstimmen (d.h. hinsichtlich aller Eigenschaften, physikalischer, biologischer Größen übereinstimmen), dann stimmen sie zu allen späteren Zeitpunkten vollständig überein.

Dabei sind nomologisch mögliche Welten diejenigen Welten, in denen dieselben Naturgesetze gelten wie in unserer Welt. Die Idee des Determinismus ist also, dass die Naturgesetze und ein Weltzustand in der Gegenwart die Zukunft eindeutig festlegen. Wenn eine Welt deterministisch ist, dann hat sie zu jedem beliebigen Zeitpunkt nur eine mögliche Zukunft: Der gegenwärtige Weltzustand und die Naturgesetze legen die Zukunft eindeutig fest.¹

¹ Man kann die Definition verstärken, indem man fordert, dass w und w' auch hinsichtlich der Vergangenheit übereinstimmen. Dann ist mit der Gegenwart und den Naturgesetzen auch nur eine Vergangenheit vereinbar.

3. Diese Bestimmung des Determinismus ist rein metaphysisch; sie nimmt nicht Bezug auf ein erkennendes Subjekt.
4. Dieser Determinismusbegriff lässt sich auf Theorien verallgemeinern. Eine Theorie ist demnach deterministisch, wenn für jede Welt*beschreibung* w durch die Theorie gilt: Wenn diese Weltbeschreibung zu einer Zeit mit einer anderen Weltbeschreibung vollständig übereinstimmt, dann stimmen die beiden Weltbeschreibungen auch in der Zukunft vollständig überein.
5. Dieser Begriff des Determinismus steht in einem engen Zusammenhang zu Differentialgleichungen. Viele Naturgesetze in der Physik nehmen die Form von Differentialgleichungen an. Diese Gleichungen sind Gleichungen für die zeitliche Entwicklung von physikalischen Größen (z.B. Ort und Geschwindigkeit eines Teilchens). Man löst solche Gleichungen in der Regel auf der Basis von Anfangsbedingungen (z.B. Anfangsort und -geschwindigkeit des Teilchens). Oft ist es nun so, dass es bei einer Differentialgleichung und einer Anfangsbedingung nur eine mögliche Lösung gibt. Das entspricht dann einem Determinismus auf der Beschreibungsebene von Gleichungen.
6. Nun stellt sich natürlich die Frage, wie wir herausfinden können, ob die Welt deterministisch ist. Popper würde sicher – mit Recht – sagen, dass der Determinismus nicht verifizierbar ist, vermutlich nicht einmal falsifizierbar. Heute argumentieren einige Philosophen wie folgt: Wenn unsere besten Theorien deterministisch sind und wenn wir denken, dass diese Theorien keine Aspekte der Welt vernachlässigen, dann ist die Annahme begründet, dass die Welt deterministisch ist. Natürlich können wir eigentlich nie wissen, ob eine Theorie alle Aspekte abdeckt.
7. Die meisten physikalischen Theorien lassen sich gut hinsichtlich der Frage untersuchen, ob sie deterministisch sind. Die Newtonsche Mechanik galt oft als deterministisch, aber Earman (1986), Ch. 3 argumentiert, dass das ein Vorurteil ist. Die Relativitätstheorien von Einstein werfen ein Problem auf, da sie den globalen Zeitbegriff, der in der Determinismus-Definition vorausgesetzt wird, unterminieren. Die Quantentheorie gilt meist als indeterministisch. Da es sich hierbei um eine sehr fundamentale Theorie handelt und Versuche, die Theorie deterministisch auszubauen, meist gescheitert sind, würden die meisten Philosophen sagen, dass die Welt indeterministisch ist (was mit Poppers Meinung übereinstimmt).
8. Auch wenn die physikalische Welt deterministisch ist, könnte es sein, dass die Welt insgesamt nicht deterministisch ist, weil die Welt Aspekte haben könnte, die nicht-physikalisch sind. Anders ausgedrückt ist die Physik für die Determinismus-Debatte nur insofern einschlägig, als sich alles (Biologie etc.) auf Physik reduzieren lässt.
9. Selbst wenn die Welt deterministisch sein sollte, bedeutet das nicht, dass das Weltgeschehen vorhersagbar ist. Das lässt sich besonders gut am Begriff des deterministischen Chaos aufzeigen. Dabei können wir uns auf relativ kleine Systeme beziehen

