

EINLEITUNG

1 ZIELSETZUNG UND AUFBAU

Kausale Prozesse bestimmen unseren Alltag in jeder Hinsicht und sind zentraler Untersuchungsgegenstand einer Vielzahl wissenschaftlicher Disziplinen. Wenn ein Arzt einen Kranken behandelt, bekämpft er die Ursachen von dessen Krankheit. Ein Polizist, der die Verantwortlichen eines Verkehrsunfalles ermittelt, sucht nach den Unfallursachen. Einem Chemiker gelingt es nur, den Knall in seinem Reagenzglas zu erklären, wenn er weiss, welche kausalen Prozesse die betreffende chemische Reaktion hervorgerufen haben. Der Umgang mit kausalen Zusammenhängen und das Bilden von Kausalhypothesen gehören zu den fundamentalsten menschlichen Tätigkeiten.

Wer aufs Gaspedal drückt, um den Wagen in Bewegung zu setzen, denkt zwar im Normalfall nicht daran, dass das Resultat seiner Fussbewegung die Wirkung eines komplexen kausalen Prozesses ist, wäre bei einer entsprechenden Nachfrage jedoch durchaus in der Lage, das Laufen des Automotors und die Übertragung des Bewegungsimpulses auf die Räder als kausale Vorgänge auszuweisen. Dagegen könnte sie oder er wohl kaum angeben, was genau ein kausaler Prozess ist und wodurch sich ein solcher Prozess von anderen Vorgängen in der Welt unterscheidet. Wer einige Male die Erfahrung gemacht hat, dass sich die Lifttüre schliesst, wenn man einen bestimmten Knopf drückt, der wird ohne weiteres schlussfolgern, dass der Knopf den Schliessmechanismus der Türe in Gang setzt und man also erwarten kann, dass sich die Türe unter normalen Umständen nach Betätigung des fraglichen Knopfes schliessen wird. Das heisst, man zieht einen kausalen Schluss. Die betreffende Person könnte indessen schwerlich Regeln benennen, die kausalem Schliessen zugrunde liegen und einen kausalen Schluss rechtfertigen. Und trotzdem sind die Befunde, beim Laufen des Motors handle es sich um einen kausalen Prozess bzw. der Knopfdruck sei die Ursache des Schliessens der Türe, korrekt.

Eine ähnliche Diskrepanz zwischen praktischem Umgang mit der Kausalrelation und deren theoretischem Verständnis lässt sich im Bereich der Wissenschaft beobachten. Für die moderne Naturwissenschaft und Medizin ist das Experiment die hauptsächliche Erfahrungsquelle. Das meiste naturwissenschaftliche Wissen stützt sich auf experimentelle Ergebnisse. Doch trotz dieser zentralen Bedeutung können Naturwissenschaftler oft nicht angeben, welche methodischen Regeln die Sicherheit experimentell gewonnener Kausaldiagnosen begründen.

Man ist also in alltäglichen oder naturwissenschaftlichen Kontexten vielfach mühelos imstande, kausale Prozesse als solche zu erkennen und angesichts bestimmter Wirkungen zutreffend auf deren Ursachen zu schliessen. Dies gelingt jedoch im Normalfall ohne Wissen darum, wodurch sich Ursachen und Wirkungen auszeichnen oder welche Regeln die Bildung von Kausalhypothesen anleiten.

Die vorliegende Einführung in die Kausalitätsthematik beabsichtigt, diese beiden Fragen zu beantworten. Insofern verfolgt sie eine doppelte Zielsetzung. Zunächst soll geklärt werden, welche Merkmale einen kausalen Prozess als solchen kennzeichnen und wie sich kausale von nicht-kausalen Vorgängen unterscheiden. Anschliessend werden wir uns den Techniken kausalen Schliessens zuwenden und die Bedingungen untersuchen, unter denen ein kausaler Schluss zulässig und damit korrekt ist, so dass wir am Ende ein Regelwerk zur Verfügung haben, das kausales Schliessen anleitet und rechtfertigt.

Entlang seiner doppelten Zielsetzung gliedert sich dieses Buch in zwei Teile. Die ersten 7 Kapitel beantworten die Frage, was es heisst, von Ursachen und Wirkungen zu sprechen, vermitteln dem Leser die Grundlagen verschiedener theoretischer Ansätze zur Analyse kausaler Strukturen und unterziehen diese Ansätze anschliessend einer eingehenden Prüfung. Die zweite Hälfte des Buches beschäftigt sich mit dem kausalen Schliessen; sie untersucht insbesondere die Frage, wie man Experimente zur Gewinnung kausal interpretierbarer Daten anlegt und auswertet.

2 KAUSALITÄT IM ALLTAG

Die Beschäftigung mit Ursachen und Wirkungen ist nicht – wie man vielleicht zunächst meinen könnte – den naturwissenschaftlichen Disziplinen vorbehalten. Auch im Rahmen der Bewältigung alltäglichster Probleme spielt Kausalität eine, wenn nicht sogar *die* entscheidende Rolle. Beim Öffnen des Fensters, um unsere Wohnung mit frischer Luft zu versorgen, beim Einschalten der Heizung, um die Zimmertemperatur zu regulieren, oder beim Bedienen des Herdes, um uns eine Mahlzeit zu kochen, stützen wir uns – mehr oder weniger bewusst – auf kausales Wissen. Wir setzen voraus, dass die Prozesse in der Welt um uns herum nach bestimmten Regelmässigkeiten oder Gesetzen ablaufen, welche uns mit geeigneten Handlungen die gewünschten Wirkungen erzielen lassen.

Unser Vertrauen auf die menschliche Fähigkeit, handelnd direkten Einfluss auf unsere Umwelt zu nehmen, gründet auf der Vorstellung, dass gewisse Ereignisse andere hervorzubringen in der Lage sind. Erstere Ereignisse nennen wir *Ursachen*, letztere *Wirkungen*. Gelingt es uns, für das Auftreten einer Ursache zu sorgen, können wir uns des Stattfindens der zugehörigen Wirkung sicher sein. Gleiche Ursachen haben stets gleiche Wirkungen.

Die Begriffe „Ursache“ und „Wirkung“ teilen die Menge aller sich in der Welt zutragender Vorgänge nicht strikt in zwei Klassen ein. Ein Ereignis ist nicht Ursache oder Wirkung schlechthin. Eine Art von Ereignis, die im Verlauf des einen Prozesses als Ursache figuriert, kann im Rahmen eines anderen Vorganges auch als Wirkung auftreten. Das Einschlagen eines Blitzes im Heustall ist Wirkung elektrostatischer Prozesse in der Atmosphäre und Ursache des anschliessenden Feuers im Heu gleichermassen.

Ursachen und Wirkungen sind in aller Regel zu Ketten verhängt. Mit Ausnahme des ersten und letzten ist jedes Glied einer solchen Kausalkette Wirkung seines Vorgängers und Ursache seines Nachfolgers. Die Verkettung von Ursachen und Wirkungen ist von ausserordentlich grosser erkenntnistheoretischer und praktischer Bedeutung. Sie erlaubt beispielsweise unter gewissen – in Kapitel IX präzisierten – Bedingungen einen Schluss vom Eintreten eines Vorganges auf das vorangegangene Stattfinden von dessen weit zurückliegender Ursache(n). Gegebenenfalls gelingt es derart, die Entstehungsgeschichte gegenwärtiger Geschehnisse bis weit in deren Vergangenheit zurück zu rekonstruieren. Komplexe Ereignisse wie Unfälle, Erdbeben oder Waldbrände sind stets das Resultat langer Verkettungen von Ursachen und Wirkungen. Eine Erklärung des Zustandekommens solcher komplexer Begebenheiten erfordert dementsprechend ein weites Zurückverfolgen von Kausalketten.

Der Umstand, dass Ursachen und Wirkungen Ketten bilden, spielt nicht nur eine zentrale Rolle beim Erklären komplexer Vorgänge, sondern insbesondere auch bei der Prognose zukünftiger Ereignisse. Der Bauer düngt seine Felder, weil er weiss, dass er dadurch eine Kausalkette in Gang setzt, die über den nährstoffreichen Boden zum Gedeihen seines Saatgutes und weiter zu gutem Verdienst sowie gesunder Ernährung seiner Kinder führt. Das Wissen um Ursache-Wirkungsketten ermöglicht ein zielgerichtetes Handeln und ein frühzeitiges Erkennen von Gefahren.

