

Kausalität – Die Wahrnehmung von Ursache und Wirkung

PHILIPPE BÜTTNER

Technische Universität Berlin, Germany

Schlüsselwörter: Kausalität, Wahrnehmungsprozesse, Informationsverarbeitung

Zusammenfassung

Dieser Artikel beschäftigt sich mit der Geschichte und der Bedeutung von Kausalität. Der Begriff selbst ist bis heute nicht exakt definiert und kann verschiedene wissenschaftstheoretische Fragestellungen vertreten, die im Folgenden vorgestellt werden. Das Erkennen von kausalen Zusammenhängen ist für den Menschen zwar von evolutionärem Vorteil, gleichzeitig scheint es aber auch von erkenntnistheoretischem Nachteil zu sein. Dinge, die kausal keine Erklärung finden, sind für das menschliche Gehirn nur schwer bzw. gar nicht zu verstehen. So scheint Kausalität eher eine Struktur des menschlichen Verstehensprozesses zu sein, als dass es die Realität als Ganzes beschreibt.

Kausalität – Die Wahrnehmung von Ursache und Wirkung

Kausale Prozesse begegnen uns ständig im Alltag und wir setzen voraus, dass diese Prozesse nach bestimmten Regelmäßigkeiten ablaufen, so dass wir mit unserer Umwelt interagieren können. Mit geeigneten Handlungen lassen sich dann gewünschte Wirkungen erzielen. Beispielsweise hat das Anschalten des Lichtschalters zur Folge, dass der Raum hell wird. Unser Vertrauen die Fähigkeit zu besitzen direkten Einfluss auf das Geschehen in unserer Umwelt zu nehmen, gründet auf der Vorstellung, dass gewisse Ereignisse andere hervorbringen können. Erstere Ereignisse nennen wir Ursachen, letztere Wirkungen.

Das Verhältnis zwischen Ursache und Wirkung ist in vieler Hinsicht grundlegend definiert. Es scheint uns als selbstverständlich, dass unsere Welt nach ganz bestimmten Gesetzmäßigkeiten abläuft. Doch wenn man genauer hinsieht, dann ist das Prinzip von Ursache und Wirkung nicht ganz so trivial, wie es uns erscheint. Seit Anbeginn der Philosophie diskutieren Philosophen und Wissenschaftler darüber, was genau es mit der Kausalität auf sich hat. Hinter dem Begriff der Kausalität steckt im

tieferen Sinne eine Weltanschauung. Die Frage wie unser Universum aufgebaut ist und was es im Inneren zusammenhält (Salmon 1998).

Im Zeitalter der Aufklärung beschreibt der schottische Philosoph David Hume die Kausalität als den Zement des Universums. Zu kausalen Beziehungen gehören ihm zufolge der Kontakt zwischen Ursache und Wirkung, ihre zeitliche Abfolge, ihre konstante Verbindung und ihre notwendige Verknüpfung (Hume 1740; vgl. 1967). Die zeitliche Epoche in der Hume gelebt hatte, war besonders durch das Bestreben geprägt, das Denken mit den Mitteln der Vernunft von althergebrachten, starren und überholten Vorstellungen, Vorurteilen und Ideologien zu befreien und Akzeptanz für neu erlangtes Wissen zu schaffen (Schmidt 1989). Die Lehre des Naturalismus hat daher seit dem frühen 17. Jahrhundert die Existenz von Wundern und übernatürlichen Wesen abgelehnt. Sämtliche Erscheinungen müssen eine natürliche Ursache haben, die auf irgendeine Art und Weise erklärbar ist. Der amerikanische Philosoph Wilfrid Sellars (1963) vertritt diese Ansicht mit der folgenden Äußerung:

Wenn es um die Beschreibung und Erklärung der Welt geht, sind die Naturwissenschaften das Maß aller Dinge (W. Sellars).

Nach Sellars sollte demnach jede Erscheinung eine naturwissenschaftliche Erklärung haben. Schon in der Antike haben die beiden Vorsokratiker Heraklit und Demokrit das Kausalprinzip (auch Kausalitätsprinzip genannt) formuliert, welches besagt, dass nichts in der Welt ohne Ursache geschieht (Audi 1995). Dieses Prinzip beschreibt einen „ausnahmslosen, wenn auch nicht durchweg erkennbaren Determinismus im Naturgeschehen“ (Arndt 1976) und ist von einzelnen Kausalgesetzen, die lediglich natürliche Prozesse beschreiben, zu unterscheiden. Doch was war dann der Anfang von allem, wenn jede Erscheinung eine Ursache hat? Kann es sein, dass das Universum einfach ohne Ursache entstanden ist oder gibt es ein übernatürliches Wesen, im Sinne von Aristoteles¹?