Man mag einwenden, dass zwei Welten, die zu allen Zeiten übereinstimmen, von vornherein identisch sind. Ob das so ist, tut nichts zur Definition des Determinismus. Das sieht man wie folgt: Der Determinismus ist die Verneinung des Indeterminismus. Letzterem zufolge stimmt die indeterministische Welt w zur Zeit t mit einer anderen Welt w' überein, von der sie sich in der Zukunft unterscheidet. Dem Determinismus zufolge ist das nicht so; ob $w=w'$ dann echt identisch sind, oder ob man w von w' unterscheiden kann, tut nichts zur Sache.

und annehmen, dass sie nicht von außen beeinflusst werden. Deterministisches Chaos heißt nun Folgendes: Ein System ist deterministisch (qua „kleine Welt“), aber wie sich das System entwickelt, hängt in empfindlicher Weise von den Anfangsbedingungen ab. Das heißt, wenn wir die Anfangsbedingungen zur Anfangszeit minimal ändern, dann ändert sich die Entwicklung des Systems qualitativ. Beispiel: Ob sich ein Sturm in Europa entwickelt, hängt davon ab, ob ein Schmetterling in den Tropen einmal mehr mit seinen Flügeln klappert. Weil jede Messung mit einem Fehler behaftet ist, wie klein er auch immer sein mag, ist die Entwicklung eines deterministischen chaotischen Systems nicht vorhersehbar.

10. Popper verbindet die Frage, ob die Welt deterministisch ist, mit der Frage, ob Geistiges (Welt 3 oder Welt 2) auf die Welt 1 einwirken kann. Der Zusammenhang zwischen den beiden Fragen ist jedoch sehr komplex. Selbst wenn die physikalische Welt für sich deterministisch ist, könnten geistige Zustände eine kausale Wirkung haben, insofern als sie in der einen oder anderen Weise mit physikalischen Zuständen zusammenfallen (sog. Identitätstheorien). Popper würde natürlich Identitätstheorien ablehnen, weil er Pluralist ist.

3 Popper über Wahrscheinlichkeiten

Die Quantentheorie gilt als indeterministisch, aber sie gibt wenigstens noch Wahrscheinlichkeiten für bestimmte Ereignisse an. Nun fragt sich jedoch, was Wahrscheinlichkeiten sind und wie Feststellungen zu Wahrscheinlichkeiten zu interpretieren sind. Seit Mitte der 1950er Jahr vertritt Popper die sog. Propensitätsinterpretation. Wir wollen diese Interpretation anhand von Popper (1957) kennenlernen.

Worin besteht zunächst das Interpretationsproblem für Wahrscheinlichkeiten? Alltagssprachlich, aber auch in der Wissenschaft sprechen wir von Wahrscheinlichkeiten. Beispiele:

1. Es ist ziemlich wahrscheinlich, dass es morgen regnet (*qualitativ*).
2. Es ist wahrscheinlicher, dass es morgen regnet, als dass es morgen nicht regnet. (*komparativ*)
3. Die Wahrscheinlichkeit, dass ein so und so präpariertes Elektron in z -Richtung den Spin $+1/2$ hat, beträgt $1/\sqrt{2}$. (*quantitativ, bezogen auf Typen von Ereignissen*)
4. Die Wahrscheinlichkeitsverteilung über den Ort dieses Teilchens bildet eine Normalverteilung mit Mittelwert 0 und Varianz 4. (*vollständige Verteilung, bezogen auf Einzelereignis*)
5. Der Erwartungswert der Temperatur beträgt 10 Grad Celsius. (*Eigenschaft einer vollständigen Verteilung*)

Quantitative Wahrscheinlichkeiten unterliegen den Axiomen der Wahrscheinlichkeitsrechnung. Diese besagen grob:

1. Wahrscheinlichkeiten haben Werte im Intervall $[0,1]$.
2. Das sichere Ereignis (das in jedem Fall eintritt) hat die Wahrscheinlichkeit 1.
3. Die Wahrscheinlichkeit, dass eines von zwei Ereignissen eintritt, die nicht zusammen eintreten können, ist die Summe der Wahrscheinlichkeiten der Ereignisse. In einer mengentheoretischen Sprache: $P(A \cup B) = P(A) + P(B)$, wenn $A \cap B = \emptyset$.