Im Alltag ist der Umgang mit Kausalzusammenhängen weitgehend automatisiert. Die kausalen Gesetzmässigkeiten, die alltäglichen Prozessen zugrunde liegen, sind uns bekannt. Man vertraut normalerweise blind auf ihr Bestehen und macht sich die kausale Struktur täglich beobachteter Vorgänge nicht jedes Mal von neuem bewusst. Nur in aussergewöhnlichen Situationen werden die kausalen Abhängigkeiten zwischen alltäglichen Vorkommnissen explizit reflektiert und problematisiert. Ein Umfeld, in dem Vorgänge wie Autofahrten, brennende Kerzen oder Kurzschlüsse oft und ausgiebig auf ihre kausale Struktur hin untersucht werden, bildet der Gerichtssaal. Der Verantwortliche für einen Verkehrsunfall oder einen Brand kann nur ermittelt werden, indem man die fraglichen Geschehnisse kausal analysiert, d.h. Ursachen und Wirkungen identifiziert, und sich die Frage stellt, inwieweit der Angeklagte an der Hervorbringung der Ursache absichtlich oder unabsichtlich beteiligt gewesen sei. Solche kausalen Abhängigkeiten sind keineswegs immer einfach und eindeutig zu ermitteln. Inwiefern etwa ist das Versäumnis

von McDonald's, Kaffeebecher mit „Vorsicht: heiss!“ zu beschriften, kausal dafür verantwortlich, dass sich eine alte Dame mit einem McDonald's-Kaffee den Arm verbrennt? Oder angenommen, ein Autofahrer ohne Führerschein rase an einer Kreuzung ins Heck des von rechts kommenden Wagens. Ist der Umstand, dass der säumige Fahrer keinen Führerschein besitzt, ursächlich am Unfall mitbeteiligt oder nicht? Oder was ist, wenn der betreffende Autofahrer eine Weile vor dem Eintreffen bei der Kreuzung längere Zeit mit übersetzter Geschwindigkeit gefahren, zum Zeitpunkt des Unfalles jedoch mit angemessenem Tempo unterwegs gewesen ist? Wäre er jederzeit mit erlaubter Geschwindigkeit gefahren, hätte er den nachmaligen Unfallort später und damit nach der Passage des anderen Wagens erreicht – es wäre mithin nicht zum Unfall gekommen. Ist also das Fahren mit übersetzter Geschwindigkeit lange vor der Kreuzung (Mit-)Ursache des Unfalles oder nicht?¹

Gerichtsakten sind voll von Fallbeispielen, welche die bisweilen schwierige Ermittlung von Ursachen und Wirkungen auch im Alltagskontext demonstrieren. Als besonders anschauliches Beispiel sei etwa der 1932 vor einem Gericht im amerikanischen Staat New Hampshire verhandelte Fall *Dillon v. Twin State Gas & Electric Company*² erwähnt: Die Hinterbliebenen eines tödlich verunglückten Knaben klagten gegen den örtlichen Gas- und Stromversorger. Sie warfen diesem vor, er habe die an einer hohen Brücke befestigten elektrischen Leitungen nicht sachgemäss gewartet. Der Knabe hatte auf besagter Brücke gespielt, dabei das Gleichgewicht verloren und war in die Tiefe gestürzt. Während seines Falles hatte der Unglückliche instinktiv nach der elektrischen Leitung gegriffen, um sich daran festzuhalten. Er erlitt einen tödlichen Stromschlag.

Was war die Ursache dieses tragischen Todes? Hätte das Opfer keinen Stromstoss erlitten, wäre es trotzdem gestorben, und am tragischen Fall des Knaben war die gefährliche Elektrizitätsleitung in keiner Weise kausal beteiligt. Andererseits wurde im Verlauf der Gerichtsverhandlung die nachlässige Wartung der Leitung an der Brücke bestätigt und der Tod des Verunglückten nachweislich auf den Stromstoss zurückgeführt. Das Gericht sprach dem Stromversorger schliesslich die Schuld am Tod des Opfers zu. Weil aber der Verunglückte ohnehin gestorben wäre, wurde die Elektrizitätsgesellschaft nicht zu einer Entschädigungszahlung verurteilt.

1899 behandelte ein kalifornisches Gericht den Fall *People v. Lewis*.³ Ein Mann hatte seinen Schwager nach einem heftigen Streit in den Unterleib geschossen und ihm dabei eine todbringende Wunde zugefügt. Das Opfer sah seine Kräfte rasch schwinden und registrierte die Ausweglosigkeit der Situation. Er erstach sich darauf mit einem Messer, während er an der Schusswunde verblutete. War hier der Schuss, der Messerstich oder beides zusammen Ursache des Todes? Obwohl das

¹Vgl. Hart und Honoré (1985 (1959)), S. 120. Dieses Buch bietet eine Fülle von exemplarischen Gerichtsfällen, an denen die kausale Struktur alltäglicher Vorkommnisse deutlich wird.

²Vgl. Hart und Honoré (1985 (1959)), S. 242-243.

³Vgl. Hart und Honoré (1985 (1959)), S. 243-244.

Gericht letztlich nicht mehr zweifelsfrei eruieren konnte, ob der Messerstich auf die Schusswunde zurückzuführen und damit letztere die entscheidende Todesursache war oder nicht, erkannte es den Angeklagten des Todschlages für schuldig.

Diese Beispiele aus dem Gerichtssaal sollen in erster Linie vor Augen führen, dass kausale Fragen, obwohl sie in unserem Alltag allgegenwärtig sind und wir in ihrer Beantwortung entsprechend geübt sind, keineswegs immer auf den ersten Blick beantwortet werden können. Es wird sich deshalb gerade auch für den Alltag als durchaus lohnend erweisen, das Verhältnis von Ursache und Wirkung einmal grundsätzlich zu reflektieren und das Diagnostizieren von Kausalzusammenhängen zu systematisieren.

3 KAUSALITÄT IN DER WISSENSCHAFT

Im Unterschied zu unserem alltäglichen Umgang mit dem Ursache-Wirkungsverhältnis beschäftigen sich die Wissenschaften oft mit vormals unbekannten Kausalzusammenhängen. Die Neuentdeckung von Ursachen gehört zum Kerngeschäft vieler wissenschaftlicher Fachrichtungen. Das Diagnostizieren von Ursachen wird deshalb im Rahmen der Naturwissenschaften anders als normalerweise im Alltag bewusst reflektiert.

Denn das wissenschaftliche Denken verlangt nun einmal nach Kausalität, insofern ist wissenschaftliches Denken gleichbedeutend mit kausalem Denken, und das letzte Ziel einer jeden Wissenschaft besteht in der vollständigen Durchführung der kausalen Betrachtungsweise.⁴

Der deutsche Physiker Max Planck vertritt in diesem Zitat die weit reichende These der Identität von wissenschaftlichem und kausalem Denken. Wie er hat etwa auch Albert Einstein die herausragende Bedeutung kausaler Fragestellungen für die wissenschaftliche Tätigkeit stets betont.⁵ Doch selbst Wissenschaftler, die Plancks Überzeugung von der Identität wissenschaftlichen und kausalen Denkens nicht teilen (oder teilen), räumen (und räumen) kausalen Analysen eine zentrale Stellung im Rahmen wissenschaftlicher Untersuchungen ein. So schreibt beispielsweise der dänische Physiker Niels Bohr:

The causal mode of description has deep roots in the conscious endeavours to utilize experience for the practical adjustment to our environments, and is in this way inherently incorporated in common language. By the guidance which analysis in terms of cause and effect has offered in many fields of human knowledge, the principle of causality has even come to stand as the ideal for scientific explanation.⁶

Die grosse Bedeutung kausaler Analysen für den Kontext wissenschaftlicher Untersuchungen hat jedoch weder zur Folge, dass sämtliche Naturwissenschaftler

⁴Planck (1934), S. 119.

⁵Vgl. Einstein (1960 (1934)) oder Einstein, Podolsky und Rosen (1935).

⁶Bohr (1948), S. 312, auch Bohr (1998), S. 141.

prinzipielle Überlegungen dazu anstellen, was ein kausaler Prozess ist, noch, dass die kausalen Schlüsse eines Naturwissenschaftlers immer aufgrund klar formulierter Regeln erfolgen.

