

Ortwin Renn

Kausalität aus der Perspektive der technischen Wissenschaften

Einleitung

Unter dem Begriff der Kausalität soll hier eine Beziehung zwischen einem Phänomen A und einem Phänomen B verstanden werden, wobei A als notwendige (und hinreichende) Bedingung für das Auftreten von B verstanden wird. Diese klassische Auffassung von Kausalität orientiert sich an dem Alltags-Verständnis von Ursache-Wirkung, wie es in nahezu allen sprachlichen Systemen der Welt in Form von „wenn – dann“ oder weil – deshalb“ Aussagen zum Ausdruck kommt. Die Annahme von Kausalität ist ein universelles Merkmal nahezu aller untersuchten Sprach- und Denkkulturen der Welt.

Für eine nähere Bedeutungsanalyse von Kausalität ist eine Reihe von unterschiedlichen Konzepten zu differenzieren:

- Aristoteles führte vier verschiedene Arten von „Ursachen“ (*aitiai*) auf:
 - *causa materialis*: die Materialursache
 - *causa formalis*: die Formursache
 - *causa efficiens*: die Wirkursache
 - *causa finalis*: die Zweckursache
- *Naturgesetzmäßigkeit versus und Handlungsintention* (strukturell versus intentional): Grundsätzlich kann man unterscheiden in intentional (Absicht als Grund: Ich gehe ins Bett, weil ich müde bin) und strukturell (hier ist die Kausalität in dem Phänomen selbst angelegt: Ich bin müde, weil ich eine Schlaftablette mit dem Wirkstoff X eingenommen habe).
- *Ontologisch versus konstruktivistisch*: Im ersten Fall wird angenommen, dass die kausale Beziehung im Phänomen selbst angelegt ist, im zweiten Fall wird dagegen postuliert, dass es sich um eine mentale Zuschreibung von Wissens-elementen in eine kausale Ordnung handelt.
- *Deterministisch versus probabilistisch*: Im ersten Fall wird angenommen, dass die kausale Beziehung eineindeutig ist, im zweiten Falle gibt es zwischen der Ursache und der

Wirkung andere Einflussnehmende Faktoren, die entweder prinzipiell oder aus mangelndem Wissen nicht erkannt werden.

Auf die beiden letzten Aspekte soll in den folgenden Kapiteln näher eingegangen werden. Dabei stehen folgende Fragen im Vordergrund des Interesses:

- Sind kausale Strukturen in der Natur der Phänomene selbst angelegt oder sind sie kulturelle Zuschreibungen (mental constructs)?
- Können wir kausale Strukturen empirisch messen oder sind es nicht verifizierbare Axiome unseres a priori-Denkens oder eine Kombination von beidem?
- Sind kausale Strukturen deterministisch oder probabilistisch oder beides?
- Sind kausale Strukturen intentional mit dem Willen verknüpft oder in der Natur selbst als Prinzip angelegt?

Das ontologische Konzept der Kausalität

Nach diesem Konzept ist die Natur selbst kausal angelegt. Ob Menschen dies erkennen oder nicht, spielt dabei keine Rolle. Dieses Konzept beruht auf einer Reihe von Annahmen:

- Alle Phänomene haben eine Ursache oder mehrere Ursachen.
- Kausale Strukturen sind determiniert.
- Beobachtungen von Regelmäßigkeiten geben Hinweise auf Kausalität.
- Kausale Beziehungen können durch Experimente zumindest vorläufig verifiziert werden: Als Ausgangspunkt gilt das Hempel-Oppenheim Schema der deduktiven Ableitung, wobei neben einem allgemeinen Gesetz (a führt zu b) eine empirische Randbedingung (a liegt vor) erfüllt sein muss.
- Das Konzept differenziert zwischen notwendigen und hinreichenden Bedingungen: Für das Auftreten eines Phänomens A können mehrere Ursachen in Frage kommen. Dabei gilt es herauszufinden, welche Bedingungen B_1 - B_n für A notwendig sind und welche Bedingungen B_1 - B_n zusätzlich erfüllt sein müssen, damit A immer als Folge von B auftreten wird.