Da die Lehre des Naturalismus ein übernatürliches Wesen als Schöpfer ausschließt und das Kausalprinzip stets eine Ursache als Wirkung fordert, führt dies zwangsläufig zu der Annahme, dass es einen fortwährenden Regress von Ursache und Wirkung geben muss, der bis in die Unendlichkeit zurückreicht und es de facto keinen Anfang gegeben haben kann. Bunge (1987) stellt fest, dass auf diese Weise zwar die uneingeschränkte Geltung des Kausalprinzips gerettet und die außerwissenschaftliche Vorstellung eines ersten Bewegers vermieden wird.

Der Hauptfehler dieses infiniten Regresses beruht jedoch darauf, uns daran zu hindern, mit unseren Untersuchungen an einem bestimmten Entwicklungsstand zu beginnen, und stattdessen ein fortwährendes Zurückweichen in eine unendliche Vergangenheit zu fordern (M. Bunge).

Dies stellt für den Naturalismus ein Problem dar, da die Unendlichkeit sich als Untersuchungsgegenstand entzieht und somit die Geltung des Kausalprinzips nicht überprüfbar ist. Wir können somit nur „glauben“, dass das Kausalprinzip gültig ist, beweisen lässt es sich nicht.

¹ Nach Aristoteles könne man Gott erkenntnistheoretisch eine Existenz zuschreiben: „Gott ist kein Schöpfer, sondern lediglich der unbewegte Erstbeweger. Er ist als Prinzip zu verstehen, nicht als personales Wesen.“ Quelle: Aristoteles, *Metaphysik XII*, 6f.

Das Kausalprinzip wird nach Stegmüller (1987) auch als das Prinzip des universellen Determinismus bezeichnet. Laplace (1814, zitiert nach Höfling 1994) hat das Wesentliche des Determinismus wie folgt ausgesprochen:

Wir müssen also den gegenwärtigen Zustand des Universums als Folge eines früheren Zustandes ansehen und als Ursache des Zustandes, der danach kommt. Eine Intelligenz, die in einem gegebenen Augenblick alle Kräfte kennt, mit denen die Welt begabt ist, und die gegenwärtige Lage der Gebilde, die sie zusammensetzen, und die überdies umfassend genug wäre, diese Kenntnisse der Analyse zu unterwerfen, würde in der gleichen Formel die Bewegungen der größten Himmelskörper und die des leichtesten Atoms einbeziehen. Nichts wäre für sie ungewiss, Zukunft und Vergangenheit lägen klar vor ihren Augen (P.S. Laplace).

Unter dieser Annahme sollte es möglich sein, auf jeden Zustand in der Vergangenheit des Universums rückzuschließen, als auch alle zukünftigen Zustände vorherzusagen. „So müsste er z.B. vor zehn Jahrmilliarden das Auftreten des Homo sapiens prognostiziert haben können, die Entstehung und Differenzierung unserer Kulturen, das Geburtsdatum jedes heute lebenden Mensch“ (Wuketits 1981).

Tatsächlich können wir mit der Mathematik kausale Gesetze beschreiben und gewisse Prozesse sehr genau vorhersagen. „Die Liste der Erfolge ist beeindruckend: Die Genauigkeit der euklidischen Geometrie ist vergleichbar mit der Größe eines Wasserstoffatoms im Verhältnis zu einem Meter, ... die Newtonsche Mechanik gilt bis auf eine relative Ungenauigkeit von $1:10^7$ als gesichert, ... die Maxwellsche Elektrodynamik ... gilt im Bereich von Teilchengrößen ... und reicht bis hin zu den Größenordnungen ferner Galaxien, ... Einsteins Relativitätstheorie gilt, ... bis auf eine relative Unsicherheit von $1:10^{14}$ als exakt“ (Penrose 1997). In der klassischen Physik gab es keinen Grund zur Annahme, dass die unvermeidlichen experimentellen Messfehler, durch Verbesserung der Messinstrumente, nicht beliebig klein gemacht werden könnten (Honerkamp & Römer 1989).