Vielfach bleibt die Bezugnahme auf kausale Prozesse und Abhängigkeiten in wissenschaftlichen Publikationen ähnlich implizit wie in der Alltagssprache. Ein kurzer Blick in einschlägige Zeitschriften, die über die neuesten wissenschaftlichen Erkenntnisse und Forschungsergebnisse informieren, bestätigt diesen Befund. Die beiden folgenden Auszüge aus kürzlich in zwei der renommiertesten naturwissenschaftlichen Zeitschriften – *Nature* und *Science* – erschienenen Artikel sollen dies verdeutlichen.

Scale dependence of bubble creation mechanisms in breaking waves

Breaking ocean waves entrain air bubbles that enhance air-sea gas flux, produce aerosols, generate ambient noise and scavenge biological surfactants. The size distribution of the entrained bubbles is the most important factor in controlling these processes, but little is known about bubble properties and formation mechanisms inside whitecaps. We have measured bubble size distributions inside breaking waves in the laboratory and in the open ocean, and provide a quantitative description of bubble formation mechanisms in the laboratory. We find two distinct mechanisms controlling the size distribution, depending on bubble size. For bubbles larger than about 1 mm, turbulent fragmentation determines bubble size distribution (...). Smaller bubbles are created by jet and drop impact on the wave face (...). Our results will have important implications for the study of air-sea gas transfer.⁷

Pregnancy-stimulated neurogenesis in the adult female forebrain mediated by prolactin

Neurogenesis occurs in the olfactory system of the adult brain throughout life, in both invertebrates and vertebrates, but its physiological regulation is not understood. We show that the production of neuronal progenitors is stimulated in the forebrain subventricular zone of female mice during pregnancy and that this effect is mediated by the hormone prolactin. The progenitors then migrate to produce new olfactory interneurons, a process likely to be important for maternal behavior, because olfactory discrimination is critical for recognition and rearing of offspring. Neurogenesis occurs even in females that mate with sterile males. These findings imply that forebrain olfactory neurogenesis may contribute to adaptive behaviors in mating and pregnancy.⁸

Diese beiden Auszüge aus wissenschaftlichen Publikationen beschreiben komplexe kausale Prozesse. Der erste Artikel behandelt die Faktoren, die kausal für die

⁷Deane und Stokes (2002), S. 839.

⁸Shingo et al. (2003), S. 117.

Grösse von Luftbläschen im Innern von Wellen an der Meeresoberfläche verantwortlich sind, der zweite beschäftigt sich mit dem kausalen Einfluss des Hormons Prolaktin auf die Bildung von Nervenzellen im Geruchszentrum des Hirns weiblicher Tiere. Zudem werden beide dieser an sich schon komplexen Kausalzusammenhänge in den zwei Artikeln weiter eingebettet in umfassendere Netze kausaler Abhängigkeiten – die Luftbläschen haben kausalen Einfluss auf den Gasaustausch zwischen Meereswasser und Luft sowie auf die Produktion von Aerosolen, die Nervenzellen im Geruchszentrum des Hirns weiblicher Tiere beeinflussen kausal das Verhalten der Tiere bei der Paarung und während der Schwangerschaft. Doch trotz weitgehend kausaler Inhalte kommen beide Darstellungen ohne explizite Verwendung kausaler Termini wie „Ursache“ oder „Wirkung“ aus. Die kausalen Bedeutungskomponenten verstecken sich durchwegs in Verben wie „entraîner“, „générer“, „contrôler“, „stimuler“ oder „médiater“, um nur einige Beispiele herauszugreifen.

Auch wissenschaftliche Resultate werden also bisweilen in einer Form und Sprache kommuniziert, die Ursachen und Wirkungen nicht beim Namen nennt. Vielfach bereitet uns diese implizite kausale Redeweise keine wirklichen Verständnisschwierigkeiten. Wir sind mit diesem Sprachgebrauch aus dem Alltag vertraut. Trotzdem aber kommt es vor, dass die in wissenschaftlichen Nachrichten vermeintlich beschriebenen Kausalzusammenhänge gerade wegen impliziter kausaler Redeweise nicht in der erforderlichen Schärfe zur Darstellung kommen. Die folgende erste Übung bietet deshalb die Gelegenheit, wissenschaftliche Kurznachrichten, die kausale Abhängigkeiten ohne Verwendung explizit kausaler Termini beschreiben, auf die darin skizzierten kausalen Strukturen hin zu analysieren.

ÜBUNG: *Wissenschaftliche Kurznachrichten*

4 KAUSALE VS. NICHT-KAUSALE PROZESSE

Trotz unseres täglichen Umgangs und einer dementsprechenden Vertrautheit mit Kausalprozessen und obgleich wir im Normalfall ohne Schwierigkeiten kausale Abhängigkeiten zwischen alltäglichen Ereignissen als solche erkennen, stellt sich im Hinblick auf ein tieferes Verständnis des Ursache-Wirkungsverhältnisses die Frage, was genau eine kausale Relation zwischen zwei Vorgängen ist. Unter welchen Bedingungen stehen zwei Ereignisse in einem kausalen Abhängigkeitsverhältnis zueinander? Will man wirklich verstehen, was Kausalität ist, und das Ursache-Wirkungsverhältnis einer philosophischen Analyse zuführen, kommt man nicht umhin, über unsere Fähigkeit intuitiven Erkennens kausaler Vorgänge hinaus nach einem oder mehreren Charakteristika zu suchen, die Kausalprozesse als solche auszeichnen. Weshalb betrachten wir beispielsweise die Tiefdruckzone als Ursache der nachfolgenden Schlechtwetterperiode und nicht den gemeinsam mit dem Aufzug

des Tiefs sinkenden Barometerzeiger? Die Kenntnis der Bedingungen, unter denen ein Ereignis Ursache eines anderen ist, wird zum einen aufzeigen, wie solche weitem akzeptierten Kausalurteile zustande kommen. Zum anderen wird sie aber auch entscheidend zur Klärung heikler kausaler Fragen beitragen wie etwa derjenigen, ob das Versäumnis, einen Führerschein zu erwerben, Ursache eines Unfalls sei oder nicht. Gesucht ist demnach ein Kriterium, das es erlaubt, Ereignisfolgen in kausale und nicht-kausale zu scheiden.

Aristoteles schlug als ein Kriterium, das zwischen kausalen und nicht-kausalen Vorgängen unterscheidet, das Merkmal des Hervorbringens vor. Er nannte

(...) Ursache dasjenige, wovon her die Veränderung oder die Ruhe ihren ersten Anfang nimmt; so ist z.B. (...) der Vater Ursache des Kindes, und überhaupt das Hervorbringende Ursache des Hervorgebrachten, das Verändernde Ursache des Veränderten.⁹

Intuitiv wird man wohl auch heute zunächst ein ähnliches Unterscheidungskriterium vorschlagen wollen. Danach wären Ursachen einfach solche Ereignisse, die andere hervorbringen, kausale Prozesse demzufolge Vorgänge, in deren Verlauf ein Ereignis durch ein anderes hervorgerufen wird. Vielleicht wird man noch anfügen, zwischen Ursachen und Wirkungen finde eine Art von Kraft- oder Energieübertragung statt, während dies für sämtliche nicht-kausalen Ereignisfolgen nicht gelte. Doch schon beim zweiten Hinsehen wird man feststellen, dass uns die Gleichsetzung von Kausal- und Hervorbringungs- bzw. Energieübertragungsprozessen einem tieferen Verständnis des Kausalverhältnisses keinen Schritt näher bringt.¹⁰ Denn bei Hervorbringungen oder Energieübertragungen handelt es sich um nichts anderes als um spezielle Formen kausaler Phänomene. Um zu wissen, wann ein Ereignis ein anderes hervorbringt, müssen wir immer schon wissen, wann ein Ereignis ein anderes verursacht. Die aristotelische Antwort auf die Frage nach einem Unterscheidungsmerkmal von kausalen und nicht-kausalen Geschehnissen führt mithin in einen definitorischen Zirkel. Ein Kriterium, das als Definition kausaler Termini wie „verursachen“ oder „bewirken“ tauglich sein soll, darf selbst keine kausale Begrifflichkeit voraussetzen. Ungeachtet unserer guten Bekanntschaft mit Kausalprozessen liegen jedoch alternative Merkmale, die kausale von nicht-kausalen Ereignisfolgen scheiden würden, nicht unmittelbar auf der Hand.

Die Suche nach einer nicht-kausalen Eigenschaft, die allen und nur den kausalen Vorgängen zukommt und sie damit von anderen Begebenheiten unterscheidet, ist denn auch die zentrale Problemstellung, um deren Lösung sich sämtliche an Kausalität interessierten Philosophen und Wissenschaftstheoretiker mit mehr oder weniger Erfolg bemühen. Die vorliegende Einführung in die Kausalitätsproblematik wird dieser Schwierigkeit ebenfalls grosse Aufmerksamkeit widmen.