Diese Axiome legen aber noch nicht fest, was wir meinen, wenn wir eine Wahrscheinlichkeitsfeststellung treffen.

Die Frage lautet daher, wie wir die Rede von Wahrscheinlichkeiten genauer zu verstehen haben. Um diese Frage zu beantworten, gibt es grob zwei Optionen:

1. Objektivismus: Wahrscheinlichkeitsfeststellungen sind Aussagen über objektive Tatsachen, d.h. Tatsachen, die unabhängig vom menschlichen Geist bestehen. Dabei könnte es sich zum Beispiel über Tatsachen über relative Häufigkeiten handeln (Frequentismus).
2. Subjektivismus: Wahrscheinlichkeitsfeststellungen drücken nur aus, wie unsicher wir bezüglich bestimmter Ereignisse sind.

Popper vertritt einen Objektivismus. In der LdF plädiert er für eine Version der Frequentismus (der statistischen Interpretation, wie es im Text heißt); später entwickelt er die Propensitätsinterpretation.

Argumentation in unserem Text Popper (1957):

1. Popper betrachtet zwei Würfel. Der eine ist ungezinkt, jede Seite bei ihm ist „gleichberechtigt“, daher ist die Wahrscheinlichkeit, dass er eine 6 ergibt, $1/6$. Der zweite Würfel ist gezinkt, d.h. wenn man ihn oft würfelt, dann erhält man in ca. $1/4$ der Würfe die 6. Also ist die Wahrscheinlichkeit für die 6 $1/4$ (186).
2. Popper fragt nun, was es bedeutet, dass die Wahrscheinlichkeit, mit dem gezinkten Würfel eine 6 zu würfeln, $1/4$ ist. Der Frequentist sagt: In einer langen Reihe von Würfeln würde sich für die 6 eine relative Häufigkeit von $1/4$ ergeben (186).
3. Nun wirft Popper die Frage auf, wie Einzelfallwahrscheinlichkeiten zu interpretieren sind (186). Beispiel: Was heißt es, dass der nächste Wurf mit dem gezinkten Würfel eine 6 ergibt? Der Frequentist muss sagen: Es bedeutet, dass der Wurf Teil einer Folge von Würfeln ist, bei der die relative Häufigkeit für die 6 wieder $1/4$ beträgt (186).
4. Popper stellt sich nun vor, dass eine Reihe von Würfeln vollzogen wird; dabei wird immer der gezinkte Würfel verwendet, nur zweimal wird der ungezinkte Würfel verwendet. Wir stellen uns nun vor, dass der nächste Wurf mit dem ungezinkten Würfel getan wird. Intuitiv würden wir sagen wollen, dass die Wahrscheinlichkeit für eine 6 $1/6$ beträgt. Der Frequentismus impliziert jedoch, dass die Wahrscheinlichkeit nahe bei $1/4$ ist (weil das die relative Häufigkeit in der Reihe ist; 186).
5. Der Subjektivist kann das Problem lösen, indem er sagt, dass die Würfe sowieso nur Evidenz für Wahrscheinlichkeitswerte sind und dass in diesem Fall die gesamte Evidenz impliziert, dass der nächste Wurf mit einer Wahrscheinlichkeit von $1/6$ die 6 ergibt (187).
6. Der Objektivist muss dagegen sagen, dass der nächste Wurf als Teil einer anderen Reihe von Würfeln betrachtet werden muss, nämlich von Würfeln mit dem ungezinkten Würfel (Popper drückt das über den Umweg von Hypothesen aus). Diese Reihe von Würfeln ist vielleicht rein hypothetisch. Das heißt aber, dass Wahrscheinlichkeiten an bestimmten Systemen „haften“. Den richtigen Wahrscheinlichkeitswert bekommen wir nur, wenn wir uns die Häufigkeiten in Wurfreihen mit dem richtigen Würfel anschauen. Die richtige Wahrscheinlichkeit (hier $1/6$) ist also