Die heutigen Erkenntnisse der Quantenphysik lassen allerdings darauf schließen, dass das Prinzip des universellen Determinismus nicht gilt. So beschreibt die heisenbergsche Unschärferelation², dass es nicht gleichzeitig möglich ist, sowohl die Lage, als auch den Impuls eines Teilchens exakt zu kennen. Daher können die Vorausberechnungen nur mit einem bestimmten, beschränkten Grad der Genauigkeit durchgeführt werden. Diese Grenzen entstehen nicht durch irgendwelche Messfehler. Nach Heisenberg entstehen diese Grenzen durch die Quantenmechanik selber. Sie scheinen also prinzipieller Natur zu sein. Das Verhalten der kleinsten Teilchen kann mit den deterministischen Gesetzen der klassischen Physik nicht beschrieben werden, da es auf dieser Ebene keine klaren Ursache - Wirkungszusammenhänge gibt (Ingold 2002). Für Bunge (1987) bestätigt die Nichtlinearität im mikrophysikalischen Bereich, „dass Kausalität ... nur approximativ gilt, dass sie sozusagen eine ‚lineare Näherung des Determinismus‘ ist.“

Nach de Broglie (1939, zitiert nach Marx 1990) kann jedoch ein Indeterminismus im Mikrobereich mit einem strengen Determinismus im Makrobereich durchaus vereinbar sein:

² Für eine nähere Erklärung der Unschärferelation sei an dieser Stelle auf Literatur über das Doppelspalt- bzw. Doppelspalt-Experiment verwiesen.

Da der quantenmechanische Zustandsbegriff in Makrobereichen keine Rolle spielt und die auch in ihnen sich ergebenden Ungenauigkeiten von Voraussagen weit unterhalb der Genauigkeitsgrenzen makroskopisch zu erzielender Messresultate liegen, bleiben in ihnen mikrophysikalische Effekte, wie de Broglie es ausdrückt, ‚mas-kiert‘. So verläuft nach ihm – trotz des zu akzeptierenden Indeterminismus im Mikrobereich – makrophysikalisch praktisch alles so, als ob ein strenger Determinismus herrsche (W. Marx).

Derzeit benutzen wir zwar eine Reihe von Gesetzen der klassischen Physik und eine andere Reihe von Gesetzen der Quantenphysik. Würden wir allerdings die Quantenphysik richtig verstehen, so glaubt Penrose (1997), könnten wir die klassische Physik aus ihr ableiten. Als Beispiel führt Penrose an, dass die Griechen ebenso Gesetze für den Himmel hatten und andere Gesetze für die Erde, die erst durch Galilei und Newton zu einer Physik zusammengefasst wurden.

Würden wir allerdings tatsächlich im Rahmen des Kausalprinzips alle Naturgesetze kennen, dann würde dies bedeuten, dass auch der Mensch, als Teil der Natur zu subsumieren ist. Bei der Geltung des Kausalprinzips könne man „die Diskussion über die Willensfreiheit nicht einbeziehen“ (Stegmüller 1987). Denn würde alles nach strikten Gesetzen ablaufen, dann wäre auch das menschliche Verhalten determiniert und die Frage, ob wir einen freien Willen hätten, würde sich gar nicht erst stellen. Der Indeterminismus ist daher eine notwendige Voraussetzung für den freien Willen (Walter 1999).

Auch wenn die Geltung des universellen Determinismus weitgehend ungeklärt bleibt, stellt sich letztlich die Frage, wie es überhaupt zu einem Eindruck von kausalen Zusammenhängen kommen kann? Die Wahrnehmung von kausalen Prozessen selbst ist von intrinsischer Natur, aber spielen sie sich auch wirklich genau so in der Realität ab? Humes (1748; vgl. 1977) These war, dass es sich hierbei um eine kognitive Illusion handelt. Ein Kausalitätseindruck entsteht erst bei einer häufigen Wahrnehmung sehr ähnlicher Ereignispaare. Hume schließt tatsächliche Kausalbeziehungen in der Realität nicht aus. Nach seiner These sind wir aber nicht in der Lage Wissen über die kausalen Prozesse zu erlangen. Wir haben lediglich die Fähigkeit bestimmte Ereigniswiederholungen wahrzunehmen. Franz Wuketits (1981) vertritt die Meinung, dass wir nicht anzunehmen brauchen, „dass die Kausalität als solche in der Natur enthalten ist; wir müssen aber offenbar annehmen, dass es in der Natur Zusammenhänge gibt, die wir – schon aus Gründen der Denkökonomie – mittels Kausalitätsdenken rationalisieren können.“ So ist Kausalität „kein Merkmal der Realität per se, sondern vielmehr eine für den Menschen charakteristische Sicht dieser Realität“ (Thüring 1991). Oeser beschreibt seinen Standpunkt in Riedl & Wuketits (1987) wie folgt:

... das, was wir ‚Realität‘ oder ‚Wirklichkeit‘ nennen, ist uns unbekannt. Diese noch bei Kant als absolut zu verstehende Unbekanntheit der Realität an sich wird jedoch in der Evolutionären Erkenntnistheorie durch die empirisch nachprüfbare Feststellung aufgehoben, dass wir in unseren angeborenen Verhaltensstrukturen ein vorreflexives organisch-genetisches ‚Vorauswissen‘ besitzen, das zumindest jenen Teil der Realität, in dem wir leben und handeln, umfasst (E. Oeser).

