

Kausalität – Streitgespräch

In reiner Form ist Kausalität realisiert in Newtons Mechanik. Sind die Anfangsbedingungen exakt gegeben, kann man die künftige Entwicklung exakt voraussagen. Der Laplacesche Dämon kommt voll zum Tragen. Im Grunde gibt es auf der Grundlage der Newtonschen Mechanik auch keinen freien Willen mehr, alles ist eindeutig festgelegt. Im Urknall wurde danach bereits festgelegt, daß wir heute am 9. Dezember 2005 hier in Berlin dieses Gespräch führen – eine seltsame Behauptung.

Nach Ernst Mach, der die klassische Kausalität in der Newtonschen Theorie sehr kritisiert hat, gibt es in der Natur weder reale Ursachen noch klare Kausalitätsverhältnisse, sondern nur funktionale Beziehungen.

Tiefgreifende Umwälzungen im Verständnis der Kausalität brachten jedoch erst die Entwicklungen der Relativitätstheorie und der Quantenmechanik, und zwar durchaus in die Richtung, die Mach vorgegeben hatte. Einstein wurde durch die Lektüre des Buchs von Mach angeregt, über Fragen nachzudenken, die letztlich zur Relativitätstheorie führten.

In der Relativitätstheorie können Ereignisse nur mit Ereignissen aus dem kausal verknüpften Teil des Raum-Zeit-Kontinuums verbunden sein, nicht mit allen ihnen zeitlich vorangehenden, wie das die klassische Physik vorsah. Da sich Wirkungen nur mit maximal Lichtgeschwindigkeit ausbreiten können, ist die absolute Vergangenheit ein Kegel in der Raumzeit, der Vergangenheitslichtkegel; ebenso ist die absolute Zukunft durch den Zukunftslichtkegel gegeben.

Zwischen Raum-Zeit-Gebieten, die raumartig zueinander liegen, gibt es keinerlei ursächliche Beziehungen. Die Kausalität impliziert auch keine absolute Gleichzeitigkeit mehr. Gleichzeitigkeit wird ein relativer Begriff. Was in einem System zur gleichen Zeit stattfindet, ist in einem anderen Bezugssystem nicht mehr gleichzeitig. Die Zeit ist also nicht mehr absolut vorgegeben, wie in der Newtonschen Theorie. Zeit kann beliebig gedehnt werden, sobald die Geschwindigkeiten vergleichbar mit der Lichtgeschwindigkeit sind. Raum und Zeit sind zu einer Einheit geworden. Alle Zeitkoordinaten der Relativitätstheorie haben aber gemeinsam, daß kausal zusammenhängende Ereignisse dieselbe Reihenfolge haben. Die Ursache ist also stets zeitlich vor der Wirkung.

Auch in der Quantenmechanik geht man zwar davon aus, daß Wirkungen Ursachen haben, aber es wird nicht mehr angenommen, daß erstere aufgrund der Beobachtung von letzteren eindeutig vorhersagbar seien. Beispielsweise können wir einen radioaktiven Atomkern beobachten, aber prinzipiell nicht vorhersagen, wann dieser zerfallen wird. Es ist nicht unsere Unkenntnis, daß wir das nicht können, sondern es ist prinzipiell nicht möglich, wie zuerst von Bohr und Heisenberg erkannt wurde. Die Quantenmechanik lehrt, daß wir auf Grund prinzipiell einschränkender Naturgesetze lediglich die Wahrscheinlichkeit von späteren Beobachtungen vorhersagen können.

Die Newtonsche Kausalität wird deswegen aufgehoben, weil es nicht möglich ist, den Anfangszustand eines Systems genau zu kennen. Die Unschärferelation verbietet dies. Die genaue Kenntnis des Ortes eines Teilchens macht es unmöglich, daß man auch eine genaue Kenntnis über die Geschwindigkeit des Teilchens haben kann.

Was im einzelnen Fall nun tatsächlich geschieht, hängt vom objektiven Zufall ab. Die Kopenhagener Interpretation der Quantenmechanik besagt auch, daß das Ergebnis entscheidend vom Beobachter beeinflusst wird. Auch diese Idee hat weitreichende philosophische Konsequenzen: sie stellt das Wesen der physikalischen Realität in Frage. Es gab Versuche, die Kopenhagener Interpretation aufzuheben, etwa durch David Bohm, der verborgene Parameter einführte, die dann ein streng kausales Ablaufen der Naturprozesse garantierten.

1916 leistete Einstein einen wichtigen Beitrag zur Quantentheorie. Er erkannte: Wenn ein angeregtes Atom ein Photon emittiert, dann kann die Theorie weder den genauen Zeitpunkt noch die Richtung, in der das Photon emittiert wird, voraussagen. Einstein stellte fest, daß die Theorie das klassische Kausalitätsgesetz verletzt. Dieses würde besagen: Wenn sich das System in einem Zustand befindet, den wir genau kennen, dann kann sein Verhalten zu einem beliebigen späteren Zeitpunkt exakt vorausgesagt werden. Dies ist jedoch in der Quantentheorie prinzipiell nicht möglich – ein Problem für die klassische Kausalität. Sie wird aufgeweicht. Es wird unmöglich, die Zukunft eines Systems genau im voraus zu berechnen. Man kann also nur Wahrscheinlichkeiten angeben. Einstein wehrte sich dagegen, indem er behauptete, daß Gott nicht würfelt. Wir müssen heute jedoch davon ausgehen, daß er dies in der Tat macht.

Aus der Sicht der heutigen Physik ist die Kausalität ein vielschichtiges Phänomen, das man zwar von vielen Seiten beleuchten kann, aber nicht eindeutig wirklich beschreiben kann. In diesem Streitgespräch wollen wir diese Beleuchtung von möglichst vielen Seiten vornehmen. Auch wird die Frage aufkommen, ob wir mit Kausalität in der Naturwissenschaft dasselbe meinen wie die Geisteswissenschaftler, wenn sie über Kausalität reden. Ich denke, daß es

hier beträchtliche Unterschiede gibt. Der Begriff der Kausalität, wie er in den Geisteswissenschaften verwendet wird, ist viel weiter gefaßt, als in den Naturwissenschaften.