eine Eigenschaft, die dem Würfel zugehört. Die Eigenschaft hat jedoch ein dispositionales Element, da der richtige Wert der Wahrscheinlichkeit sich als relative Häufigkeit in Wurfreihen ergeben *würde*, wenn der Würfel oft geworfen *würde* (was er aber vielleicht nicht wird; 187 f.).

7. Popper spricht daher von Propensitäten (Neigungen). Wahrscheinlichkeiten stehen also für Propensitäten. Die Wahrscheinlichkeit, dass sich in einem bestimmten Versuch ein Ergebnis X ergeben würde, ist die relative Häufigkeit, die sich ergeben würde, wenn man den Versuch oft wiederholen würde (188).
8. Popper gibt zu, dass wir die Werte von Wahrscheinlichkeiten nur herausbekommen, wenn wir tatsächliche Folgen von Versuchen und geeignete Häufigkeiten betrachten. Die Wahrscheinlichkeit eines Würfels ist jedoch davon unabhängig, ob der Versuch tatsächlich oft wiederholt wird (Unterschied zwischen Metaphysik und Epistemologie; 189).
9. Popper betont weiter, dass die Propensität nicht eigentlich eine Neigung des Würfels ist, sondern des Würfels plus einer Umgebung (die zum Beispiel die würfelnde Person mit einbegreifen kann, weil unterschiedliche Personen in unterschiedlicher Weise würfeln, 189).
10. Popper vergleicht Propensitäten mit anderen Dispositionen. Zum Beispiel ist der Kraftbegriff dispositional. Dass eine bestimmte Kraft besteht, heißt, dass sich ein Testkörper, das sich im Kraftfeld bewegen *würde*, durch die Kraft ablenken lassen *würde*. Die Kraft (das Kraftfeld) besteht unabhängig davon, ob sie (es) mit Testkörpern getestet wird (191).
11. Nach Popper sind Propensitäten wirklich. Daher sind auch die entsprechenden Wahrscheinlichkeiten objektiv zu interpretieren (191).
12. Laut Popper lösen die Propensitäten ein Interpretationsproblem hinsichtlich der Quantenmechanik (191 f.). Die Quantenmechanik ist auf der einen Seite statistisch; auf der anderen Seite wollen ihr viele objektive Geltung zusprechen (sie also als mehr als eine Bemäntelung unseres Unwissens verstehen). Der Propensitätstheorie zufolge beschreibt die Quantentheorie wirkliche Propensitäten durch Wahrscheinlichkeiten; sie ist daher objektiv, aber doch statistisch (191 f.).
13. Popper erwägt dann die Möglichkeit, dass alle Eigenschaften dispositional sind. Er sieht die Quantentheorie (in der Propensitäts-Interpretation) als eine Weiterentwicklung von anderen Entwicklungen, in denen Dispositionen wichtig wurden (192).
14. Bemerkung: Oft werden Propensitäten auch als abgeschwächte Kausalrelationen verstanden. Die Propensitätstheorie wird auch noch heute vertreten, siehe etwa Gillies (2000), Ch. 6; Eagle (2004) kritisiert die Propensitätstheorie.

Literatur

Eagle, A., *Twenty-one Arguments Against Propensity Analyses of Probability*, Erkenntnis **60** (2004), 371–416.

Earman, J., *A Primer on Determinism*, Kluwer, Dordrecht, 1986.

- Gillies, D., *Philosophical Theories of Probability*, Routledge, London and New York, 2000.
- Popper, K. R., *The Propensity Interpretation of the Calculus of Probability, and the Quantum Theory*, in: *Observation and Interpretation* (Körner, S., ed.), 1957, pp. 65–70, 88–89.
- Popper, K. R., *Objektive Erkenntnis: Ein evolutionärer Entwurf*, Hoffmann und Campe, Hamburg, 1973.