Während der Evolution hat sich beim Menschen eine Struktur des kausalen Denkens herausgebildet, durch die der Mensch bei der natürlichen Selektion einen Vorteil gegenüber anderen Arten hat. Das Erkennen kausaler Zusammenhänge ermöglicht nicht nur Hypothesen gegenwärtiger Prozesse aufzustellen, sondern auch die Antizipation von gewünschten oder zu vermeidenden Handlungskonsequenzen bzw. Umweltentwicklungen. Dadurch wird eine optimale Grundlage für Planen und Handeln geschaffen (Thüring 1991). Die Hauptthese der Evolutionären Erkenntnistheorie formuliert Gerhard Vollmer (1975) wie folgt:

Unser Erkenntnisapparat ist ein Ergebnis der Evolution. Die subjektiven Erkenntnisstrukturen passen auf die Welt, weil sie sich im Laufe der Evolution in Anpassung an diese reale Welt herausgebildet haben. Und sie stimmen mit den realen Strukturen (teilweise) überein, weil nur eine solche Übereinstimmung das Überleben ermöglichte (G. Vollmer).

Das menschliche Gehirn, so erläutert Hans Mohr in Riedl & Wuketits (1987), wurde in seiner Entwicklungsgeschichte eben nur mit den verfügbaren Signalen des Mesokosmos³ konfrontiert und stets durch die Leistungsfähigkeit der Sinnesorgane limitiert. Monokausales Denken in kurzen Kausalketten, bewährte sich, weil das eigene Handeln kaum Rückkoppelungen in der Umwelt verursachte. Für lineare Systeme haben wir daher ein intuitives Verständnis, während nicht lineare Systeme, exponentielles Wachstum und chaotische Prozesse intuitiv nicht zugänglich sind. So werden bei dem Versuch den mikrophysikalischen Bereich zu verstehen Kausalität und Substantialität zum Problem; im makrophysikalischen Bereich sind es Raum und Zeit, die uns Verständnisprobleme bereiten. In zahlreichen Experimenten konnte dies bereits empirisch nachgewiesen werden.

Ein anschauliches Beispiel ist das Kühlhaus-Experiment, welches von Reichert und Dörner (1988) durchgeführt wurde. Das Ziel der Versuchspersonen bestand darin, die Temperatur in einem fiktiven Kühlhaus auf 4°C zu regeln. Die Temperatur im Kühlhaus reagiert allerdings auf das Einstellen des Stellrades mit einer Zeitverzögerung. Die optimale Strategie wäre es, das System bei einer bestimmten Einstellung zunächst zu beobachten, um dann dosiert darauf Einfluss zu nehmen. Allerdings waren lediglich 20 Prozent der Versuchspersonen in der Lage, die richtige Einstellung für das Stellrad zu finden. Die Analyse der Tonbänder zeigte, dass einige Versuchspersonen kausale Zusammenhänge wahrgenommen hatten, die in Wirklichkeit gar nicht existierten, weil sich beispielsweise der Temperaturverlauf genau in dem Moment änderte, als ein bestimmter Wert eingestellt wurde. Dies hatte allerdings nichts mit dem Stellwert zu tun, sondern lag am Schwingungsniveau des Systems. Die zeitliche Nähe der beiden wahrgenommenen Ereignisse aber, führte zu der Annahme es handele sich um einen kausalen Prozess.

In Bezug auf Mensch-Maschine Systeme sind Theorien kausalen Denkens von zentraler Bedeutung. Sie leisten einen Beitrag dazu, wie man bereits bei der Entwicklung komplexer Systeme frühzeitig Möglichkeiten zur Unterstützung diagnostischer Prozesse schaffen kann. Aktuelle Forschungen der kognitiven Psychologie geben Aufschluss über die menschliche Informationsverarbeitung und ermöglichen ein kontinuierlich besser werdendes Zusammenspiel zwischen Mensch und Maschine, indem

³ Den Übergang zwischen Mikro- und Makrokosmos bezeichnet man als *Mesokosmos*. Dieser Bereich ist im Vergleich zum Mikro- und Makrokosmos weitgehend erforscht, da wir auf diesen direkt zugreifen können.