⁹Aristoteles (1989), Buch 5, Kap. 2, 1013a.

¹⁰Vgl. hierzu auch Kapitel VI, Abschnitt 3.

4.1 WAS IST VERURSACHUNG? – DIE WICHTIGSTEN KAUSALTHEORIEN VOR DEM 20. JAHRHUNDERT

Was unter einer Ursache zu verstehen sei, versuchte Galileo Galilei (1564-1642), auf die griffige Formel zu bringen,

(...) dass nur das und nichts anderes Ursache genannt wird, auf dessen Vorhandensein stets die Wirkung folgt, während nach ihrem Verschwinden auch die Wirkung aufhört.¹¹

Man hat es, so Galilei, nur dann mit einem kausalen Prozess zu tun, wenn zwischen zwei Vorgängen eine Abhängigkeit derart bestehe, dass der zweite Vorgang genau dann eintritt, wenn sich zuvor der erste ereignet hat. Diese Definition des Verursachungsbegriffes stützt sich einzig auf den Begriff der Abfolge, des nacheinander Auftretens von Ereignissen. Sie setzt damit, wie oben gefordert, keine kausale Begrifflichkeit voraus und führt nicht in einen Zirkel. Ob sie auch darüber hinaus in angemessener Weise das Ursache-Wirkungsverhältnis charakterisiert, wird im Detail in Kapitel IV untersucht.

Thomas Hobbes (1588-1679), für den das Ermitteln von Ursachen die zentrale Aufgabe der Philosophie schlechthin darstellte,¹² verstand den Begriff der Verursachung im Wesentlichen nach aristotelischem Muster: Ursachen sind Eigenschaften (Akzidenzien), mit deren Hilfe ihre Träger in anderen Eigenschaftsträgern Veränderungen *hervorbringen* können.

Die Ursache für alle Wirkungen liegt daher in bestimmten Akzidenzien [d.h. unwesentlichen Eigenschaften] der wirkenden Dinge und des leidenden, bei deren vollzähliger Anwesenheit die Wirkung hervorgebracht wird; fehlt aber eines, so wird sie nicht hervorgebracht. Das Akzidens des Wirkenden oder auch des Leidenden, *ohne welches* die Wirkung *nicht hervorgebracht werden kann*, heisst Ursache *sine qua non* und *bedingt notwendig* sowie zur Hervorbringung der Wirkung *erforderlich*.¹³

Obwohl eine solche Verursachungsdefinition, wie wir gesehen haben, grundsätzlich nicht befriedigen kann, ging Hobbes in einem Punkt einen entscheidenden Schritt weiter als Galilei. Im Gegensatz zu diesem unterschied er nämlich zwischen Ursachen, auf deren Eintreten die zugehörige Wirkung immer folgt, und Ursachen, die nicht ausnahmslos von der Wirkung gefolgt sind, aber ohne deren Stattfinden die entsprechende Wirkung nicht eintreten kann. Hobbes sah, dass es sich beim

¹¹ Galilei (1890–1909 (1623)), Bd. 6, S. 265. [im Original: „se è vero che quella, e non altra, si debba propriamente stimar causa, la quale posta segue sempre l'effetto, e rimossa si rimuove“.]

¹² Vgl. Hobbes (1966 (1655)), Kap. VI, S. 58ff.

¹³ Hobbes (1997), Kap. IX, Abschnitt 3, S. 127. [im Original: „Causa itaque effectum omnium in certis consistit agentium et patientis accidentibus, quae cum adsint omnia, effectus producitur, si aliquod eorum desit, non producitur. Accidens autem, sive agentis sive patientis *sine quo effectus non potest produci*, vocatur *causa sine qua non* et *necessarium per hypotesin*; et *requisitum* ad effectum producendum“ (vgl. Hobbes (1966 (1655)), S. 127).]

Verhältnis zwischen Ursachen und Wirkungen nicht um eine eins-zu-eins-, sondern um eine viele-zu-eins-Beziehung handelt. Es sind im Normalfall zahlreiche Ursachen, die zusammen auftreten müssen, damit es zur Wirkung kommt. Einen Teil einer komplexen Ursachenverbindung nennt Hobbes „notwendige Ursache“ („*causa sine qua non*“), den gesamten Ursachenkomplex „hinreichende Ursache“.

Auch die englischen Empiristen des 18. Jahrhunderts analysierten Kausalprozesse als eine ganz bestimmte Form von Abfolgeerscheinungen. In einem zentralen Punkt jedoch waren John Locke (1632-1704), George Berkeley (1685-1753) und speziell David Hume (1711-1776) anderer Meinung als Galilei und Hobbes. Als Folge ihrer skeptischen Grundhaltung waren sie der Ansicht, dass kausale Abhängigkeiten nicht direkt den Dingen in der Welt zukommen, sondern diesen vom Menschen zugeschrieben werden, sobald er sie in passender Reihenfolge wahrnimmt. Ein Prozess zeichne sich nicht dadurch als Kausalzusammenhang aus, dass in seinem Verlauf regelmässig aufeinander folgende Ereignisse auftreten, vielmehr sei eine Ereignisfolge erst dann kausal, wenn sie auch vom Menschen beobachtet und mit dem Kausalitätsprädikat ausgezeichnet werde. Die englischen Empiristen verstanden unter einem Kausalvorgang insofern eher eine Abfolge von menschlichen Wahrnehmungseindrücken oder Vorstellungen – Locke, Berkeley und Hume sprachen von „ideas“ – als eine Abfolge von Ereignissen in der Welt. Der Wahrnehmungsfluss des Menschen ist durch eine Vielzahl von Regelmässigkeiten strukturiert. Diejenigen Eindrücke, die regelmässig auf andere folgen, nennen wir „Wirkungen“, die diesen vorausgehenden Eindrücke entsprechend „Ursachen“.

In the notice that our senses take of the constant vicissitude of things, we cannot but observe that several particular both qualities and substances begin to exist; and that they receive this their existence from the due application and operation of some other being. From this observation we get our ideas of cause and effect. That which produces any simple or complex idea, we denote by the general name ‘cause’; and that which is produced, ‘effect’.¹⁴

Während für Galilei Kausalprozesse unabhängig vom Menschen Bestand hatten, wurde Kausalität also im Rahmen des englischen Empirismus auf den Menschen und dessen Wahrnehmungsvermögen relativiert. Hume brachte diese Konzeption am prägnantesten auf den Punkt:

In all single instances of the operation of bodies or minds, there is nothing that produces any impression, nor consequently can suggest any idea, of power or necessary connexion. But when many uniform instances appear, and the same object is always followed by the same event; we then begin to entertain the notion of cause and connexion.¹⁵

¹⁴Locke (1910 (1693)), Buch II, Kap. XXVI, S. 238.

¹⁵Hume (1999 (1748)), Buch 7, Abschnitt 30, S. 147.

Kausalität ist das Produkt menschlicher Gewöhnung an regelmässig in gleicher Weise ablaufende Wahrnehmungsfolgen. Wir stellen fest, dass immer wenn wir einen Stein in Richtung einer Scheibe fliegen sehen, wir anschliessend ein Klirren hören und beobachten, wie die Scheibe zerbricht. Die Regelmässigkeit dieses Wahrnehmungsmusters veranlasst uns schliesslich, den Stein kausal für das Klirrgeräusch und die kaputte Scheibe verantwortlich zu machen.

Mit Nachdruck betonte Hume, dass Ursachen und Wirkungen nicht durch eine Art Kausalkraft oder kausale Notwendigkeit verbunden seien. Ihr spezielles Verhältnis sei vielmehr einzig eines der konstanten Abfolge.

(...) we may define a cause to be an object, followed by another, and where all the objects, similar to the first, are followed by objects similar to the second.¹⁶

Ereignisse finden nur an einem Ort und zu einer Zeit statt. Deshalb können zwei Ereignisse bzw. die von ihnen veranlassten Wahrnehmungseindrücke beim Menschen streng genommen niemals in einem Verhältnis konstanter Abfolge stehen. Ein einzelnes Ereignis wird nie auch nur zweimal auf ein anderes Ereignis folgen. Damit ein Ereignis *a* daher als Ursache einer Wirkung *b* bestimmt werden kann, verlangt Hume von diesem nicht, dass es *b* beharrlich und immer von neuem vorausgehe, sondern nur, dass es Teil einer Klasse¹⁷ *A* von ähnlichen Ereignissen sei, so dass je ein Element von *A* einem Element der Ereignisklasse *B*, die zu *b* in einem Ähnlichkeitsverhältnis stehende Ereignisse enthält, vorausgeht.