Diese Annahmen sind alle umstritten. Ob alle Phänomene eine Ursache haben oder nicht, lässt sich nicht zweifelsfrei beweisen. Dies könnte man als ein Axiom aus der unmittelbaren Lebenserfahrung ableiten, aber die Frage, ob die Welt kausal aufgebaut ist, bleibt eine Anschauungssache. Auch unter methodologische Aspekten ist es klar, dass selbst das ideale Experiment Kausalität nicht nachweisen kann, denn jeder Versuch in

Zeit und Ort bleibt einzigartig, selbst wenn man versucht, alle Bedingungen zu kontrollieren und die geltenden Kontextvariablen zwischen experimentellem Design und Kontroll-design konstant zu halten. Ebenso führt die Annahme von notwendigen und hinreichenden Bedingungen zu einer Einteilung nach Wissensbeständen, die in dieser Form mit der objektiven Realität nicht übereinstimmen muss. Vor allem ist die Frage, wie man aufgrund von Datenanalyse auf der Basis zeitlicher Folgen, statistischer Korrelationen oder experimenteller Versuchsanordnungen (mit Stimulus und ohne Stimulus) auf kausale Beziehungen rückschließen kann, ohne Deutungszuschreibungen schwer vorstellbar.

Das konstruktivistische Konzept der Kausalität

In diesem Konzept ist Kausalität ein mentales Hilfsmittel der Vernunft: Es ist die Bedingung für Erfahrung (Hume), aber nicht ihre Voraussetzung. Die menschliche Vernunft hat das Prinzip der Kausalität eingeführt, um die Phänomene der Welt in eine Ordnung zu bringen. Ob diese Ordnung der inneren Struktur der Phänomene entspricht, ist dabei nicht objektiv zu klären. Auch dieses Konzept beruht auf einer Reihe von Annahmen:

- Kausalität ist eine mentale Leistung der Vernunft zur Ordnung von Phänomenen im Zeitablauf.
- Kausale Strukturen sind Modelle, die Komplexität reduzieren und auf kulturellen und sozialen Selektionsformen beruhen.
- Beobachtungen sind subjektiv, aber es gibt die Möglichkeit intersubjektiver Übereinstimmung, die aber nicht den Grad der Objektivität, sondern den Grad der Plausibilität messen.
- Eine empirische Verifikation von kausalen Beziehungsmustern ist innerhalb eines spezifischen intersubjektiven Kontextes (Vereinbarungen innerhalb der jeweiligen Community) möglich, aber es gibt keine universelle Gültigkeit außerhalb dieser Community.

Diese Annahmen sind ebenso umstritten wie die Annahmen des ontologischen Konzepts. Im Vordergrund steht die Kritik am Relativismus: Wenn alle analytischen Sätze nur mentale Zuschreibungen sind, dann gibt es letztlich auch keine sinnvolle Qualitätskontrolle für Wahrheit. Dies führt zur Beliebigkeit. Auch kommt es hier zum Problem des infiniten Rückgriffs auf das Subjektive. Es gibt keine Abschlussfähigkeit mehr zwischen den Wahrheitsansprüchen der unterschiedlichen Communities; die Realität wird von inkompatiblen Realitätsbildern überschattet.

Innerhalb des konstruktivistischen Lagers gibt es eine Reihe von Schattierungen. Die moderate Schule des Konstruktivismus geht davon aus, dass es zumindest eine isomorphe Beziehung zwischen kausalem Wissen und Phänomen gibt; die radikal konstruktivistische Schule sieht jedoch in jedem analytischen Ansatz eine mentale Konstruktion, die unabhängig von der realen Welt existiert. Dazu ein Zitat des Soziologen Niklas Luhmann. „Als Medium ist Kausalität die bloße Möglichkeit einer Zurechnung von Wirkungen auf Ursachen. Als Form ist Kausalität vollzogene Zurechnung, die von Situationen, aber auch von Auswahlgepflogenheiten des Beobachters abhängt“ (Kausalität im Süden. In: Soziale Systeme 1 [1995] H. 1, S. 7–28).

Deterministisches versus probabilistisches Konzept

Beim deterministischen Konzept wird angenommen, dass jedes beobachtbare Phänomen durch eine und nur eine Kombination von Ursachen „erklärt“ werden kann. Im Umkehrschluss heißt das auch: Jede Ursache oder Ursachenkombination führt zu einer bestimmten Folge.