Interfaces, Assistenzsysteme und Diagnosestrategien an die menschliche Wahrnehmung angepasst werden. Dabei sollen komplizierte Prozesse leicht verständlich gemacht werden. Erfolgreich wird dies unter anderem bereits bei großen und trägen Verkehrsflugzeugen umgesetzt. Hier wird die zeitliche Kluft zwischen dem ursächlichen Steuerverhalten des Piloten und der späteren Flugroute durch Assistenzsysteme überbrückt, die die zukünftigen Flugwege visualisieren. So können Kurskorrekturen rechtzeitig und äußerst exakt vollzogen werden.

Bei der Wahrnehmung von Ursache- und Wirkungszusammenhängen handelt es sich um eine Interpretation von Realität. Die Frage nach der Gültigkeit des Kausalprinzips erscheint aus psychologischer und evolutionstheoretischer Sicht daher als zweitrangig (Thüring 1991). Trotzdem hilft uns das Verständnis von kausalen Zusammenhängen bei der Überwindung alltäglicher und spezieller Probleme der Realität. Sobald wir aber mit Problemen höherer Komplexität konfrontiert werden oder versuchen nicht lineare Systeme zu verstehen, bereitet uns dies Schwierigkeiten. Durch technische Systeme ist es dann allerdings möglich, den Menschen bei der Wahrnehmung komplexer Sachverhalte zu unterstützen.

Literatur

- Arndt, H.W. (1976). Kausalitätsprinzip. In: J.Ritter & K. Gründer. *Wörterbuch der Philosophie*, Band 4. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft.
- Audi, R. (1995). *The Cambridge Dictionary of Philosophy*. Cambridge: University Press.
- Bunge, M. (1987). *Kausalität, Geschichte und Probleme*. Tübingen: J.C.B. Mohr (Paul Siebeck).
- Höfling, O. (1994). *Physik*, Band II, Teil 1, 15. Auflage. Bonn: Ferd. Dummlers Verlag.
- Honerkamp, J. & Römer, H. (1989). *Klassische theoretische Physik*, 2. Auflage. Berlin: Springer Verlag.
- Hume, D. (1740). *A Treatise of Human Nature*. In: L.A. Selby-Bigge (Hrsg.) Oxford: Clarendon Press (1967).
- Hume, D. (1748). *An enquiry concerning human understanding*. Indianapolis: Hackett Publishing Company (1977).
- Ingold, G. (2002). *Quantentheorie: Grundlagen der modernen Physik*. München: Beck.
- Marx, W. (1990). *Determinismus Indeterminismus*. Frankfurt am Main: Vittorio Klostermann.
- Penrose, R. (1997). *Das Große, das Kleine und der menschliche Geist*. Berlin-Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Reichert, U. & Dörner, D. (1988). Heuristiken beim Umgang mit einem einfachen dynamischen System. In: *Sprache und Kognition*, 7. Jahrgang, Heft 1. Bern: Hans Huber Verlag.

- Riedl, R. & Wuketits, F.M. (1987). *Die Evolutionäre Erkenntnistheorie*. Berlin-Hamburg: Paul Parey Verlag.
- Salmon, W.C. (1998). *Causality and Explanation*. Oxford: University Press.
- Schmidt, J. (1989). *Aufklärung und Gegenklärung in der europäischen Literatur, Philosophie und Politik von der Antike bis zur Gegenwart*. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft.
- Sellars, W. (1963). *Science, perception and reality*. London: Routledge & Kegan Paul.
- Stegmüller, W. (1983). Erklärung Begründung Kausalität. In: *Probleme und Resultate der Wissenschaftstheorie und Analytischen Philosophie*, Band I. Berlin: Springer Verlag.
- Thüring, M. (1991). *Probabilistisches Denken in kausalen Modellen*. Weinheim: Psychologie Verlag.
- Vollmer, G. (1975). *Evolutionäre Erkenntnistheorie*. Stuttgart: S. Hirzel Verlag.
- Walter, H. (1999). *Neurophilosophie der Willensfreiheit: Von libertarischen Illusionen zum Konzept natürlicher Autonomie*, 2. unveränderte Auflage Paderborn: Mentis Verlag.
- Wuketits, F.M. (1981). *Biologie und Kausalität*. Berlin-Hamburg: Paul Parey Verlag.