Humes Überlegungen führten ihn also zur These, dass sich jeder kausale Zusammenhang zwischen einzelnen Ereignissen – z.B. „Das gestrige schöne Wetter verursachte einen Verkehrsstau vor dem Gotthardtunnel“ – durch folgende drei Charakteristika auszeichne:

- (i) Die ursächlich verknüpften Ereignisse sind immer Elemente einer Klasse von ähnlichen Ereignissen bzw. gehören einem bestimmten Typ von Ereignis an, z.B. ‚schönes Wetter‘, ‚Verkehrsstau‘.
- (ii) Die Typen von Ereignissen, denen eine Ursache oder Wirkung angehören, stehen in einem Verhältnis konstanter Abfolge. Oder anders formuliert: Ursachen und Wirkungen fallen unter eine *All*-aussage über die Zusammenhänge zwischen den betreffenden Typen von Ereignissen, z.B. „Unter normalen Umständen gilt, *immer wenn* schönes Wetter ist, folgt darauf ein Verkehrsstau am Gotthardtunnel“.
- (iii) Nimmt der Mensch ein regelmässiges Abfolgeverhältnis zwischen zwei Typen von Ereignissen wahr und gewöhnt sich an dieses Wahrnehmungsmuster, nennt er ein Ereignis, das dem ersten Typ von Ereignis angehört, „Ursache“, eines vom zweiten Typ „Wirkung“.

¹⁶Hume (1999 (1748)), Buch 7, Abschnitt 29, S. 146.

¹⁷Hume freilich bedient sich nicht dieser modernen mengentheoretischen Sprache. Anstatt von „Ereignisklassen“ spricht er von „Ereignisspezies“ (vgl. Hume (1978 (1740)), S. 93).

Mit der Relativierung kausaler Abhängigkeiten auf die menschliche Wahrnehmung und Gewöhnung wird Hume einem weit verbreiteten Verständnis dessen, was Verursachung ist, nicht gerecht. Wir gehen intuitiv nicht davon aus, dass es nur zu Kausalprozessen kommt, wo sie wahrgenommen werden bzw. wo es Menschen gibt, die sich an bestimmte Wahrnehmungsfolgen gewöhnt haben. Kausale Vorgänge finden, so die gängige Intuition, vielmehr unabhängig vom Menschen statt. Es erstaunt deshalb nicht, dass der wichtigste Kausaltheoretiker des 19. Jahrhunderts, der Engländer John Stuart Mill (1806-1873), dessen kausaltheoretische Überlegungen sich grösstenteils an Hume orientierten, an jener wahrnehmungspsychologischen Relativierung kausaler Zusammenhänge nicht festhielt.

To certain facts, certain facts always do, and, as we believe, will continue to, succeed. The invariable antecedent is termed the cause; the invariable consequent, the effect. And the universality of the law of causation consists in this, that every consequent is connected in this manner with some particular antecedent or set of antecedents. (...) For every event there exists some combination of objects or events, (...) the occurrence of which is always followed by that phenomenon. We may not have found out what this concurrence of circumstances may be; but we never doubt that there is such a one.¹⁸

Die in diesem Abschnitt kursorisch vorgestellten kausaltheoretischen Ansätze des 17., 18. und 19. Jahrhunderts sind in den vergangenen vierzig Jahren vielfach aufgegriffen und weiterentwickelt worden. Wir werden die Kausaltheorien der modernen Nachfolger Galileis, Hobbes', Humes und Mills in den Kapiteln IV bis VII eingehend vorstellen und einer kritischen Prüfung unterziehen. Inwieweit sich also die Konzeptionen dieser vormodernen Kausaltheoretiker tatsächlich für eine philosophische Analyse der Verursachungsrelation eignen und wo ihre Schwachstellen liegen, wird sich im Detail später weisen.

4.2 INTUITION UND THEORIE

An dieser Stelle sei schon vorweggenommen, dass jeder der im letzten Abschnitt betrachteten kausaltheoretischen Entwürfe seine Schwachstellen hat. Keiner vermag die Frage nach dem spezifischen Charakteristikum von Kausalprozessen in wirklich angemessener Weise zu beantworten. Es gibt kausale Vorgänge, welche die von Galilei, Hobbes, Hume und Mill entwickelten Unterscheidungskriterien zwischen kausalen und nicht-kausalen Prozessen fälschlicherweise der Gruppe der nicht-kausalen zuschlagen, während andere als kausal ausgewiesen werden, die es in Tat und Wahrheit gar nicht sind.

Angesichts der Tatsache, dass wir im Alltag normalerweise keine Mühe haben, kausale und nicht-kausale Prozesse zu unterscheiden, verblüffen die grossen Schwierigkeiten, die eine theoretische Analyse der Ursache-Wirkungsbeziehung

¹⁸Mill (1879 (1843)), Buch III, Kap. V, §2, S. 213-214.

belasten. Zwischen unserer Kausalintuition und einer leistungsstarken Kausaltheorie klafft offenbar ein tiefer Graben. Ein solches Spannungsverhältnis zwischen intuitiver und theoretischer Bewältigung eines philosophischen Forschungsgegenstandes ist keine Seltenheit. So werden beispielsweise seit der Antike die Fragen, worum es sich bei Eigenschaften handle oder unter welchen Bedingungen ein Mensch wisse, dass etwas der Fall sei, kontrovers diskutiert, obwohl man intuitiv ohne Zögern Eigenschaften identifizieren und Menschen Wissensinhalte zuschreiben kann.¹⁹ Insofern brauchen die grossen Schwierigkeiten, mit denen man im Laufe der vergangenen Jahrhunderte bei der Entwicklung einer geeigneten Kausaltheorie zu kämpfen hatte, nicht weiter zu erstaunen. Ein intuitiver Zugang zu einem philosophischen Untersuchungsgegenstand garantiert noch keineswegs ein theoretisches Meistern desselben.

Das Scheitern der kausaltheoretischen Bemühungen eines Galilei oder Hume darf ferner nicht als Indiz dafür gewertet werden, dass unsere Vorfahren kausale Schlüsse gezogen hätten, gänzlich ohne zu verstehen, womit sie es bei Ursachen und Wirkungen zu tun hatten. Sie hatten zumindest Faustregeln zur Hand, die in manchen Fällen durchaus ein systematisches Diagnostizieren von Ursachen ermöglichten. Das Spannungsverhältnis zwischen Kausalintuition und Kausaltheorie verdeutlicht vielmehr den Umstand, dass es sich bei intuitiver und theoretischer Erfassung eines Gegenstandes um zwei grundsätzlich verschiedene Bereiche menschlicher Erkenntnis handelt, die sich beide durch eine gewisse Souveränität auszeichnen. Das Ziel der Entwicklung einer Kausaltheorie kann es nicht sein, kausale Intuitionen abzuändern und der Theorie anzunähern. Andererseits aber lässt unsere Fähigkeit intuitiven Erkennens kausaler Strukturen das Unterfangen, die Verursachungsbeziehung auch einem theoretischen Verständnis zugänglich zu machen, in keiner Weise hinfällig werden.

Die theoretische Analyse des Ursache-Wirkungsverhältnisses kann nur als geglückt gelten, wenn sie intuitiven Kausalurteilen nicht widerspricht. Eine Kausaltheorie darf die geschichtliche Priorität intuitiven kausalen Schliessens nicht missachten, sondern muss in der Lage sein, intuitive Kausalurteile abzubilden und explizit zu machen.

Bevor wir uns in den folgenden Kapiteln der Einführung kausaler Begrifflichkeiten zuwenden werden, hat der Leser an dieser Stelle Gelegenheit, die Leistungsfähigkeit seiner vor-theoretischen Intuition bei der Ermittlung kausaler Abhängigkeiten zu testen.

 ÜBUNG: *Geschichten und kausale Intuition*

 ÜBUNG: *Simulationen und kausale Intuition*

¹⁹Zur philosophischen Auseinandersetzung mit der Eigenschaftsproblematik vgl. z.B. Mellor und Oliver (1997). Einen Überblick über die Debatte rund um die Wissensanalyse vermittelt etwa Moser, Mulder und Trout (1997).