Bei dem probabilistischen Konzept werden eine Ursache oder eine Ursachenkombination nicht mehr einer bestimmten Folge gänzlich zugeordnet, sondern nur im Ausmaß oder im Grad der Auswirkungen dieser Folge. Mathematisch gesehen verändert das Auftreten der Ursache die Wahrscheinlichkeit des Auftretens des zu erklärenden Phänomens, ohne dieses zu determinieren. Man spricht hier auch von Kausalbeziehungen unter Unsicherheit. Es gibt eine Reihe von wissenschaftlichen Ansätzen, um Folgen von Handlungen oder Ereignissen unter der Bedingung der Unsicherheit vorherbestimmen zu können. Dazu müssen einerseits Ursache-Wirkungs-Beziehungen in ihrer Grundrichtung bekannt und andererseits mögliche Verteilungsmuster über Zeit oder über Individuen statistisch abschätzbar sein. Kausalität unter Unsicherheiten ist die systematische Kombination von Wissen und Zufall. Mit Hilfe der induktiven Statistik können Streuungen von Folgen zuverlässiger als auf der Basis reiner Intuition prognostiziert werden. Bei allem Fortschritt in der Modellierung von Konsequenzen und Wahrscheinlichkeiten verbleiben aber viele Unsicherheiten, die mit mangelndem Wissen, undeutlichen Systembegrenzungen, Extrapolationsfehlern u. a. m. verbunden sind. Zudem können wissenschaftlich errechnete Kausalbeziehungen nur Durchschnittswerte über (theoretisch unendlich) lange Zeiträume widerspiegeln. Ebenso können durch Nicht-linearitäten vor allem bei Phasenübergängen chaotische Wirkmuster auftreten, die einer Prognose nicht oder nur teilweise zugänglich sind.

Probabilistische Phänomene können gedanklich auf folgende Ursachen zurückgeführt werden:

- Unzureichendes Wissen (Determinismus bleibt als Grundschema erhalten).
- Unerreichbares Wissen (Modell des Determinismus bleibt als Ideal bestehen, kann aber nach menschlichem Ermessen auch bei zusätzlichem Wissen nie erreicht werden).
- Genuine stochastische Prozesse (ein Determinismus liegt auch in der Struktur der Phänomene nicht vor).

In den technischen Wissenschaften spielen probabilistische Konzepte eine immer bedeutsamere Rolle. Sie werden sowohl im Rahmen der Erkennung von Ursache-Wirkungs-Beziehungen (etwa durch die Anwendung der induktiven Statistik) wie auch im Rahmen der konstruktiven Auslegung von Technik (etwa bei Gebäuden, Kernkraftwerken, Chemieanlagen) angewandt.

Ein funktionales Konzept der Kausalität

Aus der Diskussion der verschiedenen Ansätze dürfte deutlich geworden sein, dass kein Ansatz erkenntnistheoretisch voll überzeugen kann und man am besten auf eine pragmatische Form der Kausalität zurückgreifen sollte. Für die technischen Wissenschaften könnte dies der funktionale Ansatz sein, wie er von einer Reihe von Philosophen (etwa Janisch) vertreten wird. Dieser funktionale Ansatz beruht auf folgender Vorgehensweise:

- Es gibt eine kulturelle Festlegung von Zielen oder Bedürfnissen, die nicht durch die Phänomene selbst, sondern durch Wünsche und Präferenzen von Menschen vorgegeben sind. Diese Wünsche sind mentale Konstrukte (etwa der Wunsch, schnell und bequem lange Strecken zurücklegen zu können).
- Im Rahmen der technischen Wissenschaften werden Interventionen in die Realität vorgenommen mit dem Ziel, die Wünsche und Präferenzen wunschgerecht (effektiv) und mittelsparend (effizient) erreichen zu können (etwa die Konstruktion von Fahrrädern, eines Perpetuum mobile oder einem Wachsflügel).
- Diese Interventionen werden im empirische Versuch oder durch theoretische Simulation getestet d. h. der Zeilerfüllungsgrad wird gemessen. Wird das Ziel überhaupt nicht erreicht (Beispiel Perpetuum mobile) wird Kausalität nicht angenommen; wird das Ziel vollständig erreicht, wird eine deterministische Kausalität unterstellt; wird es teilweise oder zu einem gewissen Grad erreicht, eine probabilistische Kausalität.