Im Fall der meisten dieser Geschichten und Simulationen dürfte man auch ohne kausaltheoretisches Vorwissen keine Schwierigkeiten haben zu bestimmen, welche kausalen Beziehungen zwischen den darin realisierten Ereignissen bestehen. Auf die an Alltagssituationen geschulte kausale Intuition werden wir beim Aufbau einer Theorie der Kausalität dementsprechend immer wieder zurückgreifen. Bevor wir ein Verfahren kausalen Schliessens entwickeln können, das auch für nicht aus dem Alltag bekannte Vorgänge kausale Diagnosen liefert, wollen wir zunächst anhand uns geläufiger Prozesse Kriterien erarbeiten, die darüber entscheiden, ob zwischen zwei Ereignissen eine kausale Abhängigkeit besteht oder nicht. Die verschiedenen in den kommenden Kapiteln vorzustellenden Theorien der Kausalität sollen also qualitativ stets danach beurteilt werden, ob sie für Ereignissequenzen, mit deren kausalen Strukturen wir vertraut sind, Kausaldiagnosen liefern, die mit unserer Intuition übereinstimmen oder nicht.

4.3 WAS BEDEUTET „VERURSACHUNG“?

Während man sich bis zur ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts darin einig war, dass als Unterscheidungskriterium zwischen kausalen und nicht-kausalen Vorgängen nur ein aussersprachliches Merkmal in Frage kommt, verschob sich im 20. Jahrhundert das Interesse vieler Philosophen weg von den Dingen und Prozessen in der Welt, hin zu den Aussagen über diese Dinge. Wie im Fall anderer philosophischer Teildisziplinen fokussierte man auch auf dem Gebiet der Kausaltheorie die Aufmerksamkeit mehr und mehr auf die menschliche Sprache mit ihren logischen und semantischen Gesetzmässigkeiten und wählte diese als Einstieg in die Behandlung der Kausalitätsproblematik. Damit änderte sich die Ausgangsfrage kausaltheoretischer Bemühungen. Man fragte nicht mehr danach, was Verursachung *sei*, sondern neu was „Verursachung“ bzw. eine Aussage wie „*x* verursacht *y*“ *bedeute* oder was man über ein Ereignis aussage, wenn man es als Ursache oder Wirkung beschreibt. Die Suche nach einem Unterscheidungskriterium zwischen kausalen und nicht-kausalen Prozessen hatte im Zuge dieser philosophischen Akzentverschiebung bei Aussagen über kausale Vorgänge und nicht mehr – wie vormals – bei letzteren selbst zu beginnen.

Die vorliegende Einführung in die Kausalitätstheorie wird auch diesen Ausgangspunkt wählen. Wir werden uns ausgehend von der Frage, was Kausalaussagen wie „Der Blitz verursacht das Feuer“ bedeuten und welche logischen Eigenschaften solche Aussagen haben, zu einer philosophischen Analyse des Verursachungsverhältnisses vorarbeiten. Als erster Schritt auf diesem Weg wird sich deshalb der folgende Abschnitt mit kausalen Redeweisen und der Form von Kausalaussagen beschäftigen.

5 KAUSALAUSSAGEN

5.1 VIERFACHE VERWENDUNGSWEISE DES URSACHENBEGRIFFS

Umgangssprachlich wird der Begriff der Ursache in den verschiedensten Kontexten verwendet. Wir sagen, der Blitz sei Ursache des Feuers oder ein Zweck wie die Haushaltssanierung Ursache der Steuererhöhung. Aristoteles hat vier Arten von Ursachen unterschieden: Materialursachen, Formursachen, Wirkursachen und Zweckursachen.

Ursache wird in einer Bedeutung der immanente Stoff genannt, woraus etwas wird; so ist das Erz der Bildsäule, das Silber der Schale Ursache (...); in einer anderen Bedeutung heisst Ursache die Form und das Musterbild (...), z.B. Ursache der Oktave das Verhältnis von Zwei zu Eins (...). Ferner heisst Ursache dasjenige, wovon her die Veränderung oder die Ruhe ihren Anfang nimmt; so ist z.B. der Beratende Ursache, oder der Vater Ursache des Kindes, und überhaupt das Hervorbringende Ursache des Hervorgebrachten, das Verändernde Ursache des Veränderten. Ferner heisst etwas Ursache als Zweck, d.h. als dasjenige, worumwillen etwas geschieht; in diesem Sinne ist die Gesundheit Ursache des Spaziergehens.²⁰

Die meisten Naturwissenschaften haben sich seit der Renaissance vom vierfachen aristotelischen Begriff der Verursachung entfernt. Nur im Rahmen einzelner Disziplinen wie der Evolutionsbiologie oder der Genetik ist auch heute gelegentlich noch davon die Rede, dass etwa ein Zweck wie das Überleben einer Art eine bestimmte Mutation deren Genotyps verursache. Die Mehrzahl der Naturwissenschaften schränkt dagegen den Begriff der Verursachung auf die (aristotelischen) Wirkursachen ein. Damit ist freilich nicht gesagt, dass Naturwissenschaften sich nicht mehr für Materialien oder Zwecke von Gegenständen oder Vorgängen interessieren würden. Vielmehr dient die Einschränkung des Verursachungsbegriffes auf Wirkursachen der begrifflichen Vereinheitlichung und schafft zusätzliche Differenzierungsmöglichkeiten. Erklärt man einen Vorgang etwa vermittels seiner Wirkursache, tut man etwas grundsätzlich anderes, als wenn man denselben Vorgang durch Angabe eines Zweckes erklären würde. Wirkursachen finden zeitlich vor oder simultan mit dem erklärungsbedürftigen Vorgang statt, Zwecke dagegen sind etwas Zukünftiges, um dessentwillen ein Ereignis in der Gegenwart einzutreten hat. Verkürzt gesagt wird etwas Gegenwärtiges also im ersten Fall mit Bezug auf die Vergangenheit, im zweiten Fall dagegen mit Bezug auf die Zukunft erklärt. Die Einschränkung des Verursachungsbegriffes auf Wirkursachen ermöglicht eine strenge Trennung von Kausal- und so genannten *Finalerklärungen* bzw. *teleologischen*

²⁰ Aristoteles (1989), Buch V, Kap. 2, 1013a. Das genaue Verständnis der aristotelischen Ursachenformen ist Gegenstand umfangreicher Forschungsliteratur. Das vorliegende Zitat soll nur eine ungefähre Vorstellung von Aristoteles' kausaler Terminologie vermitteln.

Erklärungen (Zweckerklärungen).²¹ Ebenso besteht ein prinzipieller Unterschied zwischen einer Wirk- und einer Material- oder Formursache. Wirkursachen sind stets Entitäten, die von ihrer Wirkung verschieden sind, für Material- und Formursachen gilt dies dagegen nicht. Die Tätigkeit des Tischlers ist etwas anderes als der Tisch. Dessen Material und Form andererseits sind Bestandteile oder Eigenschaften des Tisches selbst. Ein Verzicht auf die kausale Interpretation von Materialien und Formen ermöglicht ein begriffliches Nachvollziehen dieses Unterschieds.

Wir werden uns im Rahmen der vorliegenden Einführung an diese begriffliche Konvention halten und nur von „Ursachen“ sprechen, wenn (aristotelische) Wirkursachen gemeint sind. Auf Material-, Form- und Zweckursachen werden wir nicht weiter eingehen.

5.2 IMPLIZITE KAUSALE REDEWEISE

Im Alltag, vielfach aber auch in der Wissenschaft, wird sprachlich nicht explizit – d.h. ohne Verwendung der Begriffe „Ursache“ und „Wirkung“ – Bezug auf kausale Beziehungen genommen. Man sagt kaum je „Die Sonne bewirkt die warme Lufttemperatur“, „Ich verursache mit Hilfe des Gaspedals die Fortbewegung meines Autos“ oder „Hans verursacht das Angehen des Lichtes mittels des Lichtschalters“. Vielmehr bleiben Charakterisierungen kausaler Vorgänge allermeistens implizit. Wir sagen „Die Sonne wärmt die Luft“, „Ich drücke das Gaspedal, und das Auto setzt sich in Bewegung“ oder „Hans macht das Licht an“. Die Bezugnahme auf kausale Prozesse versteckt sich bei solchen Aussagen in Verben wie „erwärmen“, „drücken“, „sich in Bewegung setzen“ und „anmachen“. Die deutsche Sprache hält unzählige Verben bereit, mit denen sich kausale Prozesse beschreiben lassen.

Sätze, die ohne die Ausdrücke „Ursache“ oder „Wirkung“ Kausalaussagen treffen, können verschiedene Formen haben. So hat ein solcher Kausalsatz mitunter etwa die folgende Struktur: *Ursache* – Verb – *Wirkung*, wie im Fall von

- (i) Der Regen führt zu einer Abkühlung.
- (ii) Der Blitz löst ein Feuer aus.

Vielfach jedoch spielt das Verb in Sätzen mit kausaler Bedeutungskomponente nicht nur die Rolle eines Bindegliedes zwischen Ursache und Wirkung, sondern übernimmt zumindest teilweise die Bezugnahme auf Wirkungen. Häufig haben Kausalsätze deshalb diese Form: *Ursache* – Verb & Objekt (= *Wirkung*).

- (iii) Der Regen kühlt die Luft ab.
- (iv) Das Erdbeben zertrümmert das Haus.

Es kommt auch vor, dass der Verweis auf Ursachen stark abgeschwächt wird

²¹ Innerhalb der philosophischen Forschung – in jüngster Zeit vornehmlich im Gebiet der Philosophie des Geistes – wird seit langem eine Debatte geführt um die Frage, ob Final- auf Kausalerklärungen reduzierbar sind oder nicht (vgl. hierzu Abschnitt 6 unten). Zur Eliminierung von Zweckursachen als Gegenstand naturwissenschaftlicher Forschung vgl. auch de Angelis (1973).

oder gar gänzlich entfällt. So ist ein Kausalsatz bisweilen von der Form: [*Ursache*]²² – Verb & Objekt (= *Wirkung*).

- (v) Die Kaffeemaschine gibt einen Kaffee aus.
- (vi) Der Scheinwerfer blendet den Schauspieler.

Wir würden nicht sagen, dass die Kaffeemaschine bzw. deren bloße Existenz die Ursache der Kaffeeausgabe sei. Vielmehr ist der Umstand, dass die Kaffeemaschine durch Knopfdruck oder Münzeinwurf *in Gang gesetzt wird*, kausal für den Kaffeeausschank verantwortlich. Ähnliches gilt für den Scheinwerfer. Die Tatsache, dass der Scheinwerfer *brennt*, ist Ursache der eingeschränkten Sicht des Schauspielers und nicht der Scheinwerfer an sich.

Zum Formenspektrum von Kausalsätzen gehören schliesslich auch Wendungen, in denen die für Ursachen und Wirkungen stehenden Ausdrücke ihre Positionen tauschen. Der Wechsel des die Ursache bezeichnenden Begriffes von der Subjekt- zur Objektstelle ist dabei oft mit einer passiven Satzkonstruktion verbunden. Kausalsätze können mithin auch die folgende Form haben: *Wirkung* – „wird“ – „durch“ – *Ursache* – Partizip Perfekt.

- (vii) Das Feuer wird durch einen Blitz ausgelöst.

Auch gewisse aktive Wendungen nennen an erster Stelle die Wirkung und erst an zweiter die Ursache:

- (viii) Auf die Erde fallende Eisklumpen zeugen vom Klimawandel.

Diese Liste verschiedenartig strukturierter Kausalsätze erhebt nicht den Anspruch auf Vollständigkeit. Sie will lediglich verdeutlichen, auf welcher unterschiedlichen Art und Weise wir jeden Tag vom Verhältnis zwischen Ursachen und Wirkungen sprechen, ohne dass wir uns der kausalen Bedeutungskomponenten entsprechender Aussagen bewusst zu sein brauchen.

ÜBUNG: Kausalsätze

5.3 DIE GRUNDFORM KAUSALER AUSSAGEN

Aussagen mit kausaler Bedeutung, die ohne explizit kausale Terminologie auskommen, können stets in Kausalaussagen der Form „*x* verursacht *y*“ überführt werden. Eine Aussage *p* wie „Der Regen führt zur Abkühlung“ ist gleichbedeutend mit der Aussage *q*: „Der Regen verursacht die Abkühlung“. In jeder Situation, in welcher eine der beiden Aussagen wahr ist, trifft auch die andere zu. Man sagt in

²²Die eckigen Klammern sollen in diesem Zusammenhang symbolisieren, dass der explizite sprachliche Bezug auf die Ursache entfällt oder zumindest abgeschwächt wird.

einem solchen Fall, p sei auf q *reduzierbar*. Die in p bloss implizit bleibende Bezugnahme auf einen kausalen Prozess kann also explizit gemacht werden, indem man p durch q ersetzt bzw. p auf q reduziert.

Vielfach gelingt eine derartige Reduktion von natürlichsprachlichen Kausalaussagen auf die Form „x verursacht y“ freilich nur bei einer etwas weiterführenden Reformulierung alltäglicher Wendungen als dies im obigen Beispiel nötig ist. So kann im Satz „Das Erdbeben zertrümmert das Haus“ etwa das Verb „zertrümmern“ nicht einfach durch „verursachen“ ersetzt werden, sondern muss substantiviert und als Objekt in den Satz eingeführt werden: „Das Erdbeben verursacht die Zertrümmerung des Hauses“. Obgleich gewisse Reformulierungen von alltäglichen Kausalaussagen umständlich und hölzern wirken, grundsätzlich gilt: Einer beliebigen Aussage p mit kausaler Bedeutungskomponente korrespondiert eine Aussage der Form „x verursacht y“ derart, dass p und q gleichbedeutend sind und p somit auf q reduzierbar ist.

Reduktionsthese kausaler Redeweise: Alle Aussagen über kausale Zusammenhänge lassen sich in die Grundform „x verursacht y“ überführen, wobei „x“ einen möglicherweise komplexen Zusammenhang von *Ursachen* bezeichnet und „y“ deren *Wirkungen*.

Der grundsätzlichen Reduzierbarkeit kausaler Aussagen auf obige Grundform kommt im Rahmen einer modernen Kausaltheorie, die bei der Frage beginnt, was eine Aussage wie „Tiefdruckgebiete verursachen schlechtes Wetter“ bedeute oder unter welchen Bedingungen sie wahr bzw. falsch sei, grosses Gewicht zu. Gelingt es nämlich, ein weites Spektrum von Aussagen, welche die explizit kausalen Terme wie „verursachen“ oder „Wirkung“ nicht enthalten, in jene Grundform zu überführen, vereinfachen sich die als Einstieg in die Kausalitätsproblematik gewählten semantischen und logischen Untersuchungen von Kausalaussagen erheblich. Hat man sich einmal Klarheit über die Bedeutung von „Tiefdruckgebiete verursachen schlechtes Wetter“ verschafft, ist man angesichts der grundsätzlichen Reduzierbarkeit kausaler Aussagen auf diese Grundform auch über die semantischen und logischen Eigenschaften von „Tiefdruckgebiete verschlechtern das Wetter“ oder „Tiefdruckgebiete lassen das Wetter schlecht werden“ im Bilde.²³

ÜBUNG: Reduktion von Kausalsätzen

²³Die These der prinzipiellen Reduzierbarkeit sämtlicher impliziter Kausalaussagen auf die Grundform „x verursacht y“ ist notwendige Voraussetzung einer Rückführung kausaler auf nicht-kausale Begrifflichkeiten. Dieser Umstand wird besonders deutlich am Beispiel von Autoren, welche die Reduktionsthese bestreiten und als direkte Folge davon auf eine Analyse des Ursache-Wirkungsverhältnisses mit einem nicht-kausalen begrifflichen Instrumentarium verzichten müssen (vgl. z.B. Cartwright (1999), S. 18-20, oder Irzik (2001), S. 99).

6 WARUM-FRAGEN

Kausalaussagen der Form „ x verursacht y “ dienen mitunter der Beantwortung so genannter *Warum-Fragen*. Warum-Fragen sind Fragen, die mit dem Interrogativ „warum“ eingeleitet werden, z.B.:

- (1) Warum isst Werner Berner heute Morgen ein Croissant?
- (2) Warum ist die Raumfähre Columbia beim Eintritt in die Erdatmosphäre explodiert?
- (3) Warum lautet der Plural des französischen Wortes „carnaval“ „carnavaux“ und nicht „carnavals“?²⁴
- (4) Warum ist die leere Menge Teilmenge einer beliebigen Menge?
- (5) Warum haben Igel Stacheln?