Dieses Konzept beruht auf einer Reihe von Annahmen:

- Kausalität ist der Gradmesser der Erfolgskontrolle von Interventionen durch menschliche Handlungen.
- Kausale Strukturen sind Modelle, die intersubjektive Erfahrungen über die Beziehungen zwischen Interventionen und deren Wirkungen zusammenfassen.
- Ziele sind subjektiv, aber die Möglichkeit der Erfolgskontrolle ist intersubjektiv überprüfbar.
- Eine empirische Verifikation im Rahmen der Zielvorstellung ist möglich und kann auch unter den gegebenen Kontextbedingungen (universelle) Gültigkeit beanspruchen.

Das funktionale Konzept vermeidet sowohl den naiven Naturalismus des ontologischen Konzeptes wie auch den ausufernden Relativismus des konstruktivistischen Konzeptes. Es handelt sich dabei um ein mediatives Konzept. Technik ist die Verbindung zwischen einem intentionalen mentalen Konstrukt (etwa fliegen zu wollen) und der Umsetzung dieses Konstruktes mit Hilfe von Beobachtung und Experiment (real oder simuliert) an der Realität (Wachsflügel sind problematisch und extrem riskant, breite Tragflächen mit geringem Gewicht und großer Oberfläche sind dagegen funktional für den Zweck eines risikoarmen Fluges). Kausalität ist also nur in Verbindung mit einer Zwecksetzung und einer Intervention definiert.

Natürlich hat auch dieses Konzept auch eine Reihe von Problemen:

- Die Anschlussfähigkeit an andere Kausalitätsprinzipien ist begrenzt.
- Die Frage der Universalisierbarkeit von Erfolgskriterien ist zum Teil kulturabhängig.
- Der Grad der Wirksamkeit von Interventionen hängt von kulturellen Definitionen von „Erfolg“ ab (Selbsttäuschung, sich selbst-erfüllende Prophezeiung, etc.).
- Das Problem der Unterscheidbarkeit zwischen Korrelation und Kausalität bleibt erhalten, wird aber abgeschwächt.

Zusammenfassung

Kausalität ist ein integraler Bestandteil unseres Denkens und unserer Sprache, der tief in der Lebenswelt verankert ist. Dennoch liegt ein universell akzeptiertes Konzept der Kausalität nicht vor. Intentionale, ontologische, konstruktivistische, deterministische und probabilistische Konzepte stehen teils in Ergänzung teils in Konkurrenz zueinander. Grundsätzlich kann Kausalität eine Eigenschaft von Phänomenen unabhängig vom Erkennen des Menschen sein; dagegen steht der konstruktivistische Ansatz, der Kausalität als ein Instrument des Wissens, der Zuordnung von Phänomene durch den menschlichen Geist ansieht.

Beide Ansätze haben ihre Plausibilität, aber auch Probleme ihrer Verallgemeinerungsfähigkeit. Dazu kommt das Problem der Eindeutigkeit der Zuordnung: mehr und mehr scheint unser Wissen durch Wahrscheinlichkeitsaussagen bestimmt. Zwischen Ursache und Folgen stehen komplexe Wirkungsketten, die entweder grundsätzlich oder durch die Begrenzungen unseres Wissens eine eindeutige Zuordnung von Ursache und Wirkung nicht zulassen.

Für die technischen Wissenschaften erscheint eine pragmatische Vorgehensweise in der Frage der Kausalität angebrachter. Anstatt Aussagen über die Natur zu machen, werden kausale Aussagen verstanden als Aussagen über die Wirksamkeit von Interventionen in die Natur. Wirksamkeit misst sich dabei an dem Grad der Zielerreichung vorher bestimmter Zwecke. Dazu passt ein Zitat des Psychoanalytikers C. G. Jung: „Wirksam ist, was wirkt. Das müssen diejenigen, die immer nach der objektiven Wahrheit rufen, schmerzhaft erfahren“.