Wer eine Warum-Frage stellt, erwartet als Antwort die Angabe eines Grundes, der den jeweils in Frage stehenden Sachverhalt erklärt, und Ursachen sind eine Form solcher Gründe, wenn auch nicht die einzige. Nur eine von den Fragen (1) bis (5) erkundigt sich eindeutig nach einem kausalen Zusammenhang, der mit einer Kausalaussage der Form „ x verursacht y “ beschrieben werden kann, und zwar (2). Eine mögliche Antwort auf (2) wäre beispielsweise:

- (2') Weil die Schutzhülle der Raumfähre defekt gewesen ist.

Jemand, der (2') als Antwort auf (2) anbietet, setzt unausgesprochen voraus, dass defekte Schutzhüllen Raumfähren beim Eintritt in die Erdatmosphäre zur Explosion bringen können, dass mithin die Kausalaussage „Defekte Schutzhüllen verursachen unter geeigneten Bedingungen die Explosion von in die Erdatmosphäre eintretenden Raumfähren“ wahr ist. (2') ist in diesem Sinn bloss eine unvollständige Antwort auf (2). Eine komplette Beantwortung von (2) könnte etwa lauten:

- (2'') Defekte Schutzhüllen verursachen unter geeigneten Bedingungen die Explosion von in die Erdatmosphäre eintretenden Raumfähren, und die Schutzhülle der Raumfähre Columbia war bei deren Eintritt in die Atmosphäre defekt.

Diese vollständige Antwort benennt den fraglichen kausalen Zusammenhang und behauptet das Eintreten der Ursache, so dass das durch (2) unterstellte Stattfinden der Wirkung „Die Raumfähre Columbia ist explodiert“ abgeleitet²⁵ werden kann.

Auf die Warum-Frage (1) könnte man in ähnlicher Weise durch Angabe eines kausalen Zusammenhanges antworten.

²⁴Dieses Beispiel ist Sylvain Brombergers grundlegender Arbeit zur Thematik von Warum-Fragen entnommen (vgl. Bromberger (1970), S. 75ff.).

²⁵Seit Carl G. Hempels und Paul Oppenheims einflussreicher Untersuchung zur Logik von Erklärungen (vgl. Hempel und Oppenheim (1948)) werden Antworten auf Warum-Fragen oft als Prämissen von deduktiven Ableitungen des in der entsprechenden Frage unterstellten Sachverhaltes verstanden (vgl. z.B. Bromberger (1970) oder Sintonen (1984)). Damit mit Hilfe von (2'') der in (2) implizit vorausgesetzte Sachverhalt (bzw. ein diesen Sachverhalt beschreibender Satz) tatsächlich deduktiv ableitbar

- (1') Ein Hungergefühl verursacht unter geeigneten Bedingungen die Aufnahme von Lebensmitteln beim Menschen, und Werner Berner hat am betreffenden Morgen Hunger.

(1) ist aber auch anders beantwortbar:

- (1'') Herr Berner verspeist an jenem Morgen ein Croissant, damit er anschließend konzentriert arbeiten kann.

Diese Antwort macht nicht einen kausalen Zusammenhang geltend, sondern benennt einen Zweck, den Herr Berner mit seiner morgendlichen Nahrungsaufnahme verfolgt. Als Gründe für von Warum-Fragen thematisierte Sachverhalte kommen also auch Zwecke in Frage.

(5) kann in analoger Weise durch Angabe eines Zweckes beantwortet werden:

- (5'') Igel haben Stacheln, um sich damit gegen Gefahren zu schützen.

Wir antworten auf Warum-Fragen manchmal mit Kausal- und manchmal mit Finalerklärungen. Eine Reihe von Philosophen, so beispielsweise Ernest Nagel oder Carl G. Hempel, argumentierten zwar für eine grundsätzliche Reduzierbarkeit von Final- auf Kausalerklärungen,²⁶ d.h. für die These, dass finalen Abhängigkeiten letztlich immer Kausalprozesse zugrunde liegen, doch für den Alltag trifft es ohne Zweifel zu, dass Warum-Fragen je nach Intention des Fragenden und je nach Äusserungskontext alternativ durch Angabe eines kausalen oder eines finalen Zusammenhanges beantwortbar sind.

Damit aber ist die Bandbreite an Möglichkeiten zur Beantwortung von Warum-Fragen noch nicht erschöpft. (3) und (4) sind weder durch Hinweise auf kausale noch finale Kontexte beantwortbar. Eine mögliche Antwort auf (3) wäre etwa:

- (3'') Der Plural von „carnaval“ auf „-aux“ wird von der Regel zur Pluralbildung französischer Substantive verlangt.²⁷

Ähnlich die Antwort auf (4):

wäre, müsste zusätzlich zu (2'') auch noch das Determinismusprinzip unterstellt werden (vgl. hierzu Kapitel III, Abschnitt 4.1). Letztlich ebenso auf Hempel zurück geht der Vorschlag, eine Aussage dann als Antwort auf eine Warum-Frage zu interpretieren, wenn sie die Wahrscheinlichkeit der Wahrheit der in der Frage vorausgesetzten Proposition erhöht (vgl. z.B. van Fraassen (1980), S. 141ff.).

²⁶Vgl. Nagel (1961) und Hempel und Oppenheim (1948), S. 140-146. Es gibt, so etwa Hempel, keinen Grund, Motive für Handlungen wie das Essen eines Croissants nicht kausal zu interpretieren, und für die Morphologie von Lebewesen bietet die Evolutionstheorie seit langem kausale Erklärungen an. Ob tatsächlich alle Zwecke geltend machenden Antworten auf Warum-Fragen letztlich auf kausale Antworten reduziert werden können, ist eine weit reichende und kontrovers diskutierte Frage, die für den Fortgang unserer Darstellung jedoch nicht von Belang ist. Eine im Vergleich zu Hempel gegenteilige Auffassung in Bezug auf diese Frage vertritt etwa Wright (1968).

²⁷Eine detaillierte Angabe der Regel findet sich in Bromberger (1970), S. 75.

- (4') Dass die leere Menge Teilmenge einer beliebigen Menge A ist, d.h., dass gilt:
 $\emptyset \subseteq A$, folgt aus der mengentheoretischen Definition der Begriffe „leere Menge“ und „... ist Teilmenge von ...“.²⁸

(3') und (4') machen begriffliche Bestimmungen und Definitionen zur Beantwortung der entsprechenden Fragen geltend. Im einen Fall wird gesagt, welche Regeln die Pluralbildung von französischen Substantiven normieren, und im anderen wird die Frage mit mengentheoretischen Begriffsdefinitionen beantwortet.

Die obigen Beispiele zeigen, dass wir als Gründe für durch Warum-Fragen erfragte Sachverhalte je nach Kontext wechselweise Ursachen, Zwecke oder auch begriffliche Bestimmungen und Regeln akzeptieren. Was in einer konkreten Situation als Antwort erwartet wird, ist abhängig vom Äusserungskontext und den Charakteristika des fraglichen Sachverhaltes.²⁹

Untersuchungen im Bereich der empirischen Naturwissenschaften sind in den allermeisten Fällen von Warum-Fragen geleitet, die nach kausalen Antworten verlangen. In diesem Sinn dienen Kausalaussagen zwar nicht der Beantwortung aller, so aber doch einer ganz zentralen Klasse von Warum-Fragen.

7 FAZIT

Die Kausalrelation ist von enormer Bedeutung für den Umgang des Menschen mit seiner Umwelt. Sowohl im Alltag wie in der Wissenschaft gelingt das Diagnostizieren kausaler Zusammenhänge im Normalfall mühelos, ohne dass damit jedoch ein theoretisches Verständnis der Ursache-Wirkungsbeziehung einherginge. Die nachfolgenden Kapitel werden ausgehend von der Frage, welche semantischen und logischen Eigenschaften eine Kausalaussage der Form „ x verursacht y “ hat, ein solches theoretisches Verständnis der Kausalbeziehung erarbeiten.

²⁸Die leere Menge ist definiert als Menge \emptyset derart, dass für jedes beliebige x gilt: $x \notin \emptyset$. Andererseits ist eine Menge A genau dann Teilmenge einer anderen Menge B , d.h. $A \subseteq B$, wenn für jedes $x \in A$ gilt: $x \in B$. Und dies gilt für eine beliebige Menge B und \emptyset , denn aus den Definitionen von „ \emptyset “ und „ \subseteq “ folgt: Wenn $x \in \emptyset$, dann auch $x \in B$ und somit $\emptyset \subseteq B$, wobei B eine beliebige Menge ist (vgl. z.B. Suppes (1957)).

²⁹Vgl. van Fraassen (1980), S. 141-157.

